



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
AUTOMOTRIZ

Análisis de la degradación del aceite de motor en taxis de la ciudad de Cuenca, por dilución de combustible, sus causas y soluciones.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Autores:

JUAN JOSÉ CABRERA ORDOÑEZ

JUAN CARLOS CARRERA TENORIO

Director:

THELMO FERNANDO GUERRERO PALACIOS

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico enteramente a mis padres José Cabrera y Carmita Ordoñez quienes me han guiado a lo largo de toda mi formación académica desde pequeño, con su amor, entrega, generosidad y confianza en mí, he podido cumplir esta meta y sabiendo que en los proyectos venideros podré contar nuevamente con ustedes; a mis hermanos Anita Cabrera y Sebastián Cabrera, a mi sobrina Rominita, a mi cuñado Cristian, quienes me han brindado un apoyo incondicional y su aliento para poder concluir mi formación universitaria y conseguir alcanzar mi título profesional. De una manera muy especial dedico este proyecto a mi enamorada Mily Maldonado por todo su apoyo, su compañía en los buenos y malos momentos, por su comprensión y amor sin los cuales no hubiera encontrado la motivación para continuar hasta el final.

Juan José Cabrera Ordoñez

Esta tesis de grado es para mis padres Juan Carlos Carrera y Rita Tenorio, ellos con su trabajo arduo me brindaron todo el apoyo posible y su amor incondicional para que mi sueño de ser un profesional sea alcanzado, esta es una forma de demostrarles lo mucho que les amo. A mis hermanas Viviana y Carolina ellas con sus palabras de aliento me dieron la fuerza para no desfallecer; para mí enamorada Alexandra Astudillo quien siempre confió en mis capacidades para lograr este objetivo brindándome su amor y comprensión. De manera general a todas las personas que participaron durante toda mi vida universitaria compañeros, amigos, profesores, se les agradece todos los conocimientos compartidos y los momentos vividos.

Juan Carlos Carrera Tenorio

AGRADECIMIENTO

Juan José Cabrera y Juan Carlos Carrera, quienes somos los autores del presente proyecto deseamos manifestar nuestra gratitud hacia el Ingeniero Fernando Guerrero Palacios, por ser nuestro mentor, nuestro guía y director de este proyecto de tesis, su apoyo, dedicación y exigencia nos han encaminado paso a paso para desarrollar nuestra investigación.

Al Ingeniero Xavier Armas, Gerente de la empresa “Conauto C.A.” quien ha constituido inicialmente el nexo con la empresa “SwissOil” para el análisis de aceites lubricantes, su conocimiento, experiencia, generosidad y entrega nos ha permitido realizar un correcto trabajo con base en normativas específicas de la empresa que garantizaron la efectividad en el proceso investigativo y experimental.

Al ingeniero Freddy Pesantez y al Ingeniero Fernando Muñoz, miembros del tribunal de evaluación de la tesis desarrollada, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de toda nuestra carrera universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1:	4
FUNDAMENTO TEORICO.	4
ACEITES LUBRICANTES.....	4
1.1 Concepto.....	4
1.2 Propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes.....	5
1.2.1 Viscosidad.	5
1.2.1.1 Tipos de viscosidad.	5
1.2.1.1.1 Viscosidad dinámica.	5
1.2.1.1.2 Viscosidad cinemática.	6
1.2.1.2 Factores que afectan a la viscosidad.	6
- Temperatura.	6
- Sustancias extrañas.	6
1.2.1.3 Índice de viscosidad.	6

1.2.1.4 Medición de índice de viscosidad en aceites lubricantes.....	7
1.2.2 Punto de inflamación.	7
1.2.3 Punto de fluidez.	7
1.2.4 Número total base (TBN).	7
1.2.5 Número ácido total (TAN).	8
1.2.5.1 Medición del TAN en lubricantes.	8
1.2.6 Cenizas sulfatadas.	8
1.2.7 Peso específico.	8
1.2.8 Demulsibilidad.	9
1.2.9 Formación de espuma.	9
1.2.10 Rigidez dieléctrica.	9
1.2.11 Refrigeración.	10
1.2.12 Limpieza y eliminación de impurezas.	10
1.2.13 Protección contra la corrosión y herrumbre.....	10
1.2.14 Efecto sellante.	10
1.2.15 Transmisor de potencia.	11
1.3 Composición de los aceites lubricantes.	10
1.3.1 Base lubricante.	11
1.3.2 Aditivos.	11
1.3.2.1 Clasificación de los aditivos.	12
1.4 Clasificación de los aceites lubricantes.	12
1.4.1 Por la viscosidad (SAE)	12
1.4.2 Por las condiciones de servicio: (API, ACEA).	14
1.4.2.1 Clasificación (API).	14
1.4.2.2 Clasificación (ACEA).	15
1.5 Aceites monogrado.	15

1.6 Aceites multigrado.	16
1.7 Degradación y contaminación de aceites.	17
1.7.1 La oxidación.	18
1.7.2 Nitración.	18
1.7.3 Contaminación.	19
CAPITULO 2	20
MUESTREO Y ANALISIS DE ACEITE.	20
2.1 Definición de las características de la muestra.	20
2.2 Plan para obtención de muestras de aceite.	21
2.2.1 Convenio con los taxistas.	21
2.2.2 Compromiso para obtención de muestras.	22
2.3 Técnica utilizada para la extracción de la muestra.	23
2.3.1 Toma de muestras con el equipo y herramienta adecuados.	24
2.3.1.1 Equipo de succión o bomba de vacío.	24
2.3.1.2 Recipiente.	24
2.3.1.3 Manguera de llenado.	25
2.3.2 Toma de muestras en máquinas en operación.	25
2.3.3 Tomar la muestra antes de los filtros y después de los componentes de la máquina.	25
2.3.4 Realizar la toma de muestras con la frecuencia correcta.	26
2.3.5 Enviar la muestra al laboratorio de análisis inmediatamente después de la toma de muestra.	26
2.4 Procedimiento para la obtención de muestras de aceite.	26
2.4.1 Definición de los datos de la etiqueta.	32
2.5 Análisis técnico del aceite.	33

2.5.1	Objetivos del seguimiento analítico de los aceites.....	33
2.5.2	Técnicas y normativa para el análisis de aceite.....	34
2.5.2.1	Medición del punto de inflamación de aceite lubricantes.	
-	Punto de inflamación en vaso abierto.	34
-	Punto de inflamación en vaso cerrado.	34
2.5.2.2	Espectrometría de emisión (A.E.S.)	34
-	Influencia del tamaño de la partícula.	36
2.5.2.3	Espectroscopía infrarroja.	37
-	Transmisión.	39
-	Reflexión.	39
-	Modo ATR (Attenuated total reflection)	39
2.5.2.4	Análisis infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR).....	39
2.5.2.5	Procedimientos y determinación de la dilución por combustible.....	40
-	Introducción de la muestra.	40
-	Comprobación de la integridad de la muestra.	40
-	Procesamiento de datos.	40
-	Análisis espectral de datos de la muestra.	40
-	Contaminación por combustible.	40
-	Residuos de combustible.	42
CAPÍTULO 3.		44
	DEGRADACIÓN DEL ACEITE EN FUNCIÓN DEL KILOMETRAJE RECORRIDO.....	44
3.1	Definición de límites condenatorios	44
3.2	Limites condenatorios.	44
3.3	Definiciones y operaciones de cálculo para medidas de tendencia central y	

variabilidad.....	47
3.3.1 Media.	47
3.3.2 Rango	47
3.3.3 Varianza de una población.	48
3.3.4 Varianza de una muestra.	48
3.3.5 Desviación típica o estándar.	49
3.4 Prueba “t” de Student.	50
3.5 Prueba de hipótesis en muestras pequeñas utilizando la “t” de Student.....	50
3.6 Análisis de la dilución de combustible en el aceite de motor.....	51
3.6.1 Análisis de la dilución de combustible para muestras inferiores a 5000 km. aceite SAE 20w50.	56
3.6.2 Análisis de la dilución de combustible para muestras inferiores a 5000 km. aceite SAE 10w30.	58
3.7 Análisis de la degradación de la viscosidad.	59
3.8 Análisis de la degradación del TBN.	61
CAPITULO 4.	64
CAUSAS Y SOLUCIONES PARA CONTRARRESTAR LA DILUCIÓN.....	64
4.1 Mantenimiento de un vehículo.	64
4.2 Estrategias de mantenimiento.	64
4.2.1 Mantenimiento correctivo.	64
4.2.2 Mantenimiento preventivo.	64
4.2.3 Mantenimiento predictivo.	64
4.3 Beneficios del programa de análisis de aceite.	65
4.4 Sistemas, componentes y estados que intervienen en el aumento de dilución por combustible.	65

4.5 Comprobaciones de los elementos causantes de la dilución.....	66
4.5.1 Comprobación de inyectores.	66
4.5.2 Diagnóstico de nivel de desgaste de motores.....	69
4.5.2.1 Presión de compresión del motor.	69
4.5.2.2 Comprobación de fugas de compresión.	70
4.5.3 Comprobación de códigos de error.	71
4.5.4 Comprobación del sistema de encendido.	72
-Revisión de bujías.	72
-Revisión de cables de alta tensión.	73
4.6 Análisis estadístico de la efectividad del mantenimiento correctivo en los vehículos que presentan dilución por combustible.	74
4.6.1 Definición del tamaño de muestra representativa.....	74
4.6.2 Diagnóstico del estado y mantenimiento correctivo de los vehículos.....	76
4.6.3 Estadística descriptiva de los resultados obtenidos posterior al mantenimiento.....	78
4.6.4 Prueba “t” de Student de verificación de la efectividad del mantenimiento correctivo.....	83
4.6.4.1 Análisis de la viscosidad para muestras relacionadas a 5000 km. aceite SAE 20W50.....	83
4.6.4.2 Análisis del TBN para muestras relacionadas a 5000 km. aceite SAE 20W50.....	85
4.6.4.3 Análisis de la dilución para muestras relacionadas a 5000 km. aceite SAE. 20W50.....	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFIA	92
ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.- Aceite lubricante automotriz.....	19
Fig. 1.2.- Comparación Aceites monogrados y multigrados.....	20
Fig. 1.3.- Acumulación de residuos.	34
Fig. 1.4.- Resinas adheridas en pistón de motor Diésel	34
Fig. 1.5.- Contaminación de aceite con partículas.	35
Fig. 2.1 Extensión de la manguera de succión con respecto a la varilla de nivel de aceite motor.	41
Fig. 2.2 Bolsa de cierre hermético.	43
Fig. 2.3 Bomba de vacío.	43
Fig. 2.4 Manguera de succión y varilla de nivel de aceite motor.	44
Fig. 2.5 Recipiente plástico para muestra de aceite.	45
Fig. 2.6 Recipiente para muestra de aceite y etiqueta de identificación.	45
Fig.2.7 Bomba de vacío para muestras de aceite.	46
Fig. 2.8 Bomba de vacío y recipiente dentro de funda hermética.	47
Fig. 2.9 Bomba de vacío después de muestreo.	48
Fig. 2.10 Muestra de aceite con datos.	48
Fig. 2.11 Muestra de aceite con datos.	49
Fig. 2.12 Regiones del espectro infrarrojo.	55
Fig. 2.13.- Medición del combustible en aceites.	58
Fig. 2.14.- Región de análisis de combustible Diésel para lubricantes a base de petróleo.....	60
Fig. 3.1.- Comportamiento de la dilución por combustible con aceite SAE 20W50 en función del recorrido de los vehículos.	69

Fig. 3.2.- Comportamiento de la dilución por combustible con aceite SAE 10W30 en función del recorrido de los vehículos.	71
Fig. 3.3.- Promedios de la dilución por combustible en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 20W50.	72
Fig. 3.4.- Promedios de la dilución por combustible en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 10W30.	73
Fig. 3.5.- Promedios de viscosidad en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE20W50	77
Fig. 3.6.- Promedios de viscosidad en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 10W30.	78
Fig. 3.7.- Promedios de TBN en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 20W50.	79
Fig. 3.8.- Promedios de TBN en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 10W30.	80
Fig. 4.1 Prueba de pulverización de inyección en banco de pruebas.....	84
Fig. 4.2 Prueba de estanqueidad en banco de pruebas.	84
Fig. 4.3 Prueba de flujo de inyección en banco de pruebas.	85
Fig. 4.4 Tina de limpieza por ultrasonido.	86
Fig. 4.5 Manómetro de medición de compresión en motores.	87
Fig. 4.6 Herramienta para medir fugas de compresión en los cilindros.	88
Fig. 4.7 Verificación visual del estado de la bujía.	90
Fig. 4.8 Comprobación de la resistencia interna en cables de bujías.....	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Clasificación SAE.	13
Tabla 1.2.- Clasificación API.	14
Tabla 1.3.- Clasificación ACEA.	15
Tabla 2.1.- Marcas de vehículos de mayor demanda para brindar el servicio de taxis en Cuenca.	21
Tabla 2.2.- Hoja de control de toma de muestras.	23
Tabla 2.3.- Fuentes más comunes de elementos en el aceite.	36
Tabla 2.4.- Parámetros de monitoreo de condición.	42
Tabla 3.1.- Límites de las principales propiedades indicadoras de desgaste y degradación en los aceites de MCI A.	46
Tabla 3.2.- Evaluación descriptiva de la dilución de combustible en las muestras de aceite SAE 20W50 en función a los kilometrajes de referencia.	53
Tabla 3.3.- Evaluación descriptiva de la dilución de combustible en las muestras de aceite SAE 10W30 en función a los kilometrajes de referencia.	54
Tabla 3.4.- Resultados estadísticos de las muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en los que se usaron aceite SAE 20W50.	56
Tabla 3.5.- Resultados de la prueba t de Student para muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en las que se emplearon aceite SAE 20W50.....	57
Tabla 3.6.- Resultados estadísticos de las muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en los que se usaron aceite SAE 10W30.	58
Tabla 3.7.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en los que se usaron aceite SAE 10W30.	59
Tabla 4.1.- Valores de Z_{α} más utilizados y sus niveles de confianza.	74
Tabla 4.2.- Hoja de control de mantenimiento.	77

Tabla 4.3.- Resultados obtenidos posterior al mantenimiento.	79
Tabla 4.4.- Comparación de los resultados antes y después del mantenimiento.	80
Tabla 4.5.- Diferencia de los valores antes y después del mantenimiento.	81
Tabla 4.6.- Variación porcentual de viscosidad, TBN y dilución.	82
Tabla 4.7.- Resultados estadísticos de las muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50	84
Tabla 4.8.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.	84
Tabla 4.9.- Resultados estadísticos de las muestras tomadas en recorridos a 5000 km, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.	85
Tabla 4.10.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras tomadas en recorridos mayores a 5000 km, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.	86
Tabla 4.11.- Resultados estadísticos de las muestras tomadas en recorridos a 5000 km, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.	87
Tabla 4.12.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras tomadas en recorridos mayores a 5000 km, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.	87

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Carta de compromiso con propietarios de vehículos.	95
Anexo 2.- Hoja técnica de los aceites Havoline 20w50 y 10w30.	98
Anexo 3.- Tablas consolidadas con los resultados de los análisis.	99
Anexo 4.- Tabla “t” de Student.	122
Anexo 5.- Resultados de análisis “t” de Student mediante el software SPSS.....	125
Anexo 6.- Informes de análisis reportados por el laboratorio Swissoil posteriores al mantenimiento.	128
Anexo 7.- Tabla consolidada de resultados posteriores al mantenimiento	140
Anexo 8.-Tabla de resultados a los 5000 km antes y después del mantenimiento – diferencia – variación (%).	141
Anexo 9.- Certificación de resultados de análisis de aceite – Conauto.	142

ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN DEL ACEITE DE MOTOR EN TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA, POR DILUCIÓN DE COMBUSTIBLE, SUS CAUSAS Y SOLUCIONES

RESUMEN

Este proyecto parte de la investigación denominada “Determinación de la degradación y contaminación del aceite de motores Otto en función del kilometraje recorrido”, realizada por el Ing. Fernando Guerrero, mediante un análisis de aceites aplicado a taxis de la ciudad se pudo ejecutar una evaluación estadística de resultados; se evidenció un elevado porcentaje de dilución por combustible, éste proyecto buscó determinar el kilometraje máximo de recorrido permisible e identificar los causantes de dilución; Para determinar soluciones se realizó mantenimiento correctivo y un segundo análisis de aceite en una muestra representativa, concluyendo que la dilución de combustible disminuye un 35,70% posterior al mantenimiento.

PALABRAS CLAVE: Degradación y contaminación del aceite de motores, viscosidad, TBN, dilución de combustible, desgaste del motor.

Thelmo Fernando Guerrero Palacios
Director del Trabajo de Titulación

Mateo Fernando Coello Salcedo
Director de Escuela

Juan José Cabrera Ordoñez

Juan Carlos Carrera Tenorio

Autores

ABSTRACT

ANALYSIS OF ENGINE OIL DEGRADATION BY FUEL DILUTION CONDUCTED IN THE TAXIS OF THE CITY OF CUENCA; CAUSES AND SOLUTIONS

ABSTRACT

This project is part of the research called "*Determinación de la degradación y contaminación del aceite de motores Otto en función del kilometraje recorrido*" (Determination of Otto engines oil degradation and contamination according to the mileage traveled) conducted in the taxis of the city, and carried out by Engineer Fernando Guerrero through an analysis of oils. A statistical evaluation of results was performed, evidencing a high percentage of fuel dilution. This project aimed to determine the maximum allowable travel mileage for the oil prior to its change, and to identify the causes of dilution. A corrective maintenance and a second analysis of oil were performed in a representative sample in order to determine the solution. It was concluded that the dilution of fuel decreased by 35.70% after the maintenance.

KEYWORDS: engine oil degradation and contamination, viscosity, TBN, fuel dilution, engine wear.



Thelmo Fernando Guerrero Palacios
Thesis Director



Mateo Fernando Coello Salcedo
School Director

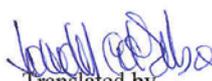


Juan José Cabrera Ordoñez

Authors



Juan Carlos Carrera Tenorio



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Cabrera Ordoñez Juan José

Carrera Tenorio Juan Carlos

Trabajo de Titulación

Ing. Thelmo Fernando Guerrero Palacios. Msc.

Marzo, 2017

ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN DEL ACEITE DE MOTOR EN TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA, POR DILUCIÓN DE COMBUSTIBLE, SUS CAUSAS Y SOLUCIONES

INTRODUCCIÓN

Los automotores tipo taxi en la ciudad de Cuenca, presentan un desgaste elevado en sus componentes, atribuido especialmente al continuo funcionamiento, algunos de ellos hasta las 24 horas del día, con más de un chofer para cubrir los turnos establecidos por las empresas; es por esta razón que estos vehículos están sometidos a un desgaste excesivo que podría ocasionar graves problemas en su funcionamiento, llegando inclusive a la paralización de la unidad por averías mecánicas. Un taxi sin funcionar constituye directamente una pérdida de dinero, mucho más si el vehículo se detiene por reparaciones, por este motivo, los conductores buscan que los motores de sus vehículos consigan un mejor rendimiento y durabilidad, de igual manera, reducir los excesivos costos de mantenimiento que se presenten por averías. Ellos deben estar pendientes del mantenimiento adecuado y minucioso del vehículo, lo que implica predecir y corregir las fallas que se van presentando; pero existen fenómenos poco evidentes que causan averías, tal es el caso de la degradación del aceite de motor; un aceite que ha perdido sus características de funcionamiento no brinda la protección que un motor necesita y consecuentemente ocasiona desgaste elevado de las piezas internas. Una alternativa para evitar fallas por excesivo desgaste del motor es la realización del análisis de aceite, que permite conocer si está cumpliendo de manera adecuada su función en el interior del motor, o si existe algún tipo de avería o fenómeno que esté ocasionando su degradación. El presente estudio, busca conseguir un sustento teórico que contribuya a reducir el desgaste excesivo de los motores por degradación del aceite, para lo cual se ha designado una muestra de 23 taxis que circulan en la ciudad de Cuenca, dichos automotores deben ser de un año de fabricación desde el 2005 en adelante, con el objetivo de que los vehículos dispongan de un sistema de alimentación de combustible moderno mediante inyección, los vehículos no deben presentar fugas ni consumo de aceite para que se pueda realizar correctamente el estudio. La utilización

de la técnica adecuada para la extracción de muestras de aceite, permitió un buen análisis de laboratorio en cada una de ellas, acorde a los kilometrajes de referencia definidos; este análisis estuvo a cargo de la empresa “SwissOil” con sede en la ciudad de Guayaquil. La evaluación del aceite implica determinar varios factores como la viscosidad, el TBN (Número total base), la dilución por combustible, el particulado metálico y la presencia de silicio; mediante una comparación entre los valores obtenidos en un análisis de aceite y los valores designados por el fabricante (Límites condenatorios), se puede determinar la idoneidad del aceite para continuar en funcionamiento, al igual que la detección de fallas que ocasionen la degradación del mismo.

La actual investigación específicamente se enfoca en determinar si existe un exceso en el porcentaje de dilución por combustible en el aceite de una población de taxis de la ciudad, debido a que dicho factor de análisis está directamente relacionado con la viscosidad y el TBN; de tal forma que si existe un porcentaje superior al admisible en cuanto a dilución, afectaría directamente a la viscosidad del aceite y al TBN (Número total base), lo que posteriormente va a generar un desgaste excesivo.

El único indicador para realizar un cambio de aceite en el vehículo es el kilometraje de servicio, pero en realidad no se tiene la certeza de que el aceite va a trabajar correctamente durante este lapso, es por ello que se plantea la necesidad de proponer un intervalo de recorrido que no comprometa la integridad de las piezas del motor; conjuntamente con el análisis de aceite aplicado a cada vehículo en varios kilometrajes de referencia, se pueden determinar tendencias en cuanto a la degradación del mismo, que favorezcan al planteamiento de un kilometraje límite de funcionamiento para el lubricante en este tipo de vehículos.

Con la determinación de un intervalo de funcionamiento seguro del aceite se puede evitar el exceso de desgaste interno del motor, pero la presencia adicional de partículas de combustible, tal como se manifiesta el estudio “Determinación de la degradación y contaminación del aceite de motores Otto en función del kilometraje recorrido”, es evidente en la mayoría de vehículos; por tal razón, se requiere evaluar los elementos y sistemas del automotor que pueden ocasionar el exceso de dilución; y consecuentemente se pueda establecer un plan de mantenimiento correctivo que contribuya a la reducción del porcentaje de dilución, por consiguiente, a un menor índice de desgaste interno.

Para identificar las causas que provocan el exceso de combustible en el aceite se consideran los elementos o fenómenos que se vinculan con la llegada de combustible al aceite de motor;

el sistema de alimentación, directamente en los inyectores constituye un factor de riesgo para ocasionar el contacto entre combustible y aceite de motor, por otro lado, si existen averías en el sistema de encendido (principalmente en bujías y cables), ocasionan una combustión incompleta, dejando partículas de combustible sin explotar, que posteriormente harán contacto con el aceite; finalmente un nivel elevado de desgaste en las paredes de los cilindros ocasionaría un filtrado de partículas de combustible hacia la parte inferior del pistón generando dilución; para sustentar el causal de la dilución es necesario evaluar el estado de los sistemas y elementos antes mencionados en cada uno de los vehículos de la muestra poblacional, realizando conjuntamente una valoración basada de datos técnicos generales.

Posterior a la identificación de los causantes de la dilución del aceite se ha elaborado un conjunto de acciones correctivas que puedan representar una solución a la problemática de este estudio. Para garantizar la mayor eficacia del mantenimiento se realiza la limpieza y comprobación de los inyectores, así como, principalmente, la sustitución de cables y bujías de encendido. Para sustentar las soluciones propuestas se debe realizar nuevamente un análisis de aceite, mediante el cual se obtengan resultados que indiquen si el mantenimiento realizado representa una mejoría considerable. El análisis que ha de realizarse se deberá efectuar en un determinado número vehículos que constituyan estadísticamente una muestra representativa de la población. Con los resultados del análisis de aceite se procede a la tabulación de datos y relaciones entre los valores antes y después del mantenimiento, consiguiendo así, mediante fundamentos estadísticos, determinar la efectividad del mantenimiento y comprobar si se consigue o no una disminución en el porcentaje de dilución del aceite de motor.

El presente estudio se enfoca en mitigar la problemática del excesivo desgaste de los motores que se atribuye a la degradación del lubricante por dilución, estableciendo su rango de uso máximo; indicando también los factores que intervienen o están directamente ligados con la integridad del lubricante (Viscosidad, TBN, Dilución); aborda también la determinación de los elementos causantes de dilución por combustible, así como las acciones correctivas para reducir el porcentaje de este parámetro.

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO

Aceites lubricantes

1.1 Concepto

Un aceite lubricante crea una película entre las piezas móviles de un motor o mecanismo, con la finalidad de reducir el rozamiento entre las partes y así disminuir el desgaste, ruido y temperatura que podría causar en condiciones extremas soldaduras entre componentes del motor (cigüeñal, cojinetes, pistones, ejes de levas, etc.).

“Los aceites lubricantes son líquidos de gran viscosidad utilizados para la lubricación de una máquina o motor. La composición química exacta de estos productos es prácticamente imposible de definir y aún lo es más en los obtenidos sintéticamente, ya que si bien los grupos de hidrocarburos son los mismos, sus cantidades relativas dependen, en mucho, de la forma de la síntesis. Los buenos aceites sintéticos contienen principalmente combinaciones de anillos ciclánicos con largas cadenas laterales. Las cantidades de cada uno de estos grupos de hidrocarburos son muy importantes, ya que las propiedades de un lubricante dependen principalmente de la preponderancia de uno a otro grupo”.(MotorGiga, 2014).



Fig. 1.1.- Aceite lubricante automotriz.

Fuente:(Industria Gasolinera, 2016)

1.2 Propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes

Las propiedades de los aceites lubricantes, son valoradas mediante parámetros físicos y químicos representados por datos numéricos susceptibles de ser medidos. De esta manera son de gran utilidad para lograr uniformidad en su interpretación, tienen la capacidad adaptarse a cada aplicación de acuerdo a los requerimientos de la máquina y/o mecanismo, y de esta manera determinar las posibles causas de las variaciones.

1.2.1 Viscosidad

La viscosidad es la resistencia a fluir que presenta un fluido. Físicamente, la viscosidad es una medida de la fricción interna del fluido, que actúa en oposición al movimiento de sus moléculas, al ejercerse sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad del aceite determina el espesor de la película lubricante que se forma entre dos piezas en contacto. La viscosidad de un lubricante se ve afectada por la variación de la temperatura de forma inversa, si aumenta la temperatura menor será la viscosidad. Un aceite ligero es menos resistente a fluir, por eso su viscosidad es baja. Un aceite espeso es más resistente a fluir por lo tanto tiene una viscosidad más alta.

1.2.1.1 Tipos de viscosidad

1.2.1.1.1 Viscosidad dinámica (μ)

La viscosidad dinámica, la cual es función sólo de la fricción interna del fluido, es el parámetro usado más frecuentemente en el diseño de cojinetes y el cálculo de flujo de aceites. Debido a que es más conveniente medir la viscosidad de manera tal que se tenga en cuenta la densidad del aceite; para caracterizar a los lubricantes normalmente se utiliza la viscosidad cinemática.

La viscosidad dinámica o absoluta es función sólo de la fricción interna del fluido, y se define como el cociente resultante de dividir el esfuerzo de corte ($EC = \text{Fuerza}/\text{Área}$) ejercido sobre un fluido, para la velocidad de corte ($VC = \text{Velocidad}/\text{Distancia}$) a la que se mueve la capa del fluido sobre la que actúa el esfuerzo de corte

$$\tau = F/A \quad (1.1)$$

$$Vc = v/d \quad (1.2)$$

Las unidades que se utilizan son $[\text{Kg}/\text{m} \cdot \text{s}]$; $[\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2]$; $[\text{Pa} \cdot \text{s}]$. La unidad más difundida para expresar la viscosidad es el poise, equivalente a $0.1 [\text{Pa} \cdot \text{s}]$ o el centipoise $[\text{cP}]$; $1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$. El centipoise es una unidad de medida de la viscosidad dinámica o absoluta referente, debido a que la viscosidad del agua a 20°C es 1 centipoise.

1.2.1.1.2 Viscosidad cinemática (ν)

La viscosidad cinemática de un fluido es su viscosidad dinámica (μ) dividida por su densidad (ρ), ambos medidos a la misma temperatura, y expresada en unidades consistentes. Las unidades más comunes que se utilizan para expresar la viscosidad cinemática son: stokes (St)

$$\nu = \mu/\rho \quad (1.3)$$

1.2.1.2 Factores que afectan a la viscosidad

La viscosidad de un lubricante no es posible que permanezca constante, se afecta por diversos factores:

-Temperatura

Cuando aumenta la temperatura del aceite, la viscosidad disminuye ya que sus moléculas adquieren mayor movilidad y su cohesión disminuye. La viscosidad aumenta cuando la temperatura disminuye.

-Sustancias extrañas

Mientras el aceite actúa como lubricante, se ve expuesto a sustancias extrañas que acaban afectándole, modificando sus características, esta modificación será permanente y progresiva. La viscosidad de un lubricante puede disminuir a causa de la baja calidad del mismo y debido a disolución de otras sustancias; a su vez, puede también aumentar debido a la baja calidad, pocos aditivos, acumulación de contaminantes y oxidación; esto lleva a una degradación del lubricante. Es más frecuente una pérdida de viscosidad que un incremento.

1.2.1.3 Índice de viscosidad

El índice de viscosidad es la magnitud que mide la mayor o menor variación que sufre la viscosidad de un aceite al modificarse su temperatura.

1.2.1.4 Medición de índice de viscosidad en aceites lubricantes

Para definir el índice de viscosidad de un aceite según la norma de la sociedad americana para pruebas de materiales (American Society for Testing of Materials) ASTM D2270 se compara sus respectivas viscosidades a dos temperaturas distintas y fijas que son 100°F y 210°F (correspondientes a 38 y 98.9°C). En una escala arbitraria que se acepta universalmente como patrón, se ha tomado como índice de viscosidad cero al de un aceite de tipo nafténico, y como índice de viscosidad cien al de un aceite de tipo parafínico. Cuanto más alto es el índice de viscosidad de un aceite, menor es su pérdida de viscosidad al incrementarse la temperatura.

1.2.2 Punto de inflamación

El punto de inflamación de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos por un aceite se inflaman en presencia de una llama o chispa que va saltando casi de un modo continuo.

1.2.3 Punto de fluidez

El punto de fluidez es la temperatura mínima a la que fluye el aceite por los circuitos del sistema de lubricación. Cuando un óleo se encuentra a bajas temperaturas se vuelve más viscoso, por esta razón, tiene una elevada resistencia interna a fluir, esto dificulta su función lubricante.

1.2.4 Número total base (TBN)

Es la reserva alcalina de un lubricante, informa sobre su capacidad de neutralizar productos ácidos (principalmente ácido sulfúrico y ácido nítrico) procedentes de la combustión y de la oxidación del aceite a temperaturas elevadas. El parámetro que se usa para comprobar el estado de degradación de esta cualidad expresándose en miligramos de hidróxido de potasio (KOH) por gramo de aceite es comparándola mediante una prueba de laboratorio, con estándares ASTM D-2896 de una muestra de aceite, para contrastarlo con los límites condenatorios que están en función del valor inicial de un aceite y así establecer la idoneidad del mismo en función a los límites condenatorios.

1.2.5 Número Ácido Total (TAN)

Este parámetro llamado Número Ácido Total, permite cuantificar tanto la cantidad de ácidos orgánicos como de ácidos fuertes inorgánicos, presentes en el lubricante, la oxidación del óleo

ocasiona corrosión de las piezas que son lubricadas, así también, la formación de lodos y barnices; para establecer la cantidad de ácidos presentes en el aceite, se emplea una prueba de laboratorio que se fundamenta en la norma ASTM D 664.

1.2.5.1 Medición del TAN en lubricantes

La medición del TAN se realiza según la norma ASTM D 664, mediante la valoración potenciométrica, donde se añaden pequeños volúmenes de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos existentes en un gramo de aceite.

1.2.6 Cenizas sulfatadas

Las cenizas sulfatadas es una medida de la capacidad detergente-dispersante de un lubricante, es decir, de la capacidad que tiene para evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en las zonas calientes del motor (alojamientos de los segmentos, falda de los pistones, guías y vástagos de las válvulas), evitando la adherencia de esos depósitos y manteniendo en suspensión en el aceite en forma de pequeñas partículas. La medición de las cenizas sulfatadas se realiza mediante la norma ASTM D-874, el equipo analítico empleado en los laboratorios especializados para la cuantificación de las cenizas sulfatadas es un equipo fotométrico, el cual calcula el área de una mancha de lubricante sobre un papel absorbente, determinando posteriormente mediante patrones internos la detergencia de la muestra.

1.2.7 Peso específico

Un parámetro físico importante del aceite lubricante es su peso específico, que se mide directamente o mediante la medición de otra característica relacionada, la densidad, que es la relación existente entre la masa de lubricante y el volumen ocupado, medidos a una temperatura constante. La densidad varía en función de la naturaleza del lubricante, los aceites de base parafínica tienen menor densidad que los de tipo aromático o nafténico.

1.2.8 Demulsibilidad

La demulsibilidad es la propiedad del aceite para separarse del agua y resistir la formación de emulsiones. La capacidad de un aceite para resistir la formación de emulsiones en la operación

es la mejor medida de la demulsibilidad, más que la resistencia inicial al agua. El aceite se desempeñará mejor si el contenido de agua se mantiene consistentemente por debajo de 0.5%. La medición de la demulsibilidad de un aceite lubricante basado en la norma ASTM D 1401, consiste en mezclar cantidades iguales de agua y aceite a 54 °C, agitar y luego dejar reposar. La prueba de demulsibilidad para que un lubricante que se encuentra en servicio sea admitido tiene como condición que la emulsión remanente en un lapso de 30 minutos no debe superar los 15ml como límite de prevención.

1.2.9 Formación de espuma

La espuma es una aglomeración de burbujas de aire u otro gas, separadas por una fina capa de líquido que persiste en la superficie. Suele formarse por agitación violenta del líquido. El ensayo de formación de espuma en un aceite lubricante según la norma ASTM D 892 consiste en insuflar aire en una muestra durante 5 minutos e inmediatamente medir el volumen de espuma formado; luego se deja reposar y se mide nuevamente la espuma al cabo de 10 minutos

1.2.10 Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica indica la capacidad aislante del aceite, así como la presencia en el mismo de impurezas tales como agua, lodos, polvo, gases, etc. Las impurezas disminuyen la rigidez dieléctrica de un aceite porque facilitan el paso de la corriente a través del aceite, especialmente si se trata de agua libre o en emulsión o asociada a otros contaminantes tales como fibras de papel, o partículas de polvo, etc. Según la norma ASTM D 877 consiste en medir la tensión que llega a producir un arco eléctrico permanente entre dos electrodos bien definidos separados 2.5 mm y sumergidos en aceite a 20°C. Se expresa en Kv/cm.

1.2.11 Refrigeración

El aceite contribuye a mantener el equilibrio térmico de la máquina, disipando el calor que se produce en su interior como consecuencia de la fricción, la combustión, etc. Esta función es

especialmente importante en aquellos casos en que no exista un sistema expreso de refrigeración, o este no alcance a determinados componentes de la máquina desde los que efectivamente se elimina calor a través del aceite. En general, se puede afirmar que el aceite disipa entre un 10% y un 25% del calor total que debe ser eliminado en un motor de combustión interna.

1.2.12 Limpieza y eliminación de impurezas

En las máquinas y equipos lubricados se producen impurezas de todo tipo, por el propio proceso de funcionamiento, partículas procedentes de desgaste o corrosión y contaminaciones exteriores (polvo, agua, etc.). El lubricante en circulación ayuda a eliminar esas impurezas, al ser capaz de mantenerlas en suspensión y llevarlas hasta los elementos filtrantes apropiados. Esta acción es fundamental para conseguir que las partículas existentes no se depositen en los componentes del equipo, no aceleren un desgaste en cadena ni puedan atascar conductos de lubricación o producir otras consecuencias nefastas para las partes mecánicas lubricadas.

1.2.13 Protección contra la corrosión y herrumbre

Los lubricantes tienen propiedades anticorrosivas y anti herrumbre naturales, que pueden incrementarse con aditivos específicos para preservar de la corrosión y herrumbre a los diversos tipos de metales y aleaciones que conforman las piezas y estructuras de los equipos.

1.2.14 Efecto sellante

El aceite lubricante en determinados equipos cumple la misión de sellar zonas, en donde no es deseable que existan fugas de otros líquidos o gases, que al producirse, reducen el rendimiento y generan contaminación. La cámara de combustión en los motores, las cámaras de compresión en los equipos compresores y los émbolos en los amortiguadores hidráulicos son ejemplos donde el aceite lubricante debe cumplir esta función.

1.2.15 Transmisor de potencia

Es la tarea de los fluidos hidráulicos en los que el aceite tiene como función principal transmitir energía de un punto a otro del sistema, además de funcionar como lubricante.

1.3 Composición de los aceites lubricantes

Los aceites lubricantes están conformados por un aceite base (también llamado base lubricante) y por sustancias adicionales llamadas aditivos. El aceite base determina las propiedades básicas del aceite lubricante, y puede ser de origen vegetal, mineral o sintético. Los aditivos son sustancias que se añaden a las bases lubricantes para mejorar su desempeño.

1.3.1 Base lubricante

El aceite base o base lubricante es el componente esencial del aceite lubricante, y tiene propiedades físico-químicas importantes, tales como la viscosidad, la demulsibilidad, el color, las características anti-desgaste, anti-espumante, anti oxidante, el índice de viscosidad, el punto de fluidez, el punto de inflamación, la biodegradabilidad y la toxicidad, entre otras. En condiciones normales de operación, la base lubricante no se deteriora, aunque se llegue a contaminar con sustancias extrañas (agua, partículas metálicas, hollín, polvo). Pero en condiciones críticas de temperatura, carga y velocidad, y una vez que esos aditivos se agotan, la base lubricante empieza a degradarse, iniciándose el proceso que se conoce como oxidación, en el cual se forman lacas, barnices y gomas ácidas. Un adecuado control del aceite lubricante permitirá cambiarlo antes de que su deterioro químico y nivel de contaminación le hagan perder sus características benéficas.

Según la constitución del aceite, la base lubricante puede ser de origen mineral cuando se derivan del petróleo, son las más utilizadas y son de 3 tipos: parafínicas, nafténicas y aromáticas; pueden ser también de origen sintéticas ó vegetales. La utilización de uno u otro tipo depende de las condiciones de operación y de los resultados deseados.

1.3.2 Aditivos

Son sustancias químicas que se añaden en pequeñas cantidades a los aceites lubricantes para proporcionarles nuevas propiedades, mejorando las existentes, o para suprimir y reducir ciertas propiedades que les son perjudiciales. Según el tipo y aplicación del lubricante, los aditivos pueden constituir entre un 2 y un 30% de su volumen total.

1.3.2.1 Clasificación de los aditivos

Según los efectos que producen, los aditivos pueden dividirse en dos grandes grupos.

-Los aditivos de protección de superficie:

- a) Aditivos anti desgaste y de extrema presión.
- b) Aditivos detergentes-dispersantes.
- c) Aditivos anticorrosivos
- d) Aditivos inhibidores de herrumbre.

-Según la forma de proteger al lubricante y su desempeño:

- a) Aditivos mejoradores del Índice de viscosidad.
- b) Mejoradores del punto de fluidez y congelación.
- c) Aditivos antiespumantes.
- d) Aditivos antioxidantes.
- e) Aditivos demulsificantes.

1.4 Clasificación de los aceites lubricantes.

Las investigaciones realizadas a nivel mundial han permitido la fabricación de una gran variabilidad de lubricantes, de diversas características, lo que ha determinado que los constructores de vehículos, fabricantes de lubricantes y usuarios, busquen la necesidad de clasificarlos de acuerdo a su naturaleza, composición, aplicación y normas para delimitar su uso.

1.4.1. Por la viscosidad (SAE)

La clasificación SAE fue creada por la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers). Los lubricantes se clasifican atendiendo a dos aspectos fundamentales:

El primer aspecto toma como referencia la viscosidad del aceite lubricante en función de la temperatura a la que está sometido durante el funcionamiento del motor; establece una escala numérica de aceites de motor de 10 grados SAE, que comienza en el grado SAE 0, indicativo de la mínima viscosidad de los aceites o de su máxima fluidez. Conforme el número del grado va aumentando, la viscosidad se va haciendo mayor y el aceite es menos fluido.

Esta escala está dividida en dos grupos:

En el primer grupo la viscosidad se mide a una temperatura de - 18° C, lo que da una idea de

su viscosidad en condiciones de arranque en frío y está dividido en los seis grados SAE siguientes: SAE 0W, SAE 5W, SAE 10W, SAE 15W, SAE 20W, y SAE 25W. La letra W es distintiva de los aceites que se utilizan en invierno y proviene del inglés (Winter). Estos grados indican la temperatura mínima de utilización del aceite conservando su viscosidad para circular bien por las tuberías y llegar a los lugares de engrase con rapidez y a la presión adecuada, facilitando el arranque en frío. Por ejemplo: un aceite SAE 15W nos garantiza el arranque rápido del motor en frío hasta temperatura mínimas de -15° C.

En el segundo grupo la viscosidad se mide a una temperatura de 100° C, lo que da idea de la fluidez del aceite cuando el motor se encuentra funcionando en caliente. En este grupo se establecen cuatro grados SAE como son: SAE 20, SAE 30, SAE 40 y SAE 50.

Los motores modernos son cada vez más rápidos y están contruidos con menor tolerancia de montaje entre las piezas, lo que requiere la utilización de aceites de bajo grado SAE, con la fluidez suficiente para circular libremente y que formen películas de espesor más fino manteniendo el grado de lubricación. Debido a esto, los fabricantes cada vez recomiendan aceites multigrados de baja viscosidad como por ejemplo: SAE 5W-30 y SAE 10W-40.

Tabla 1.1.- Clasificación SAE.

Grado de Viscosidad SAE	Viscosidad a Baja Temperatura (°C) , cP		Viscosidades en alta temperatura (°C)		
	Máx. Arranque	Máx. de Bombeo (Sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a 100°C min.	Cinemática (cSt) a 100°C máx.	Alta Tasa de Corte (cP) a 150°C D4683, D4741 y D5481
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8	-	-
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8	-	-
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1	-	-
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6	-	-
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6	-	-
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	<16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Fuente: (Noria Corporation, 2013)

1.4.2 Por las condiciones de servicio: (API, ACEA)

1.4.2.1 Clasificación (API)

La clasificación de aceites API fue creada por el Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute) en 1.947. Es un organismo técnico y comercial que representa a los productores de derivados de petróleo en los E.E.U.U. El API contacta con los fabricantes de motores y vehículos para evaluar el rendimiento de los aceites existentes en el uso cotidiano, y para predecir los requerimientos futuros. En 1.970 en colaboración con la SAE (Society of Automotive Engineers) y la ASTM (American Society for Testing of Materials) emite unas normas que contienen un cierto número de ensayos que han sido diseñados para simular áreas y condiciones críticas de lubricación en el motor. Sólo para los aceites que reúnen todos estos requerimientos se puede declarar el cumplimiento del Nivel de Calidad API correspondiente. Este sistema permite a los usuarios seleccionar fácilmente el aceite correcto para su aplicación y comparar rápidamente los productos ofrecidos por las petroleras. Actualmente es utilizada por todos los fabricantes de aceites lubricantes y de vehículos, por lo que aparece reflejada en todos los envases de aceites junto con la clasificación SAE.

La clasificación API, divide los aceites lubricantes en tres series denominadas:

“S” para encendido por bujía (Spark combustion) en motores de gasolina.

“C” para combustión por compresión (Combustion by compression) en motores Diesel.

“GL” para lubricante de engranes (Gear Lube) en transmisiones mecánicas.

Cada grupo se divide en varias categorías denominadas por la letra indicativa de la serie seguida de una segunda letra que establece el nivel de calidad en orden alfabético creciente. Cuanto más alta (cerca del final del abecedario) es la segunda letra, mayor calidad tiene el aceite. (Mamani Cardenas, 2014)

Tabla 1.2.- Clasificación API.

Desarrollo y Vigencia de las Clasificaciones API							
Motores a Gasolina				Motores a Diesel			
Categoría	Año lanzado	Duración	Vigencia	Categoría	Año lanzado	Duración	Vigencia
SA	1900	30 años	Obsoleto	CA	1900	30 años	Obsoleto
SB	1930	34 años	Obsoleto	CB	1930	25 años	Obsoleto
SC	1964	4 años	Obsoleto	CC	1955	24 años	Obsoleto
SD	1968	4 años	Obsoleto	CD	1979	9 años	Obsoleto
SE	1972	8 años	Obsoleto	CE	1988	3 años	Obsoleto
SF	1980	9 años	Obsoleto	CF	1991	2 años	Obsoleto
SG	1989	6 años	Obsoleto	CF-4	1993	2 años	Obsoleto
SH	1992	2 años	Obsoleto	CG-4	1995	4 años	Obsoleto
SJ	1997	4 años	Obsoleto	CH-4	1999	Actual	Vigente
SL	2001	Actual	Vigente	CI-4	2002	Actual	Vigente
SM	2005	Actual	Vigente	CJ-4*	2005	Actual	Vigente
SN	2010	Actual	Vigente				

* Requerido por motores con tratamiento de gases de escape

Fuente: (Widman International SRL, 2004)

1.4.2.2 Clasificación (ACEA)

Desde 1996, la asociación de constructores europeos de automóviles (ACEA), define a la calidad de los aceites de motor según los requisitos europeos. Las clasificaciones ACEA tienen las designaciones: A1, A2, A3, A4, A5 para los motores de gasolina de turismos. Para los motores Diésel de turismos se aplican las designaciones: B1, B2, B3, B4, B5; para motores Diésel en vehículos industriales y maquinaria se aplican las designaciones: E2, E3, E4, E5, E6, E7, E9. La cifra caracteriza los criterios de rendimiento del aceite.

Tabla 1.3.- Clasificación ACEA.

NORMAS ACEA PARA MOTORES DE VEHÍCULOS LIVIANOS	
NORMAS ACEA PARA MOTORES GASOLINA	NORMAS ACEA PARA MOTORES DIESEL LIVIANOS
<p>A1 Aceite para motores a gasolina diseñados para utilizar aceites de baja fricción, baja viscosidad y HTHS entre 2,6 y 3,5 mPa.s. Existen motores que "no" pueden usar estos aceites . Consultar el manual de usuario.</p>	<p>B1 Aceite para motores diesel ligeros, Diseñados para usar aceites de baja fricción, baja viscosidad y HTHS entre 2,6 y 3,5 mPa.s. Hay motores que no pueden usar estos aceites. Consultar el manual de usuario.</p>
<p>A2 Aceite de uso general para motores a gasolina, con intervalos de cambio normales. No es apropiado para algunos motores de altas prestaciones.</p>	<p>B2 Aceite de uso general para motores diesel ligeros, principalmente en motores con inyección "indirecta", con intervalos de cambio normales. No es apropiado para algunos motores de altas prestaciones.</p>
<p>A3 Aceite de viscosidad muy estable para motores a gasolina de altas prestaciones o con mantenimiento extendido, así como para aceites de baja viscosidad y periodo de mantenimiento de un año o servicio severo.</p>	<p>B3 Aceite de viscosidad muy estable para motores diesel ligero de altas prestaciones o con mantenimiento extendido, así como para aceites de baja viscosidad y periodo de mantenimiento de un año o servicio severo.</p>
<p>A4 Reservado para usar con los futuros motores de inyección directa de gasolina</p>	<p>B4 Aceite de viscosidad muy estable para motores diesel con inyección directa y con mantenimiento extendido, incluye todas las aplicaciones B3.</p>
<p>A5 Aceite de viscosidad muy estable para motores a gasolina, de altas prestaciones y con mantenimientos extendidos, preparados para aceites de baja viscosidad (HTHS entre 2,9 y 3,5 mPa.s.) y reducida fricción. Hay motores que no pueden usar estos aceites. Consultar el manual de usuario.</p>	<p>B5 Aceite de viscosidad muy estable para motores diesel ligeros con mantenimiento extendido, preparados para aceites de baja viscosidad y baja fricción (HTHS entre 2,9 y 3,5 mPa.s.) .Hay motores que no pueden utilizar estos aceites. Consultar el manual de usuario.</p>

Fuente: (Ingeniero Marino, 2016)

1.5 Aceites Monogrado

Estos aceites se caracterizan por estar designados por un solo grado de viscosidad, que puede ser de invierno o de verano, e indica los márgenes de temperatura dentro de los cuales, este aceite tiene un buen comportamiento; son apropiados para su uso en zonas sometidas a pocos cambios de temperatura ambiente a lo largo del año. Si existen cambios importantes de invierno a verano, es necesario utilizar aceites de un grado SAE bajo para el invierno (SAE 10 W) y otro aceite de grado SAE alto, para utilizar en verano (SAE 40). Entre los aceites monogrado se encuentran los siguientes:

- SAE 40. Usado para motores de trabajo pesado y en tiempo de mucho calor (verano).
- SAE 30. Sirve para motores de automóviles en climas cálidos.

- SAE 20. Empleado en climas templados o en lugares con temperaturas hasta 0° C.
- SAE 10. Empleado en climas con temperaturas inferiores a 0° C.

Los aceites monogrado no son solicitados actualmente por ningún fabricante de vehículos, dado lo limitado de su funcionamiento a diferentes temperaturas. Solamente son utilizados en situaciones especiales como por ejemplo motores con problemas de compresión, mecanismos de engranes, etc. (Pérez Galera, 2005)

1.6 Aceites multigrado

Estos tipos de aceite se utilizan cuando existen cambios importantes en la temperatura ambiente de una zona o de un país, en vista de que, con la utilización de un solo aceite, se cubre el engrase del motor durante todo el año. Los aceites multigrados mantienen estable su viscosidad frente a los cambios de temperatura. Se identifican por dos grados SAE, pertenecientes uno a cada grupo de los mencionados anteriormente, como por ejemplo: SAE 10W40. Esto indica que este aceite se comporta como un SAE 10W cuando el motor se encuentra a bajas temperaturas, manteniendo la fluidez adecuada y favoreciendo el arranque en frío del motor, y como un SAE 40, más viscoso, cuando el aceite se encuentra en el rango de temperatura de funcionamiento del motor. De tal manera, para una mayor protección en frío, se deberá recurrir a un aceite que tenga el primer número lo más bajo posible y para obtener mayor grado de protección en caliente, se deberá incorporar un aceite que posea un elevado número para el segundo.

Las siguientes, son ventajas de los aceites multigrados en comparación con los lubricantes monogrado:

-Son más estables ante los cambios de temperatura.

-Llegan rápidamente a las piezas debido a su baja viscosidad en frío.

-Permiten un arranque más rápido del motor en frío, con un menor desgaste del mismo, mayor vida útil de la batería y del motor de arranque. Esto se comprueba no solamente en climas fríos, sino también a temperaturas ambiente moderadas como 20° C. La diferencia entre un multigrado y un monogrado en estos casos es notoria ya que el primero establece la lubricación adecuada en menor tiempo que el segundo.

-Eliminan la necesidad de cambios estacionales del aceite.

-Son mejores para el trabajo a bajas temperaturas ya que los huelgos en los motores modernos son cada vez menores, el aceite debe fluir más rápidamente para llegar a las piezas vitales del

motor especialmente la lubricación del turbocompresor.

-También se comportan muy bien a altas temperaturas, con una película más resistente a altas cargas que la de los aceites monogrado con una disminución del desgaste general del motor.

-Existe un ahorro importante de lubricante, ya que se logra un excelente sellado en la zona entre los segmentos y el pistón reduciendo el paso de aceite hacia la cámara de combustión, donde se quema tras lubricar el segmento superior.

-Existe un ahorro de combustible debido a su mayor fluidez a bajas temperaturas que reduce las pérdidas de energía en el arranque y a su mayor capacidad para reducir la fricción en las zonas calientes y críticas del motor, gracias a los aditivos estabilizadores del índice de viscosidad.

-Mejoran sensiblemente la oxidación por degeneración.

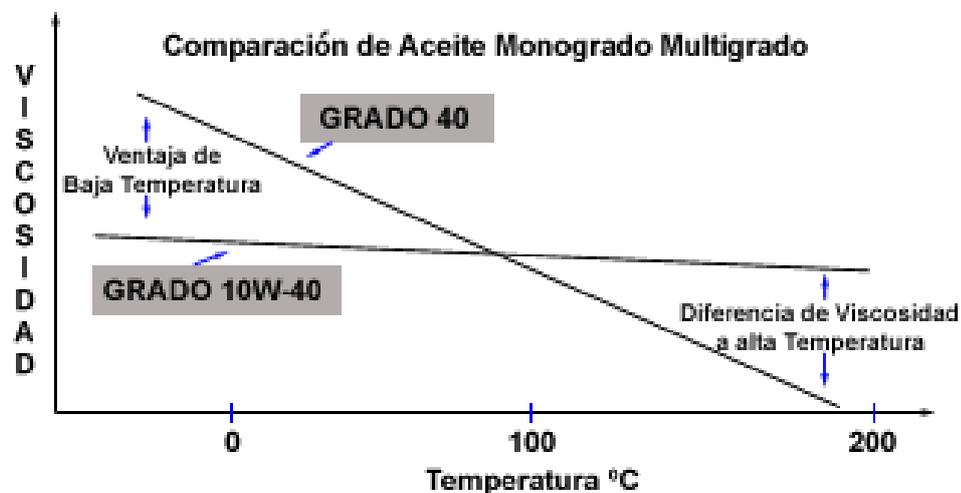


Fig. 1.2.- Comparación Aceites monogrados y multigrados.

Fuente: (Shell Chile, 2011)

1.7 Degradación y contaminación de aceites

Los aceites lubricantes, a medida que cumplen su función, sus propiedades físicas y químicas se modifican, debido al efecto combinado de la contaminación con sustancias extrañas y de la degradación química de sus bases lubricantes; por esta razón, los aceites lubricantes tienen una determinada vida útil, luego de la cual dejan de cumplir adecuadamente su función, y deben ser cambiados. Los principales contaminantes de los aceites lubricantes son: agua,

combustible, carbón, hollín, sílice, metales de desgaste, microorganismos y fibras, glicoles y otros aceites.

1.7.1 La oxidación

Es una reacción química que se produce ante la transferencia de electrones de un elemento oxidante a un elemento reductor debido al desprendimiento de partículas en superficies metálicas móviles debido al rozamiento, dicha reacción produce ácidos que ocasionan modificaciones en el aceite a nivel molecular disminuyendo la efectividad de sus aditivos y a su vez generando acumulación de residuos en el motor. (Gómez Estrada, 2013).



Fig. 1.3.- Acumulación de residuos.

Fuente: (Holdem, 2015)

1.7.2 Nitración

Este fenómeno contribuye a la degradación del aceite debido a la contaminación del mismo con los gases de la fase de combustión del motor que no fueron evacuados en la fase de escape, principalmente los óxidos de nitrógeno (NOx). La elevada temperatura en zonas como la cámara de combustión potencializan la acción de estos gases, que al contacto con la película de aceite ocasionan la formación de resinas que se adhieren a las paredes y hendiduras del motor.



Fig. 1.4.- Resinas adheridas en pistón de motor Diésel.

Fuente: (Joerg, 2013)

1.7.3 Contaminación

Cualquier partícula o fluido ajeno a la composición del aceite de motor es denominado contaminante, en los diferentes sistemas del vehículo encontramos fluidos como agua, glicol, combustible, etc. que al contacto con el aceite, ocasionan un determinado nivel de degradación, de igual manera, los elementos sólidos y partículas desprendidas de los componentes del motor ocasionan contaminación y degradación del aceite.



Fig. 1.5.- Contaminación de aceite con partículas.

Fuente: (Corporation Noria, 2010)

CAPITULO II

MUESTREO Y ANALISIS DE ACEITE

2.1 Definición de las características de la muestra

La muestra está constituida por 23 vehículos tipo Taxi que circulan en la ciudad de Cuenca; se ha considerado estos automotores porque permanecen en funcionamiento prolongadas jornadas de trabajo, incluso algunos las 24 horas del día; se ha preferido este tipo de vehículo para el estudio, por las condiciones del recorrido que realizan, el mayor desgaste del motor y el tiempo reducido entre los cambios de aceite. Se consideraron vehículos cuyo año de fabricación es del 2005 en adelante para garantizar que el sistema de alimentación del motor sea por inyección electrónica; una cilindrada en el intervalo de 1300 a 2000 cm³, que estén funcionando en condiciones normales, que no tengan mantenimiento planificado durante el proceso de muestreo, y que ninguno de ellos consuma o derrame aceite de motor.

Para garantizar la veracidad del estudio en el medio a analizar se ha recurrido a la información existente en la base de datos de la empresa pública municipal de movilidad, tránsito y transporte de la ciudad de Cuenca (EMOV EP), dicha entidad establece una relación entre las marcas de vehículos más utilizadas para brindar el servicio de "Taxi", la cantidad de unidades y el porcentaje que representan dentro del servicio de transporte público liviano.

Tabla 2.1.- Marcas de vehículos de mayor demanda para brindar el servicio de taxis en Cuenca.

MARCA DE VEHICULOS	Número de Unidades	Porcentaje
HYUNDAI	1681	46.5
CHEVROLET	748	20.7
NISSAN	552	15.3
TOYOTA	166	4.6
KIA	146	4.0
DAEWOO	140	3.9
MAZDA	117	3.2
RENAULT	29	0.8
LADA	9	0.2
SKODA	8	0.2
MITSUBISHI	6	0.2
VOLKSWAGEN	6	0.2
JAC	3	0.1
TATA	1	0.03
CITROEN	1	0.03
PEUGEOT	1	0.02
SIN MARCA	1	0.02
TOTAL	3615	100,00%

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

En la ciudad de Cuenca, las tres marcas de taxis más frecuentes son: Hyundai (47%), Chevrolet (21%), Nissan (15%); el principal modelo de Hyundai es el Accent; de la Chevrolet el Chevytaxi (Aveo); y de la Nissan el Sentra.

2.2 Plan para obtención de muestras de aceite

2.2.1 Convenio con propietarios de taxis

Para la realización de esta investigación se consiguió la participación de los miembros de una cooperativa de taxis; previo al consentimiento firmado, se efectuó una exposición, mediante la cual se manifestó el propósito del estudio, los aspectos técnicos y metodológicos del proyecto, los beneficios para los colaboradores, con la finalidad de contar con una cooperación responsable.

2.2.2 Compromiso para obtención de muestras

Se diseñó un documento que recogió aspectos relacionados con el propietario y su vehículo; las actividades a realizarse durante el proceso de muestreo y en qué consiste la colaboración de cada miembro de la cooperativa.

En el documento se especificó que el vehículo debe recibir inicialmente un cambio de aceite con la marca Havoline perteneciente a la firma Chevron–Texaco y en las viscosidades de 10W30 o 20W50 (de acuerdo al manual de servicio), que luego del cambio de aceite el conductor debería tener especial atención a la tarjeta que se le entregó con la información relacionada con el kilometraje de servicio del lubricante, en vista de que el proceso de obtención de muestras debía realizarse a partir de un kilometraje de referencia de 3.000 km, para luego seguir con 4.000, 5.000 y 6.000km de servicio. Para la obtención de muestras el propietario debía acudir al taller una vez que se cumplan los kilometrajes establecidos con un margen de tolerancia máximo de ± 200 km.

Tabla 2.2.- Hoja de control de toma de muestras. Fuente: Los Autores.

PROPIETARIO	ACEITE	MUESTRA A 3000KM	MUESTRA A 4000KM	MUESTRA A 5000KM	MUESTRA A 6000KM	
1	LUIS CUMBE	10W30	X	X	X	X
2	LUIS JARA	10W30	X	X	X	X
3	THELMO PUGO	20W50	X	X	X	X
4	TITO MORALES	20W50	X	X	X	X
5	WASHINGTON DURAN	20W50	X	X	X	X
6	MARIA MERCEDEZ QUINDE	20W50	-	X	X	X
7	PABLO ALTAMIRANO	20W50	-	X	X	X
8	VICTOR PEREZ LOZANO	20W50	-	X	X	X
9	VINICIO TOAPANTA	20W50	-	X	X	X
10	CRISTIAN ORDOÑEZ	20W50	-	X	X	X
11	JULIO PALACIOS	10W30	-	-	X	X
12	PABLO PERALTA	20W50	-	X	X	X
13	JOSE CABRERA	20W50	-	X	X	X
14	RENE CARRION	20W50	-	X	X	X
15	POLIVIO LOJA	20W50	-	X	X	X
16	MARIO CALLE	20W50	-	X	X	X
17	PEDRO CALLE	20W50	-	X	X	X
18	PAUL MATUTE	20W50	-	X	X	X
19	FERNANDO SOLANO	20W50	-	X	X	X
20	LENIN TENESACA	20W50	X	X	X	X
21	MANUEL ALBARRACIN	20W50	X	X	X	X
22	GILBERTH SANCHEZ	20W50	-	X	X	X
23	WASHINGTON DURAN	20W50	-	X	X	X

Fuente: Los Autores.

La tabla 2.2 establece la lista de clientes y el kilometraje de referencia para la obtención de cada muestra de aceite, siendo “X” un indicador de que se realizó la toma de muestra y “-” como un indicador de que no se obtuvo la muestra.

2.3 Técnica utilizada para la extracción de la muestra

Para realizar un proceso de toma de muestras de aceite, tomamos en cuenta ciertas consideraciones que avalan la efectividad en el proceso de obtención, con lo cual se remitió al laboratorio de análisis una muestra real, sin alteraciones ni contaminación adicional, que pueda garantizar resultados reales y precisos.

2.3.1 Toma de muestras con el equipo y herramienta adecuados

2.3.1.1 Equipo de succión o bomba de vacío

Su función es elevar líquidos. Todas constan de un cilindro hueco, denominado cuerpo de bomba, que es recorrido con frotamiento suave por un émbolo o pistón, existiendo tubos para la salida o entrada de líquido con sus válvulas correspondientes, dentro del cuerpo de la bomba se encuentra el émbolo, este al realizar la carrera de aspiración produce la apertura de la válvula de succión (membrana de hule) y el llenado de la bomba. Simultáneamente, por el cierre de la válvula del émbolo, se crea una depresión (vacío) en el recipiente contenedor. Cuando el émbolo desciende, se cierra la válvula que conecta el tubo con el cuerpo de bomba y al comprimirse el aire que queda en el mismo, se abre la válvula del émbolo, permitiendo que ese aire salga al exterior conforme va descendiendo el pistón. Después de ejecutar varias veces la doble carrera de ascenso y descenso del émbolo, y según la longitud del tubo de aspiración llegará a salir por éste el aceite. (Delgado & Lopez, 2004).

2.3.1.2 Recipiente

El tipo de contenedor utilizado para almacenar y transportar las muestras viene determinado por las propiedades físicas y químicas de las mercancías y por los requisitos de almacenamiento y transporte.

El contenedor utilizado para el envasado de las muestras recogidas tenía las características que se enumeran a continuación:

- No debe verse afectado por la muestra (es especialmente importante en el caso de muestras de sustancias químicas, productos derivados del petróleo, disolventes o productos alimenticios, que pueden ser ácidos, etc.).
- Debe garantizar el mantenimiento de la calidad (integridad) de las muestras.
- Debe estar diseñado y fabricado de tal forma que permita un cierre estanco o hermético.
- Debe tener la solidez suficiente para soportar el transporte y el almacenamiento.
- Debe estar diseñado para garantizar un etiquetado correcto y descartar la manipulación sin autorización.(Comisión Europea SAMANCTA, 2012)

2.3.1.3 Manguera de llenado

Cañería plástica flexible que tiene la finalidad de transportar el aceite desde el cárter del motor hacia el recipiente a través de la bomba de vacío. La extensión de la manguera se configuró para cada toma de muestra, debido a que la extensión de la cañería depende de la longitud de la varilla de aceite, se dejó 5 cm adicionales que sirvieron para la conexión con la bomba de succión.



Fig. 2.1 Extensión de la manguera de succión con respecto a la varilla de nivel de aceite motor. Fuente: Los Autores.

2.3.2 Toma de muestras en máquinas en operación

El momento ideal para la obtención de la muestra en un sistema es cuando éste se encuentra bajo carga de trabajo normal y condiciones normales de operación, principalmente con el motor a la temperatura de funcionamiento normal (80 – 90°C). La precisión en el análisis de una muestra y la veracidad del resultado dependen en gran parte de la calidad de obtención de la muestra, por tal motivo, es necesario realizar un proceso adecuado para la obtención de muestras de aceite.

2.3.3 Tomar la muestra antes de los filtros y después de los componentes de la máquina

La toma de muestra de aceite del motor se realizó a través del conducto de la varilla medidora de nivel, con la herramienta bomba de succión, de esta manera garantizamos que dicho aceite

sea extraído desde el cárter, antes de que atraviese el filtro de aceite (Los filtros están diseñados para capturar partículas de desgaste y contaminantes, por tanto, el obtener muestras después de esos sustractores de datos no añade valor). Cuando se tome una muestra antes y después de un filtro, este proceso servirá para efectuar un simple conteo de partículas que permitirá evaluar la operación del sistema y conocer el rendimiento al cual está operando el filtro en ese momento.

2.3.4 Realizar la toma de muestras con la frecuencia correcta

El análisis de aceite necesita de una frecuencia de muestreo apropiada; si ésta no es consistente, lo que se considera normal se vuelve muy subjetivo; uno de los aspectos más valiosos del análisis de aceite es identificar un cambio en la línea de base de una muestra y comprender la tasa a la que ocurrió el cambio; por ejemplo, una muestra de aceite nuevo debe tener cero partes por millón (ppm) de hierro cuando se analiza su línea de base. Conforme se continúa con la toma de muestras y análisis regular, se observa un aumento en el particulado de hierro. Un incremento de 10 o 12 ppm por muestra puede ser considerado crítico, sin embargo, si la frecuencia de la toma de muestras es de 12 meses, una elevación de 12 ppm no es una causa de preocupación. Por lo contrario, si la frecuencia es semanal, un incremento de 12 ppm es alarmante. (Noria Corporation, 2014)

2.3.5 Enviar la muestra al laboratorio de análisis inmediatamente después de la obtención

La muestra fue enviada al laboratorio para análisis en la brevedad posible, dentro de las 24 horas, teniendo en cuenta que durante el proceso de extracción y el almacenamiento del recipiente este no debe estar expuesto a luz directa. La salud de un sistema lubricado puede cambiar drásticamente en poco tiempo. Por lo cual, en caso de detectarse un problema en el sistema de lubricación, cuanto más rápido se identifique la causa, será menor el potencial catastrófico que pueda suceder. Atacar tempranamente un problema no sólo le permitirá contar con tiempo para planear una reparación, sino que la reparación será menos compleja.

2.4 Procedimiento para la obtención de muestras de aceite

A continuación se presentan los pasos considerados cuando procedimos a tomar una muestra de lubricante para su análisis:

-Preparamos una bolsa de cierre hermético (tipo zip-lock) de tamaño adecuado, que se ajuste al tamaño de la botella para muestreo (una por cada botella).



Fig. 2.2 Bolsa de cierre hermético

Fuente: Los Autores.

-Preparamos otra bolsa de cierre hermético de tamaño adecuado y colocamos en ella la bomba de vacío.



Fig. 2.3 Bomba de vacío

Fuente: Los Autores.

-Cortamos tramos de manguera para muestreo, de longitud apropiada, y colocamos en otra bolsa de cierre hermético de tamaño adecuado.



Fig. 2.4 Manguera de succión y varilla de nivel de aceite motor.

Fuente: Los Autores.

-Seleccionamos la botella de muestra correcta (limpia y libre de contaminantes)



Fig. 2.5 Recipiente plástico para muestra de aceite.

Fuente: Los Autores.

-Colocamos en la botella la etiqueta de identificación con el nombre y número de la máquina que va a muestrear.



Fig. 2.6 Recipiente para muestra de aceite y etiqueta de identificación.

Fuente: Los Autores.

-Introdujimos la botella en la bolsa y sellamos.

-Enroscamos una botella de purga en la bomba e inserte una manguera de muestreo de ¼", apretando la tuerca de sujeción.



Fig.2.7 Bomba de vacío para muestras de aceite.

Fuente: Los Autores.

-Sacamos de la bolsa un tramo de manguera, acople al adaptador y al puerto de muestreo e introducimos en la bomba de vacío.

-Desenroscamos la botella de purga de la bomba y tapamos.

-Desenroscamos la tapa de la botella de muestra sin abrir la bolsa sellada.

-Sin abrir la bolsa, colocamos la boca de la botella contra la pared de la bolsa de plástico y enroscamos la botella a la bomba.



Fig. 2.8 Bomba de vacío y recipiente dentro de funda hermética.

Fuente: Los Autores.

-Insertamos la manguera de muestreo en la botella perforando la bolsa y apretamos la tuerca de sujeción.

-Accionamos la bomba y se llenó la botella hasta el nivel deseado.

-Desenroscamos la botella de la bomba, manteniéndola en posición vertical para que no se derrame el aceite y sin sacarla de la bolsa de plástico, luego se coloca la tapa.

-Sacamos la manguera de muestreo de la bomba y desechamos.

-Colocamos la bomba de vacío nuevamente en la bolsa de plástico hermética.



Fig. 2.9 Bomba de vacío después de muestreo.

Fuente: Los Autores.

-Mantuvimos la muestra dentro de la bolsa hasta que se encuentre en un medio ambiente limpio. Sacamos la botella de la bolsa, limpiamos y etiquetamos la tapa de la botella de forma que coincida con la información escrita en la botella



Fig. 2.10 Muestra de aceite con datos.

Fuente: Los Autores.

-Enviamos la muestra al laboratorio antes de las 24 horas.

2.4.1 Definición de los datos de la etiqueta

La etiqueta adhesiva que colocamos en cada recipiente de muestreo tiene la importante misión de comunicar al laboratorio todos los datos necesarios para realizar el análisis y para la elaboración de la ficha de resultados, es por ello que la misma no debe presentar ningún tipo de error o alteración, debe rotularse con letra imprenta, clara y legible; para que de esta manera no se induzca errores a los laboratoristas. La etiqueta presentó los siguientes datos:

- Nombre del cliente.
- Procedencia del vehículo (Placa o Registro).
- Tipo de aceite utilizado (ej. SAE 20W50).
- A qué sistema del vehículo pertenece el aceite (Ej. Motor, Caja de Cambios, etc.).
- Kilometraje total recorrido del vehículo.
- Kilometraje de servicio del aceite.
- Si es o no cambio de aceite (Aceite nuevo o usado).



Fig. 2.11 Muestra de aceite con datos.

Fuente: Los Autores.

2.5 Análisis técnico del aceite

“En condiciones normales de operación, y mientras ciertos aditivos realicen su función, la base lubricante no se deteriora, aunque se llegue a contaminar con sustancias extrañas (agua, partículas metálicas, hollín, polvo). Pero en condiciones críticas de temperatura, carga y velocidad, y una vez que esos aditivos se agotan, la base lubricante empieza a degradarse, iniciándose el proceso que se conoce como oxidación, en el cual se forman lacas, barnices y gomas ácidas. Un adecuado control del aceite lubricante permitirá cambiarlo antes de que su deterioro químico y nivel de contaminación le hagan perder sus características benéficas”. (Mideros Romero & Martinez Lozano, 2013)

El análisis de aceite consiste en realizar pruebas de tipo físico-químico en el óleo con el fin de determinar si el lubricante se encuentra en condiciones óptimas para continuar en servicio, o en su defecto si debe ser reemplazado; la técnica utilizada se llama Espectroscopía infrarroja, es una de las más simples y que mayor información proporciona al administrador de mantenimiento, con respecto a las condiciones de operación del equipo, sus niveles de contaminación, degradación, desgaste y vida útil. Muchos departamentos de mantenimiento tienen actualmente programas de análisis de aceite; algunos utilizando el laboratorio de su proveedor de lubricantes o contratando los servicios de laboratorio privados. En muchos de los casos los resultados del análisis, se reciben en semanas o meses después de la toma de la muestra y la información se vuelve irrelevante, ya que para ese momento, las condiciones del equipo ya son diferentes, en muchos casos el aceite ya fue cambiado y en otros el equipo ya falló y fue reparado; es por ello, que para brindar un mantenimiento preventivo eficaz al equipo es necesario realizar el análisis de aceites y la recepción de resultados a la mayor brevedad posible, con el fin de trabajar con los datos reales del equipo en ese momento.

2.5.1 Objetivos del seguimiento analítico de los aceites

- 1.- Controlar el estado de funcionamiento del aceite.
- 2.- Comprobar que el equipo esté con el lubricante adecuado a la operación requerida.
- 3.- Controlar el estado del equipo.
- 4.- Reducir costos de operación y mantenimiento.
- 5.- Documentar los procesos de mantenimiento.

2.5.2 Técnicas y normativa para el análisis de aceite

El análisis de laboratorio de una muestra de aceite, implica distintas pruebas (viscosidad, dilución de combustible, TBN, crepitación, partículas contaminantes, etc.) que deben contar con instrumentos homologados y estandarizadas por la ASTM; a continuación se describen las pruebas que se realizan para la determinación de combustible en el lubricante.

2.5.2.1 Medición del punto de inflamación de aceites lubricantes

Los combustibles tienen compuestos aromáticos que son volátiles, entonces, al ir aumentando progresivamente la temperatura del recipiente que contiene la muestra de aceite que se está analizando se consigue expulsar la parte inflamable del lubricante, por consiguiente, al exponer una llama se puede observar un destello.

Para definir el punto de inflamación de un aceite según las normas ASTM D 92 (vaso abierto) y ASTM 93 (vaso cerrado) se utilizan los siguientes procedimientos:

-Punto de inflamación en vaso abierto

Este método emplea un recipiente metálico que es llenado de lubricante, el aceite se calienta de manera escalonada. Periódicamente se pasa una pequeña llama sobre su superficie. Este proceso continúa hasta que un destello, aparece sobre la muestra al pasar la llama de prueba, la temperatura del líquido en ese momento será el punto de inflamación en vaso (o copa) abierto. (Mideros Romero & Martinez Lozano, 2013)

-Punto de inflamación en vaso cerrado

En este ensayo, la muestra es confinada en un recipiente cerrado, en cuyo interior la llama de prueba es introducida según un cierto intervalo. El recipiente se calienta siguiendo un proceso fijado y adicionalmente se puede agitar la muestra para homogeneizarla durante el desarrollo del ensayo. (Mideros Romero & Martinez Lozano, 2013)

2.5.2.2 Espectrometría de Emisión (A.E.S.)

El análisis de elementos, conocido como espectroscopía de elementos, espectroscopía de emisión atómica (atomic emission spectrometry) o simplemente como análisis de metales de desgaste, consiste en medir la concentración de metales de desgaste del motor. Actualmente, se utiliza para determinar las concentraciones de 15 a 25 elementos diferentes que varían entre

metales de desgaste y contaminantes, así también, aditivos del lubricante. La tabla 2.3 proporciona una visión general de algunos elementos comunes que se miden y su origen habitual.

Los átomos individuales dentro de la muestra, como por ejemplo los átomos de hierro provenientes de las partículas de desgaste, los átomos de zinc procedentes de las moléculas de aditivo dialquil-ditiofosfato de zinc (ZDDP), o el sílice (tierra), son excitados utilizando una fuente de alta energía. Los átomos absorben energía de la fuente de excitación y son transformados en un estado electrónico de alta energía (plasma). Debido a las leyes de la física cuántica, a los átomos no les gusta estar en este estado de excitación y pierden rápidamente la energía que han ganado, principalmente emitiendo energía luminosa. La energía de la luz emitida, la cual es inversamente proporcional a la longitud de onda, depende de la estructura electrónica del átomo, y por lo tanto es diferente para cada tipo de átomo. De esta manera, midiendo la cantidad de luz emitida en la longitud de onda de emisión característica de los átomos tales como el hierro, cobre, zinc y sodio, puede determinarse la concentración de cada átomo. (Tormos Martínez, 2005)

Tabla 2.3 Fuentes más comunes de elementos en el aceite.

Elemento	Símbolo	Origen	Fuente más común
Hierro	Fe	Metal de desgaste	Varias partes de hierro y acero en la maquinaria
Plomo	Pb	Metal de desgaste	Cojinetes, babbitt, aleaciones de bronce
Estaño	Sn	Metal de desgaste	Aleaciones de bronce, cojinetes
Cromo	Cr	Metal de desgaste	Recubrimiento de anillos, recubrimiento de cromo, acero inoxidable
Níquel	Ni	Metal de desgaste	Aleaciones de acero inoxidable, recubrimientos
Titanio	Ti	Metal de desgaste	Rodamientos de turbinas, paletas de turbinas
Plata	Ag	Metal de desgaste	Pernos y bujes EMD, soldadura, rodamientos de agujas
Antimonio	Sb	Metal de desgaste	Cojinetes
Vanadio	V	Metal de desgaste, contaminante	Paletas de turbinas, válvulas, combustible bunker
Aluminio	Al	Metal de desgaste, contaminante	Rodamientos, tierra, mineral
Zinc	Zn	Metal de desgaste, aditivo	Aleaciones de latón, aditivo AW, galvanizado
Cobre	Cu	Metal de desgaste, aditivo	Enfriadores, aleaciones de bronce/latón, babbitt, bujes, anillos, aditivo
Silicio	Si	Contaminante, aditivo	Tierra, antiespumante, selladores de silicón, aditivo de refrigerante
Sodio	Na	Contaminante, aditivo	Aditivo de refrigerante, agua de mar, procesos químicos (cáustico), detergente
Potasio	K	Contaminante	Aditivo de refrigerante, cenizas
Litio	Li	Contaminante	Espesante de la grasa
Fósforo	P	Aditivo	Aditivo EP/AW
Molibdeno	Mo	Aditivo	Aditivo EP
Bario	Ba	Aditivo	Aditivo detergente
Calcio	Ca	Aditivo, contaminante	Aditivo detergente, polvo de cemento, mineral, agua dura
Magnesio	Mg	Aditivo, contaminante	Aditivo detergente, agua de mar
Boro	B	Aditivo, contaminante	Aditivo EP, detergente, aditivo inhibidor en refrigerantes

Fuente: (Kelly & Harris, 1998)

-Influencia del tamaño de la partícula

La principal limitante de AES es que, debido a que este método requiere la excitación de átomos individuales, la muestra debe ser completamente vaporizada para permitir que se midan todos los átomos presentes. Esto no representa un inconveniente para las partículas pequeñas y metales disueltos, la probabilidad de que una partícula pueda ser vaporizada y analizada utilizando AES se reduce considerablemente cuando esta es mayor a 5 micrones. De hecho, el espectrómetro AES es completamente ciego para observar las partículas que exceden los 10 micrones.

Dependiendo del mecanismo de desgaste y de la severidad del problema, el desgaste activo de la máquina puede generar partículas que son mayores a 10 micrones en tamaño, y por lo tanto serán invisibles al instrumento de AES. Por esta razón, es importante en cualquier programa de análisis de lubricante no apoyarse únicamente en los datos de AES para determinar el desgaste activo, sino que deben incluirse pruebas tales como el conteo de partículas, el análisis de densidad ferrosa y la microscopía de membrana para medir partículas más grandes.

-La muestra se calienta y se lleva hasta un estado de plasma

-Los elementos presentes emiten ciertas radiaciones en el espectro visible y ultravioleta

-La radiación emitida es separada en diferentes longitudes de onda por difracción

-La intensidad de la radiación es medida a diferentes longitudes de onda y esto permite calcular las concentraciones de los diferentes elementos presentes en la muestra

-Se pueden medir concentraciones desde 1 a 1000 ppm. Esta técnica se utiliza para determinar el nivel de aditivos (Ba, Ca, Mg, P,B), metales de desgaste (Fe, Cu, Pb, Ag, Al, Ni) y contaminantes (Si, Na, K, Ba) (Kelly & Harris, 1998)

2.5.2.3 Espectroscopía infrarroja

Esta espectroscopia se fundamenta en la absorción de la radiación por las moléculas en vibración. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria para que se dé una transición vibracional de la molécula. Es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja.

En principio, cada molécula presenta un espectro infrarrojo (IR) característico (semejante a una huella dactilar), debido a que todas las moléculas tienen algunas vibraciones que, al activarse, provocan la absorción de una determinada longitud de onda en la zona del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo. De esta forma, analizando cuales son las longitudes de onda que absorbe una sustancia en la zona del infrarrojo, podemos obtener información acerca de las moléculas que componen dicha sustancia.

La espectroscopia infrarroja tiene su aplicación inmediata en el análisis cualitativo, con la detección de las moléculas presentes en el material.

“En la zona del espectro electromagnético IR con longitudes de onda del infrarrojo medio (entre 4000 y 1300 cm^{-1}) se suelen observar una serie de bandas de absorción provocadas por las vibraciones entre únicamente dos átomos de la molécula. Estas vibraciones derivan de

grupos que contienen hidrógeno o de grupos con dobles o triples enlaces aislados. En la zona del espectro electromagnético IR con longitudes de onda comprendidas entre 1300 y 400 cm^{-1} (infrarrojo lejano), la asignación de las bandas de absorción a vibraciones moleculares es más difícil de realizar, debido a que cada una de ellas está generada por absorciones individuales sumadas (multiplicidad de las bandas). Es la denominada zona de la huella dactilar (flexión de enlaces CH, CO, CN, CC, etc.). En esta zona de longitudes de onda, pequeñas diferencias en la estructura y constitución de las moléculas dan lugar a variaciones importantes en los máximos de absorción". (Nakamoto, 2009)

El ancho de onda del espectro infrarrojo se divide en tres zonas denominadas infrarrojo cercano (near infrared region - NIR), infrarrojo medio (middle infrared región - MIR) e infrarrojo lejano (far infrared region - FIR). La mayoría de los análisis de la espectroscopia infrarroja se basan en el infrarrojo medio (4000 - 600 cm^{-1}) y el infrarrojo cercano (12000 a 4000 cm^{-1}), que posibilita convertir este análisis cualitativo en uno cuantitativo. La técnica de transformada de Fourier (FT-IR), la cual mediante una operación matemática, convierte un espectro en dominio del tiempo a un espectro en dominio de frecuencia, permite la obtención de espectros de forma rápida, precisa y con relaciones Señal/Ruido (S/N) elevadas.(Universidad de Alicante, 2013)

Espectro infrarrojo

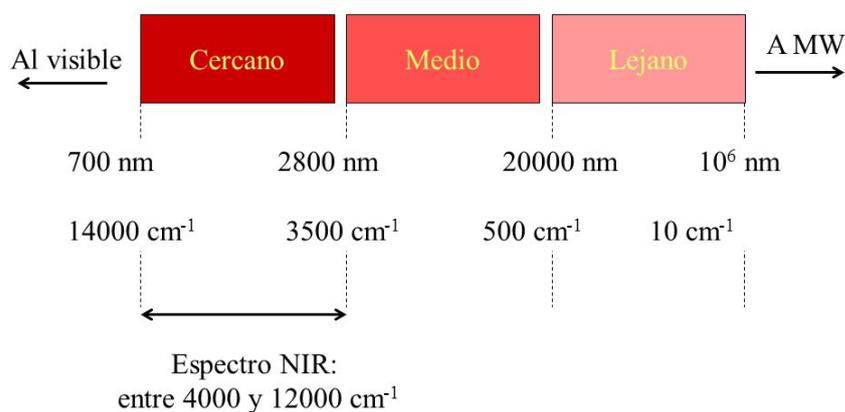


Fig. 2.12 Regiones del espectro infrarrojo.

Fuente: (Departamento de Química Analítica Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas Universidad., 2009)

La obtención de espectros IR se puede llevar a cabo a través de las siguientes técnicas:

-Transmisión: En este método de medida la radiación IR atraviesa la muestra registrándose la cantidad de energía absorbida por la muestra. A partir de la comparación de la radiación registrada tras atravesar la muestra, con un experimento de referencia se obtiene el espectro IR. Esta técnica permite analizar con los accesorios adecuados, muestras gaseosas, líquidas y sólidas. En caso de muestras sólidas, éstas se muelen junto con bromuro de potasio (KBr) en polvo (ópticamente transparente) y se prensa para obtener una pastilla delgada que se expone a la radiación infrarroja. (Universidad de Alicante, 2013)

-Reflexión: La radiación infrarroja es reflejada sobre la muestra. Analizando la radiación reflejada y comparándola con la radiación incidente se obtiene información molecular de la muestra. Para utilizar esta técnica de medida la muestra debe ser reflectante o estar colocada sobre una superficie reflectante. (Universidad de Alicante, 2013)

-Modo ATR (Attenuated Total Reflection): Es un modo de muestreo en el que el haz IR se proyecta en un cristal de alto índice de refracción. El haz se refleja en la cara interna del cristal y crea una onda evanescente que penetra en la muestra. Ésta debe estar en íntimo contacto con el cristal. Parte de la energía de la onda evanescente es absorbida y la radiación reflejada (con la información química de la muestra) es conducida al detector. Se trata de un método muy versátil que permite la medida de muestras líquidas y sólidas sin prácticamente preparación de las mismas. (Universidad de Alicante, 2013)

2.5.2.4 Análisis infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR)

El espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) está diseñado para el análisis molecular y determina la degradación y contaminación del aceite. Este equipo permite identificar los grupos funcionales presentes en el aceite y detecta la presencia de hollín, oxidación, nitración, agua, combustibles y glicoles. (gulf colombia, 2009)

El uso de esta técnica que determina las longitudes de onda a la que absorben radiación infrarroja, los diferentes compuestos que se encuentran en el aceite para formar un interferograma el mismo que se somete entonces a un proceso matemático denominado la transformada de Fourier para obtener un número de onda-amplitud (o longitud de onda en cm^{-1}) del espectro.

El Espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR), es un instrumento configurado con una fuente, divisor de haz y un detector para cubrir adecuadamente el rango infrarrojo medio de 4000 cm^{-1} a 550 cm^{-1} . (ASTM International, 1996)

Un haz de luz infrarroja atraviesa una muestra de aceite usado, depositado en una celda de cristal. El espectro infrarrojo generado por la muestra se reproduce en un gráfico.

Cada tipo de aceite tiene un espectro característico (como una huella digital) que permite comparar el aceite nuevo con el usado. Las diferencias entre los espectros muestran algunos cambios de los componentes del lubricante en servicio. (ASTM International, 1996)

-Para el desarrollo de la prueba se requiere también:

Celdas de muestreo infrarrojo de líquido de transmisión. La ventana para el muestreo de celdas, generalmente es construida de seleniuro de zinc (ZnSe), fluoruro de bario (BaF₂), bromuro de potasio (KBr), con un espesor de capa de 0,1 mm (100µm).

Debido al gran cambio del índice de refracción cuando el haz infrarrojo pasa del aire a las ventanas de ZnSe, una franja de reducción es necesaria para proporcionar resultados consistentes.(ASTM International, 1996)

2.5.2.5 Procedimientos y determinación de la dilución por combustible

-Introducción de la muestra: Una muestra representativa se debe introducir manualmente o por un sistema de bombeo automático dentro de la celda de transmisión por infrarrojos.

-Comprobación de la integridad de la muestra: Para garantizar la precisión y la consistencia de los resultados, el espectro infrarrojo de la muestra debe ser comprobado, de manera que la celda esté completamente llena y que el aire o burbujas que pasan a través de la misma durante la recolección de datos no vayan a influir sobre los resultados.

-Procesamiento de datos: Todos los espectros se procesarán en unidades de la absorbancia como una función del número de onda.

-Análisis espectral de datos de la muestra: Para los reportes se deben realizar mediciones de las regiones espectrales que contienen información relevante para el monitoreo. Los parámetros de una muestra de aceite nuevo se utilizan como punto de partida para la evaluación de la degradación y contaminación de un lubricante.

-Contaminación por combustible: Para determinar la posible contaminación por combustible del lubricante, en el cárter de los motores se recomienda analizar las zonas comprendidas entre 805 a 815 cm⁻¹ para el caso del diésel y de 745 a 756 cm⁻¹ para los motores que utilizan gasolina. Algunas características espectrales de los aceites diluidos con combustibles diésel se aprecian en la figura 2.14, a su vez en la tabla 2.4 se presentan otros parámetros de monitoreo propios de las características relevantes a la hora de analizar aceites usados.(ASTM International, 1996)

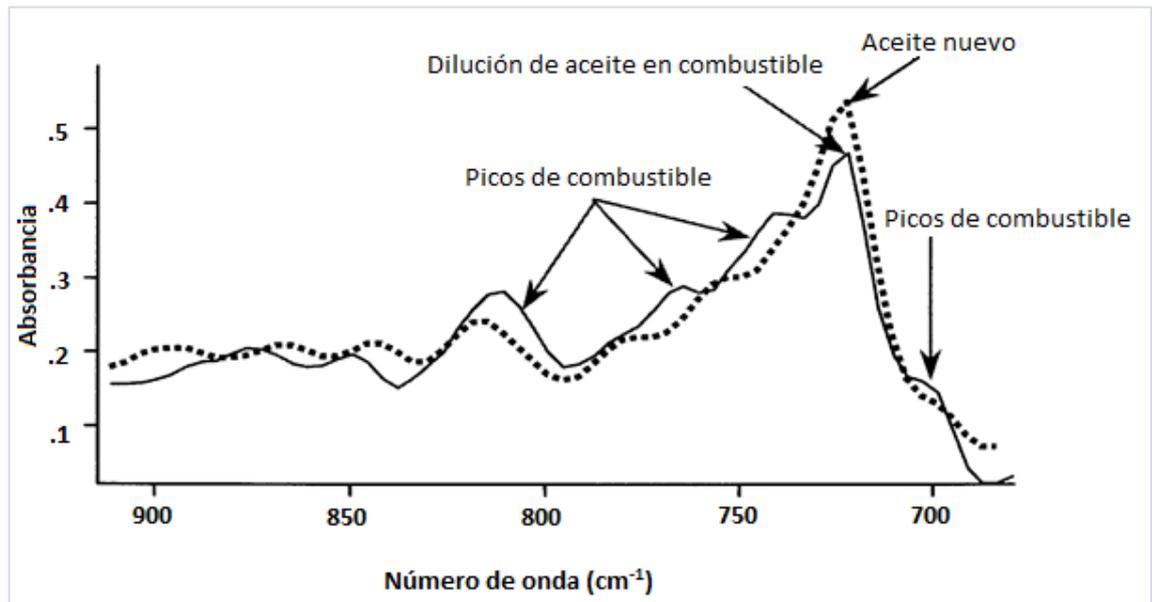


Fig. 2.13.- Medición del combustible en aceites

Fuente: (ASTM International, 1996).

Estas pruebas independientes para determinar el cambio de viscosidad, el punto de inflamación, o la cromatografía de gas pueden indicar la presencia de combustible en el espectro de FT-IR (Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier) del aceite.

Tabla 2.4.- Parámetros de monitoreo de condición.

Tendencia Directa			
Componente	Área medida (cm ⁻¹)	Puntos Línea Base (cm ⁻¹)	Reporte
Agua	Área 3500 a 3150	Mínima 4000 a 3680 y 2200 a 1900	Reporte valores como se midió
Carga de hollín	Intensidad de absorbancia a 2000	Ninguno	Valor X 100
Oxidación	Área 1800 a 1670	Mínima 2200 a 1900 y 650 a 550	Reporte valores como se midió
Nitración	Área desde 1650 a 1600	Mínima 2200 a 1900 y 650 a 550	Reporte valores como se midió
Componentes Anti desgaste (Aditivo fosfato, típicamente ZDDP)	Área 1025 a 960	Mínima 2200 a 1900 y 650 a 550	Reporte valores como se midió
Gasolina	Área 755 a 745	Mínima 780 a 760 y 750 a 730	Reporte valores como se midió
Diésel (JP-5, JP-8)	Área 815 a 805	Mínima 835 a 825 y 805 a 795	(valor + 2) X 100
Sulfatos por productos	Área 1180 a 1120	Mínima 2200 a 1900 y 650 a 550	Reporte valores como se midió
Refrigerante Etilenglicol	Área 1100 a 1030	Mínima 1130 a 1100 y 1030 a 1010	Reporte valores como se midió
<p>^A Informes valores de absorbancia / 0.1 mm.</p> <p>^B Se ha encontrado que características espectrales de diésel y otros combustibles indicados pueden variar. Si está trabajando actualmente en otras áreas de medición IR y técnicas, las medidas de la lista se pueden utilizar como una guía, pero no se pretende que sea la única medición de contaminación del combustible, a base de infrarrojos. Se recomienda la comprobación de los indicadores de las bandas de absorbancia para verificar la presencia de las fuentes de combustible sospechosas.</p>			

Fuente: (ASTM International, 1996)

En la figura 2.14 se aprecia un pico en el rango indicado anteriormente, este provoca el incremento del área bajo la curva, este aumento inusual se reporta en porcentaje del peso de combustible diésel degradado.

-Residuos de Combustible: Es compleja la determinación de combustible presente en un aceite base, debido a la diferencia de la densidad molecular y de la presencia de compuestos aromáticos. Habitualmente el tiempo de ebullición de un lubricante es mayor con respecto a la de un combustible (Diesel-gasolina). Las pruebas para establecer la existencia de

combustibles en el óleo van desde el punto de inflamación, cromatografía de gases o espectrometría infrarroja; la característica espectral causada por bandas de aromáticos en el rango de 817 a 804 cm^{-1} se utiliza para este propósito.

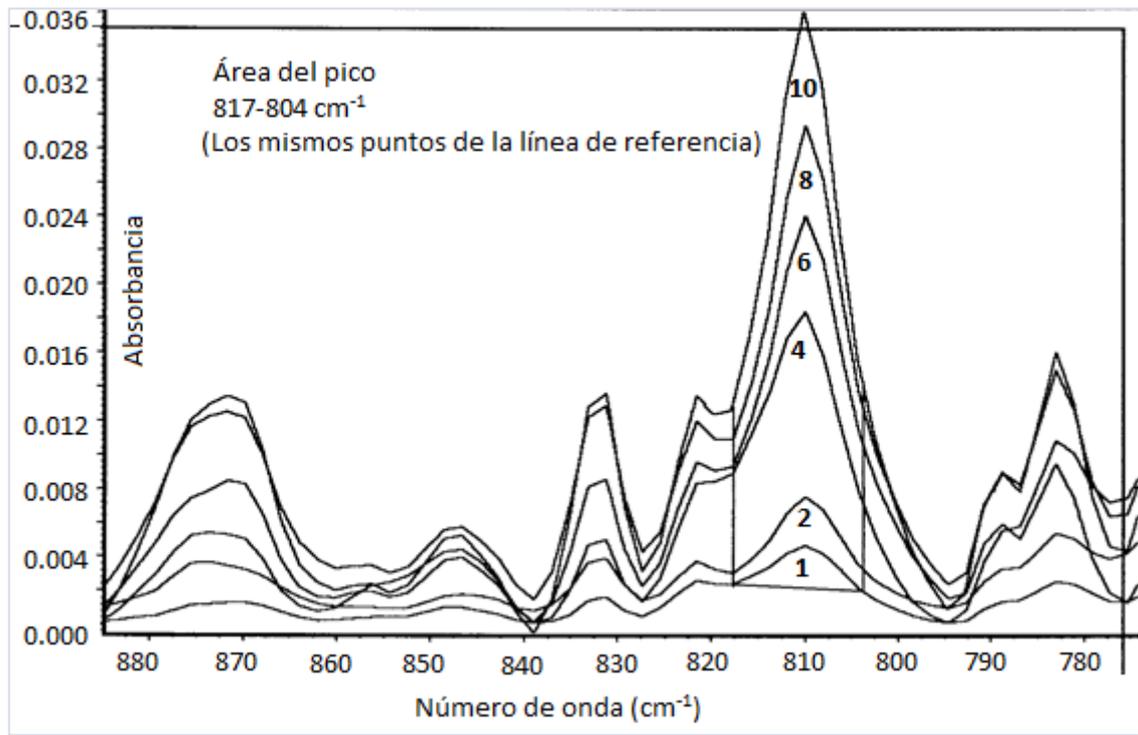


Fig. 2.14.- Región de análisis de combustible Diésel para lubricantes a base de petróleo.

Fuente: (ASTM International, 1996)

La detección de la contaminación por gasolina no es compleja en relación al combustible Diésel, debido al contenido aromático relativo más alta de la gasolina. La cuantificación de la gasolina se calibra usando un área de pico en el rango de 734 a 721 cm^{-1} .(ASTM International, 1996)

CAPÍTULO III

DEGRADACIÓN DEL ACEITE EN FUNCIÓN DEL KILOMETRAJE RECORRIDO

Para que un lubricante sea considerado idóneo, es necesario que esté libre de contaminantes (combustible, refrigerante, hollín), partículas de desgaste (Fe, Al, Sn, Cr, Cu, etc.), además de que sus valores de viscosidad y aditivos (TBN) permanezcan en el rango tolerable, caso contrario, se producirá una degradación del mismo. Por este motivo el lubricante debe ser reemplazado cuando supera los límites permitidos. Uno de los propósitos del mantenimiento proactivo de vehículos es reducir la fricción que genera el desgaste de los componentes mecánicos, de esta manera, minimizar las fallas de operación así como los costos que representan.

3.1 Definición de límites condenatorios

Los límites condenatorios son parámetros numéricos de referencia establecidos por los fabricantes que sirven para realizar la comparación entre los resultados obtenidos de un análisis de aceite y los datos establecidos por los productores de vehículos, si se sobrepasa los mismos, es indicativo de una situación crítica que requiere una renovación inmediata del fluido lubricante.

3.2 Límites condenatorios.

Cuando se analiza el aceite usado, la información que se obtiene está relacionada con el nivel de contaminación con partículas sólidas y líquidas, la relación de la viscosidad con la temperatura, el contenido de aditivos, el nivel de deterioro del aceite usado, el nivel de desgaste mecánico de las superficies metálicas que se lubrican y las materias orgánicas.

El análisis del aceite tiene como objetivo: establecer la condición del aceite, predecir fallas, evitar daños permanentes, disminuir paradas innecesarias, alargar la vida útil del equipo, aumentar la disponibilidad del equipo, incrementar la eficiencia del equipo, reducir costos por mantenimiento, mano de obra y repuestos, establecer la frecuencia del cambio de lubricante y asegurar el lubricante adecuado.

Los análisis de laboratorio son empleados para comprobar el estado (salud) del lubricante del vehículo a estudiar, mediante la extracción de muestras de aceite del motor, de esta manera,

efectuar comparaciones y plantear el mantenimiento que se debe realizar al motor, para los recorridos de uso que se establecen en la investigación a partir del cambio de aceite a 3000, 4000, 5000 hasta 6000 km de recorrido.

El contenido de partículas metálicas (ppm) depende del: tipo de motor y volumen total de aceite y filtro, volumen de aceite en el momento de la toma de muestra (cárter), consumo de aceite, condiciones de funcionamiento (estilo de conducción, prolongadas jornadas de operación, arranques y paradas constantes), consumo de combustible, tiempo/kilometraje desde el último cambio de aceite, kilometraje total (odómetro) del vehículo.

Se expone a continuación una tabla de límites condenatorios, en donde se establecen los parámetros de análisis de degradación del aceite así como sus respectivas tolerancias; ésta información se sustenta en la investigación de Gomez Estrada D. Yesid Antonio y complementada por la empresa Chevron-Texaco.

Tabla 3.1.- Límites de las principales propiedades indicadoras de desgaste y degradación en los aceites de MCIA.

Ensayo	Chevron-Texaco	Valores típicos fabricantes
Viscosidad a 100° C	.+/- 20 % Aceite nuevo	.+/- 20 % Aceite nuevo
Disminución del TBN	50 % del aceite nuevo	50 % del aceite nuevo y > 2
Dilución por combustible [%]	Máximo 5%	-
Agua [%]	Ningún	> 1000 ppm
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595. [ppm]		
CROMO, Cr	Máximo 15	Máximo 5
NIQUEL, Ni	Máximo 10	Máximo 3
COBRE, Cu	Máximo 30	Máximo 15
Estaño, Sn	Máximo 20	Máximo 5
Aluminio, Al	Máximo 20	Máximo 10
Plomo, Pb	Máximo 30	Máximo 20
Hierro, Fe	Máximo 75	Máximo 20
Silicio, Si	Máximo 25	Máximo 7

Fuente: Chevron-Texaco y (Gómez Estrada, 2013)

3.3 Definiciones y operaciones de cálculo para medidas de tendencia central y variabilidad.

3.3.1 Media (\bar{x})

La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido para el número total de observaciones; es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. Su principal desventaja radica en su sensibilidad al cambio de uno de sus valores o a los valores extremos demasiado grandes o pequeños. (Martínez, 2015)

$$\text{Media Aritmética} = \frac{\text{Suma de todos los valores observados}}{\text{Número total de observaciones}} \quad (3.1)$$

Cuando los valores representan una población la ecuación se define como:

(3.2)

$$m = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_i}{N}$$

Donde (m) representa la media aritmética, (N) representa el tamaño de la población y (Xi) representa cada uno de los valores de la población.

Este tipo de medidas nos permiten identificar y ubicar el punto (valor) alrededor del cual se tienden a reunir los datos (Punto central). Estas medidas aplicadas a las características de las unidades de una muestra se les denomina estimadores o estadígrafos; mientras que aplicadas a poblaciones se les denomina parámetros o valores estadísticos de la población. (Martínez, 2015)

3.3.2 Rango (R)

En estadística, el rango representa la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de un conjunto de datos. El rango nos muestra la distribución de los valores en una serie. Si el rango es un número muy alto, entonces los valores de la serie están bastante distribuidos. En cambio, si se trata de un número pequeño, quiere decir que los valores de la serie están muy cerca entre sí.

La fórmula es:

$$R = V_i - V_o \quad (3.3)$$

En donde, (R) representa el rango, (Vi) refiere al valor máximo del conjunto de datos y (Vo) representa el valor mínimo del conjunto.(Franco, 2014)

3.3.3 Varianza de una Población (σ)

La varianza de una población hace referencia a la capacidad de variación (variabilidad) de un conjunto de datos y consiste en una medida vinculada a la dispersión de dichos valores; representada por el cuadrado de la desviación de esa variable considerada frente a su media aritmética y se mide en una unidad diferente. Por ejemplo: en los casos en que la variable mide una distancia en kilómetros, su varianza se expresa en kilómetros al cuadrado.(Pérez & Gardey, 2010)

Fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3.4)$$

X_i = Dato i que está entre (0, n)

\bar{x} = Promedio de los datos

n = Número de datos

3.3.4 Varianza de una muestra (s^2)

La varianza de una muestra hace referencia a la variabilidad de un dato o valor con referencia a la media poblacional, su valor se calcula elevando al cuadrado la suma de los resultados de las diferencias entre cada dato (x_i) y la media (\bar{x}) para cada muestra. A diferencia de la varianza poblacional, la sumatoria de las diferencias se divide para el número de mediciones (n) menos uno, de tal manera que el resultado sea más representativo.

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3.5)$$

Las medidas de dispersión (también identificadas con el nombre de medidas de variabilidad) se encargan de expresar la variabilidad de una distribución por medio de un número, en los casos en que las diferentes puntuaciones de la variable están muy alejadas de la media. A mayor valor de la medida de dispersión, mayor variabilidad. En cambio, a menor valor, más homogeneidad.(Madrid, 2010)

3.3.5 Desviación Típica o Estándar (S)

La desviación estándar (o desviación típica) es una medida de dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo; de gran utilidad en la estadística descriptiva. Es una medida (cuadrática) de lo que se apartan los datos de su media, y por tanto, se mide en las mismas unidades que la variable. En un conjunto de datos, es una medida de dispersión, que nos indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio (media), por lo tanto es útil para buscar probabilidades de que un evento ocurra.

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que se necesita conocer también la desviación que representan los datos en su distribución, con objeto de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad a la hora de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

Esta medida permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto su ecuación sería:(Pértega Díaz & Pita Fernández, 2001)

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3.6)$$

$$\sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.7)$$

Donde

X_i = Dato i que está entre $(0, n)$

\bar{x} = Promedio de los datos

n = Número de datos

3.4 Prueba “t” de Student

La distribución t de Student se utiliza cuando nos encontramos con el inconveniente de no conocer la desviación estándar poblacional y la muestra es menor de 30 datos. Es similar a la distribución normal, pero la distribución “t” tiene mayor área a los extremos y menos en el centro. (Matepedia, 2010)

Sus funciones se basan en establecer un intervalo de confianza, y los grados de libertad, obteniendo valores de una tabla establecida con respecto a estas variables y aplicarla en la fórmula 3.8. Es de gran utilidad debido a que reduce tiempos de análisis, costo y esfuerzos, se utiliza para probar hipótesis y también para saber si dos muestras provienen de la misma población.

En probabilidad y estadística, la distribución “t” de Student surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño (menos de 30 datos). A la teoría de pequeñas muestras también se le denomina también como teoría exacta del muestreo. (Matepedia, 2010)

La intención de esta prueba es la de realizar una comparación entre dos criterios opuestos que buscan demostrar su validez con el suficiente sustento estadístico; para realizar este cometido, es necesario conocer el valor promedio poblacional de la propiedad que se pretende estudiar (Viscosidad, TBN, dilución de combustible), para, de esta manera, determinar si está dentro de un intervalo o un valor especificado (límite condenatorio), de este modo, mediante una prueba de hipótesis se puede concluir si un lubricante es idóneo para continuar en servicio o por lo contrario es necesario su reemplazo.

3.5 Prueba de hipótesis en muestras pequeñas utilizando la “t” de Student.

El procedimiento obedece a 5 pasos esenciales:

1. Plantear hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1). La hipótesis alternativa plantea matemáticamente lo que queremos demostrar, la hipótesis nula plantea exactamente lo contrario.

2. Determinar Nivel de Significancia. (Rango de aceptación de hipótesis alternativa). Se considera: 0.05 para proyectos de investigación, 0.01 para aseguramiento de calidad y 0.10 para encuestas de mercadotecnia y políticas (Matepedia, 2010)
3. La prueba de hipótesis se puede realizar usando la distribución t de Student, cuando existe la posibilidad de calcular la media y la desviación estándar de una población. Donde (\bar{x}) es la media muestral, (S) es la desviación estándar muestral y (n) es el tamaño de la muestra. Los grados de libertad utilizados en la prueba corresponden al valor $n - 1$.
4. Mediante el uso de software de análisis estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), se obtiene el resultado de prueba “t” de Student, mediante la aplicación de la ecuación 3.8, igualmente, la probabilidad de error (p) que oscila entre 0 y 1, el cual sirve para determinar si los resultados son estadísticamente significativos.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} \quad (3.8)$$

En donde:

\bar{x} = Media

μ_0 = Valor a analizar

S_x = Desviación estándar

n = Tamaño de muestra

5. Toma de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (H_i):

Para rechazar o aceptar la hipótesis alternativa (H_i), tomamos en cuenta el planteamiento de las hipótesis, y realizamos una comparación entre el t calculado y el t tabulado. La aceptación de la hipótesis alternativa (H_i) se da cuando la probabilidad de error (p) es menor que el nivel de significancia, caso contrario, si la probabilidad de error es mayor al nivel de significancia automáticamente se rechaza la hipótesis alternativa. (Abanto, Carrasco, & Cordova, 2013).

3.6 Análisis de la dilución de combustible en el aceite de motor

En el estudio previo realizado por el Ing. Fernando Guerrero con tema “Determinación de la degradación y contaminación del aceite de motores Otto en función del kilometraje recorrido”

se establece un incremento excesivo de partículas de combustible presentes en el aceite de motor de vehículos tipo taxi, por tal motivo, la presente investigación busca realizar el análisis técnico con el soporte de laboratorio especializado en la degradación del aceite que se atribuye a la dilución por combustible, con el objetivo de determinar los componentes del motor (inyectores, cables de encendido, bujías, etc.) que causan este inconveniente. En la tabla 3.2 y la figura 3.1 se aprecian los diversos valores porcentuales en los que se encuentra la contaminación del lubricante debido a dilución con respecto al límite condensorio (5% máximo), de igual manera se observó que el 66,67 % de análisis realizados a las muestras de aceite SAE 20W50 empleadas en los autos de esta investigación ya superan el valor correspondiente al límite condensorio a partir de los 3000 km de recorrido.

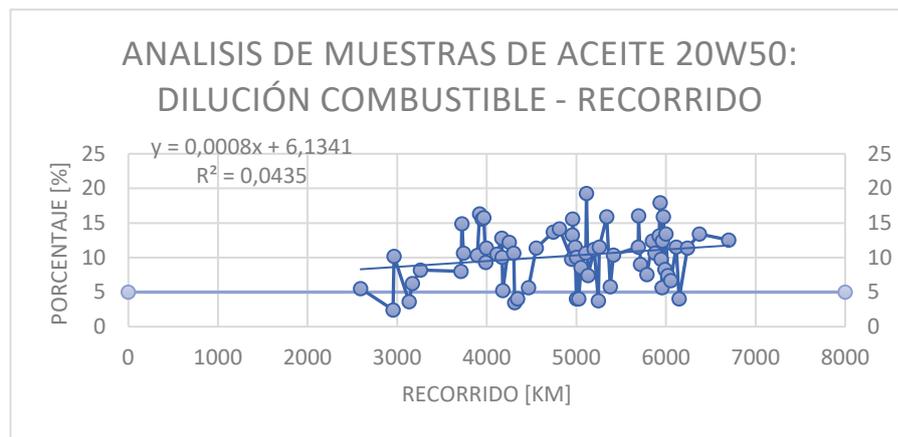


Fig. 3.1.- Comportamiento de la dilución por combustible con aceite SAE 20W50 en función del recorrido de los vehículos.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

Tabla 3.2.- Evaluación descriptiva de la dilución de combustible en las muestras de aceite SAE 20W50 en función a los kilometrajes de referencia.

RECORRIDO DE REFERENCIA	CALIFICACION DEL ACEITE SEGUN: DILUCION		ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS MUESTRA	
	APTO	NO APTO	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
[km]	[%]	[%]		
3000	33,33	66,67	6,03	2,87
4000	10,53	89,47	10,43	3,85
5000	15	85	10,60	4,17
6000	5	95	10,95	3,65

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

En los análisis de las muestras de aceite SAE 10W30 se evidencia de acuerdo a la figura 3.2 que en recorridos a superiores a 4000 km todas las muestras superan el límite condenatorio, en la tabla 3.3 se presentan los resultados descriptivos de estos análisis.

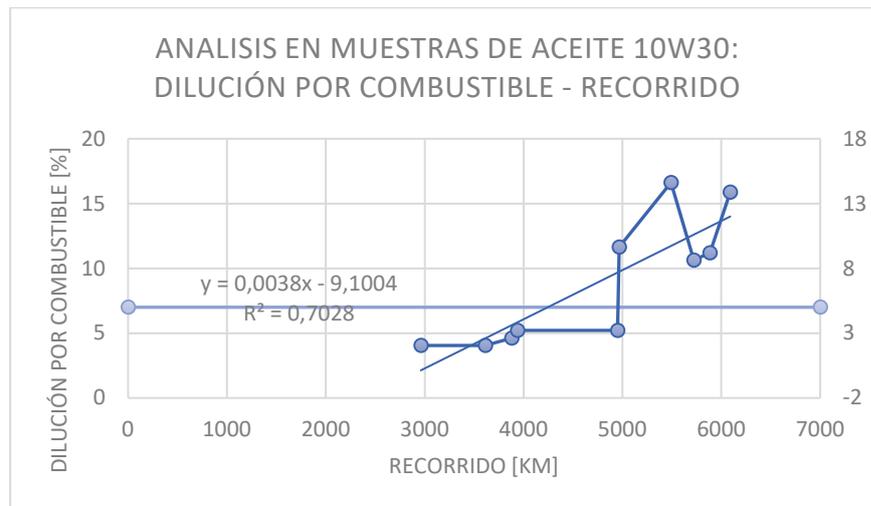


Fig. 3.2.- Comportamiento de la dilución por combustible con aceite SAE 10W30 en función del recorrido de los vehículos.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

Tabla 3.3.- Evaluación descriptiva de la dilución de combustible en las muestras de aceite SAE 10W30 en función a los kilometrajes de referencia.

RECORRIDO DE REFERENCIA	CALIFICACION DEL ACEITE SEGUN: DILUCION		ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS MUESTRA	
	APTO	NO APTO	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
[km]	[%]	[%]		
3000	100	0	4,05	0
4000	50	50	4,93	0,42
5000	0	100	11,16	5,72
6000	0	100	12,58	2,88

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

Seguidamente se muestran los promedios para cada recorrido de referencia con el propósito de presentar gráficamente la tendencia que presentan los resultados de los análisis de aceite de las muestras obtenidas para SAE 20W50 y SAE10W30 en las figuras 3.3 y 3.4 respectivamente, se observa que los niveles de contaminación de combustible en el lubricante son considerablemente elevados, puesto que, un porcentaje mayor al límite permitido puede ocasionar la degradación del aceite prematuramente y de esta manera disminuir la viscosidad y el grupo aditivo (TBN) que controla los ácidos generados por la combustión, por tal razón, debe ser tomado en cuenta para efectuar la renovación del aceite de motor.

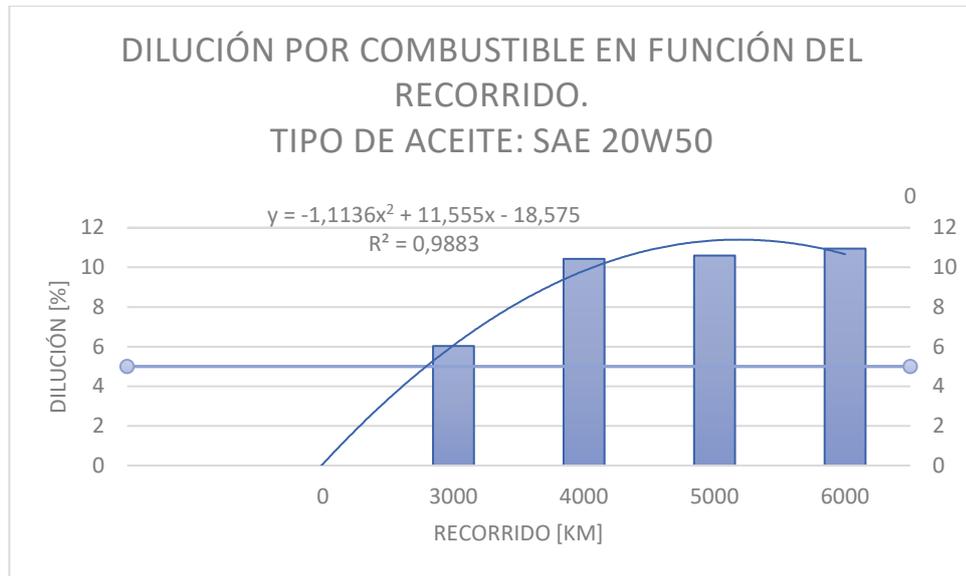


Fig. 3.3.- Promedios de la dilución por combustible en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 20W50.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

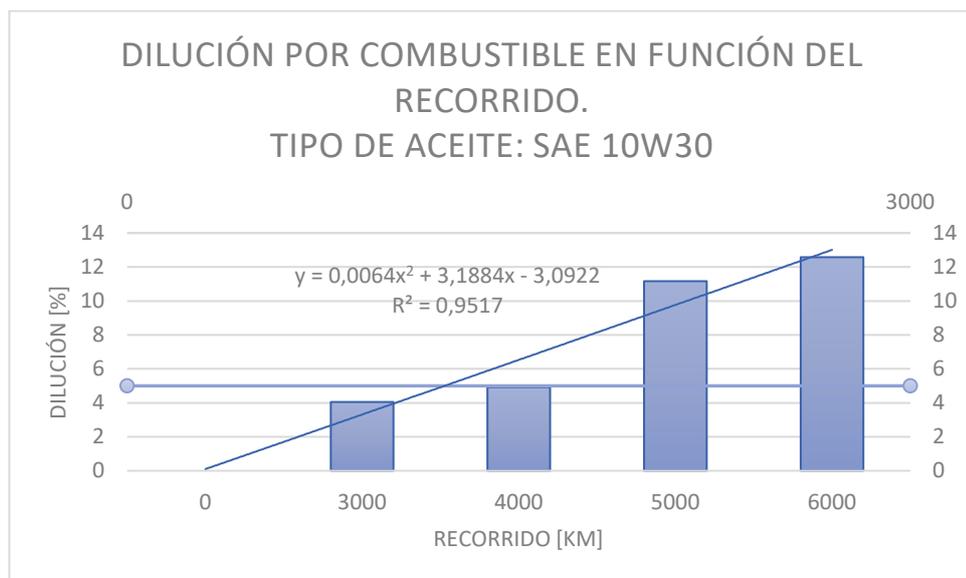


Fig. 3.4.- Promedios de la dilución por combustible en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 10W30.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

Para respaldar la información obtenida en el proceso de muestreo, se procede a la elaboración de la prueba de hipótesis, la misma que está fundamentada en la distribución t de Student con un intervalo de confianza del 95% para efectos investigativos, se va a realizar el análisis estadístico con el software SPSS para todas las muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, puesto que, los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio indican una clara tendencia que sobrepasa el límite condenatorio permitido para este parámetro.

3.6.1 Análisis de la dilución de combustible en las muestras tomadas en recorridos inferiores a 5000 km. Aceite SAE 20W50

1.- Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis alternativa (Hi): Dilución $\leq 5\%$.

Hipótesis nula (Ho): Dilución $> 5\%$.

2.- Establecimiento del nivel de significancia (α): 0,05.

3.- Cálculo de la estadística descriptiva de la muestra:

Tabla 3.4.- Resultados estadísticos de las muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en los que se usaron aceite SAE 20W50.

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
DILUCION	31	10,0735	4,00201	,71878

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

4.- Calcular el valor estadístico de la prueba t y la probabilidad de error (p), empleando el software de análisis estadístico SPSS:

Tabla 3.5.- Resultados de la prueba t de Student para muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en las que se emplearon aceite SAE 20W50.

	Valor de prueba = 5 %					
	t	Df	Sig. (p)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
DILUCION	7,059	30	,000	5,07355	3,6056	6,5415

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

5.- Determinar el valor t tabulado obtenido de la tabla de distribución “t” en el anexo 5, para grados de libertad $df = 30$.

$$t_{0,95;30} = 1,6973$$

6.- Toma de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (H_i):

t calculado = 7,059 es mayor que t tabulado = 1,6973; a pesar que $p < \alpha$.

En consecuencia a este resultado se rechaza la hipótesis alternativa (H_i), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0), y se puede afirmar, que los vehículos que emplearon aceite de clasificación SAE 20W50 con características semejantes a las consideradas en esta investigación y con recorridos inferiores a 5000 km desde el cambio de aceite del motor, se puede aseverar con el 95 % de certeza, que la dilución de combustible tiene valores críticos, por tal razón, se recomienda reemplazar el aceite del motor. El combustible presente en el aceite constituye un agente contaminante que afecta directamente a las propiedades que presenta el lubricante, por tal motivo, es de vital importancia realizar un análisis de los sistemas y elementos que conforman el motor, con el objetivo de corregir las averías que pueden causar el excesivo nivel de combustible presente en el lubricante, con el objetivo de reducir la degradación de las propiedades prolongando el tiempo de funcionamiento del aceite de motor.

3.6.2 Análisis de la dilución de combustible en las muestras tomadas en recorridos inferiores a 5000 km. SAE 10W30

1.- Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis alternativa (H_i): Dilución $\leq 5\%$.

Hipótesis nula (H_o): Dilución $> 5\%$.

2.- Establecimiento del nivel de significancia (α): 0,05.

3.- Cálculo de la estadística descriptiva de la muestra:

Tabla 3.6.- Resultados estadísticos de las muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en los que se usaron aceite SAE 10W30.

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
DILUCION	6	5,8033	2,9116	1,1886

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

4.- Determinar el estadístico de prueba t (t calculado) y la probabilidad de error (p), empleando el software SPSS:

Tabla 3.7.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras obtenidas en recorridos inferiores a 5000 km, en los que se usaron aceite SAE 10W30.

	Valor de prueba = 5 %					
	T	Df	Sig. (p)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
DILUCION	0,676	5	,529	,80333	-2,2523	3,8589

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

5.- Determinar el valor t tabulado obtenido de la tabla de distribución “t” en el anexo 5, para grados de libertad $df = 30$.

$$t_{0,95;5} = 2,0150$$

6.- Toma de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (H_1):

t calculado = 0,676 es menor que t tabulado = 2,0150; además que $p > \alpha$.

Seguidamente a este resultado se rechaza la hipótesis alternativa (H_1), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0), se confirma con el 95 % de certeza, que los vehículos que emplearon aceite de clasificación SAE 10W30 con características semejantes a las consideradas en esta investigación y con recorridos inferiores a 5000 km desde el cambio de aceite del motor, que la dilución de combustible tiene valores críticos, por tal motivo, se recomienda reemplazar el aceite del motor.

Como se muestra en los gráficos 3.3 y 3.4, respectivamente, es evidente que en recorridos superiores a los 5000 km el porcentaje de dilución de combustible supera ampliamente el límite condenatorio para este parámetro, por lo tanto, no es necesario realizar pruebas de hipótesis en recorridos mayores a 5000 km.

3.7 Análisis de la degradación de la viscosidad

El presente estudio no tiene como objetivo el análisis detallado de la degradación de esta propiedad del aceite, sin embargo, debido a la contaminación por combustible que se encontró en los vehículos estudiados se realizará una breve explicación de los parámetros que debe mantener el aceite del motor para cumplir su función lubricante ya que la dilución de

combustible provoca la disminución de la viscosidad y de esta manera la película lubricante que reduce la fricción y el desgaste de los elementos mecánicos que conforman el motor. Según la información suministrada por la empresa responsable de la fabricación del lubricante que se utilizó para la investigación ilustrada en el anexo 2, los valores teóricos de viscosidad en un aceite nuevo SAE 20W50 es 17,3 cSt a 100 °C y para un aceite SAE 10W30 es 10,3 cSt a 100 °C; los límites condenatorios para cada tipo de aceite están definidos en un incremento o disminución de la viscosidad de +/- 20% de los valores con los que fue diseñado el lubricante (el valor tolerable estará en el intervalo de 13,84 a 20,76 cSt a 100 °C para SAE20W50 y de 8,4 a 12,36 cSt a 100 °C para SAE10W30), por consiguiente, se visualiza en la figura 3.5 y 3.6 correspondiente a los valores promedio de viscosidad para cada recorrido de referencia (3000,4000,5000,6000 km) que los valores de viscosidad no superan los límites condenatorios establecidos por el fabricante para SAE20W50 y SAE10W30 respectivamente, a los cuales se añade una línea de tendencia que predice cual va a ser el comportamiento de esta propiedad, por esta razón, en los vehículos en los que se utilizó aceite SAE 10W30 al igual que en los que se utilizó SAE 20W50, dichos lubricantes pueden permanecer en funcionamiento en recorridos hasta 6000 km. (Guerrero Palacios, 2016)

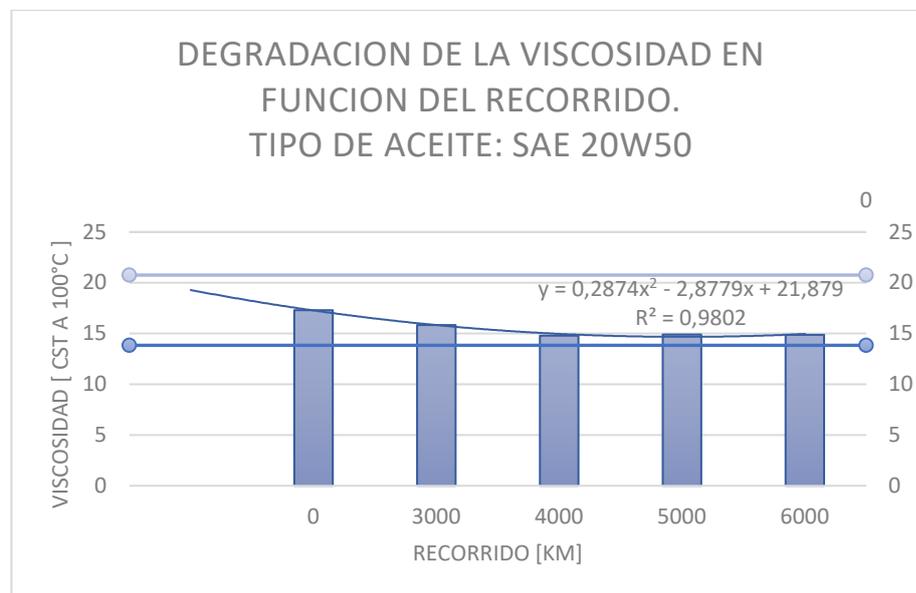


Fig. 3.5.- Promedios de viscosidad en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 20W50.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

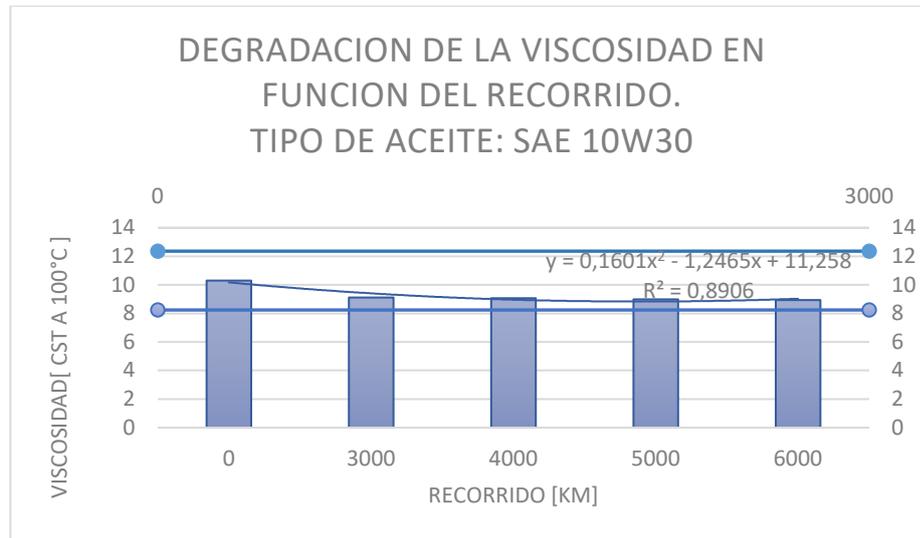


Fig. 3.6.- Promedios de viscosidad en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 10W30.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

Para corroborar esta información se realizaron pruebas de hipótesis mediante análisis “t” de Student, clasificándolas en dos grupos de estudio, muestras menores a 5000 km y mayores a 5000 km de recorrido, ya que uno de los objetivos de este estudio es establecer el kilometraje al que se debe renovar el fluido lubricante del motor, tanto para aceites SAE 20W50 y SAE 10W30, respectivamente; concluyendo que la viscosidad se encuentra dentro de los valores permisibles de funcionamiento hasta los 6000 km de recorrido. (Guerrero Palacios, 2016)

3.8 Análisis de la degradación del TBN

El TBN aditivo presente en el lubricante, encargado de contrarrestar el ataque químico que se atribuye a los residuos ácidos de la combustión, causantes de corrosión; esta propiedad del lubricante tiende a reducir su valor alcalino (KOH hidróxido de potasio) progresivamente con el funcionamiento, el fabricante establece los valores iniciales (aceite nuevo) de 8,5 mg de KOH/gr para SAE20W50 y de 8,4 mg de KOH/gr para SAE 10W30, de igual manera, propone una tolerancia para el límite condensorio del 50% del valor inicial, es decir, 4,25 y 4,2 KOH/gr respectivamente valores inferiores a los señalados son indicativos de la degradación de esta característica del lubricante y constituye un motivo para el cambio del aceite del motor.

A continuación se muestran las figuras 3,7 y 3,8 correspondientes a los promedios de las muestras obtenidas para cada recorrido de referencia en aceites SAE 20W50 y SAE 10W30 respectivamente, se observa que la línea de tendencia de cada gráfico refleja el

comportamiento decreciente del valor alcalino del lubricante aproximándose al límite condenatorio a los 5000 km de recorrido y superándolo casi en su totalidad a los 6000 km.

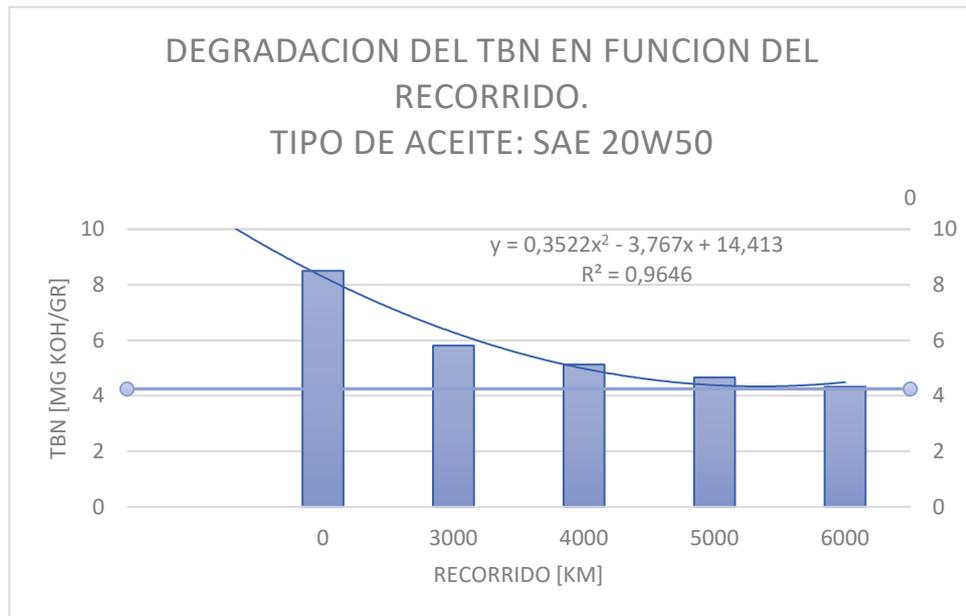


Fig. 3.7.- Promedios de TBN en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 20W50.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

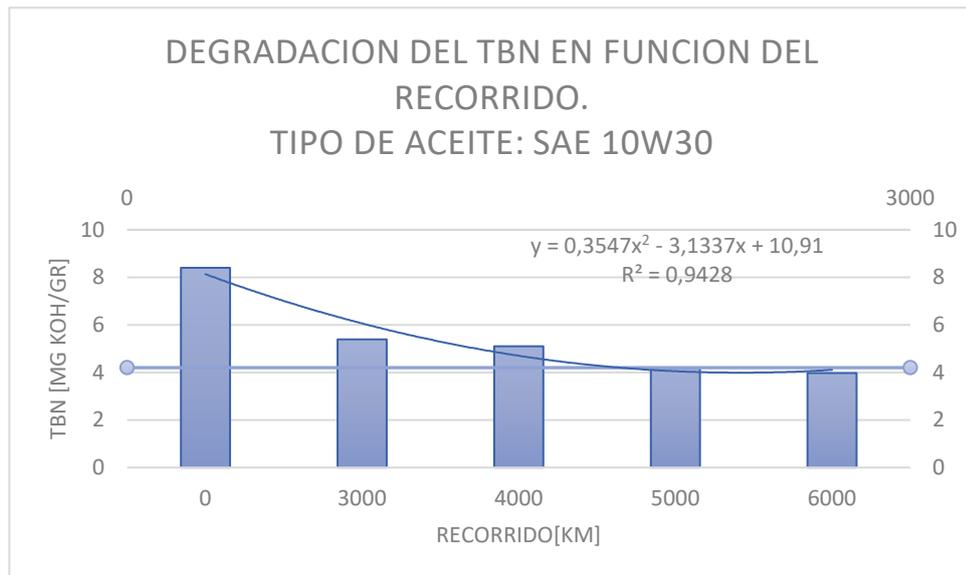


Fig. 3.8.- Promedios de TBN en los diferentes kilometrajes de referencia y su tendencia para muestras de aceite SAE 10W30.

Fuente: (Guerrero Palacios, 2016)

Al igual que en el análisis de la viscosidad, se realizó pruebas de hipótesis con análisis “t” de Student, para muestras en recorridos inferiores y superiores a los 5000 km con la finalidad de determinar con un nivel de confianza del 95% si el lubricante en relación a esta propiedad se encuentra dentro de los límites establecidos para cumplir su función; en conclusión, se obtiene que para aceites SAE 20W50 y SAE 10W30 el valor de TBN en recorridos superiores a 5000 km, no se encuentra dentro de los valores permisibles establecidos por el fabricante que garanticen la protección contra los residuos ácidos de la combustión, motivo por el cual, se debe realizar la renovación del lubricante del motor hasta los 5000 km de recorrido. (Guerrero Palacios, 2016)

CAPITULO 4

CAUSAS Y SOLUCIONES PARA CONTRARRESTAR LA DILUCIÓN

4.1 Mantenimiento de un vehículo

El mantenimiento de un vehículo consiste en todas las acciones que se realizan para corregir una falla, para mantener el correcto funcionamiento o para predecir y evitar fallas futuras en el automotor, evitando así, incomodidades y pérdidas para el propietario. Existen estrategias para organizar y optimizar los mantenimientos que se deben realizar ante cualquier tipo de falla.

4.2 Estrategias de mantenimiento

Históricamente, los departamentos de mantenimiento han actuado basados en una de las siguientes estrategias:

4.2.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo básicamente consiste en el arreglo o reparación de la falla registrada en la máquina, sustitución de elementos y cambio de repuestos, en definitiva, es toda acción correctiva que se realiza una vez que se ha registrado una falla.

4.2.2 Mantenimiento Preventivo

Se realiza con la finalidad de prevenir la ocurrencia de fallas, actuando a intervalos establecidos mediante inspecciones y reemplazo de componentes. Estas acciones se programan en base a las recomendaciones del fabricante del equipo y a la experiencia en relación a fallas ocurridas en el pasado. Partes, aceites y filtros son reemplazados en base a las horas de operaciones o distancia recorrida. El mantenimiento preventivo puede ser una estrategia muy efectiva, aunque también muy costosa. Con frecuencia, equipos en buen estado, se paran y reconstruyen integralmente, o partes y aceites en buenas condiciones son descartados y reemplazados por el sólo hecho de que un cierto ciclo de servicio se ha completado. Y por otro lado, fallas prematuras debidas a factores no controlados, llegan a ocasionar sorpresivos y severos daños.

4.2.3 Mantenimiento Predictivo

El propósito es detectar y predecir fallas en sus etapas iniciales y corregirlas oportunamente, antes de que ocurran daños y paros forzosos; es la estrategia de los programas de mantenimiento modernos. Para el efecto se utiliza una combinación de varios tipos de

monitoreo posibles: Análisis de Aceite, Análisis de Vibraciones, Eficiencia Energética, Monitoreo de Desempeño, Termografía, Ultrasonido, etc. Las paradas para corregir fallas y reemplazar componentes se pueden programar con anticipación.

4.3 Beneficios del programa de análisis de aceite

Los beneficios que produce un programa de análisis de aceite son los siguientes:

-Reducción de costos de mantenimiento: Detectar las fallas en sus etapas tempranas, ahorra dinero, pues se evitan reparaciones costosas o pérdidas totales de equipos, y se controla la propagación de daños a otros componentes y equipos conexos.

-Incremento de la disponibilidad del equipo: Se evitan daños mayores sorpresivos y las consiguientes paradas no programadas.

-Extensión de los periodos de cambio del aceite: Se reduce tiempo de parada y se ahorra en mano de obra y en materiales.

-Aumento de la vida útil del equipo: Uno de los beneficios colaterales del programa de análisis de aceite es la mejora en el nivel de limpieza y en las propiedades físicas del aceite. Se presta mayor atención al nivel de contaminantes de manera que se optimiza el funcionamiento de los sistemas de filtrado y se mejora la limpieza en el entorno del equipo. Toda vez que el ingreso de contaminantes externos es una de las principales causas de desgaste, aceites más limpios producen mayores períodos de vida útil de los equipos.(Lubtechnology, 2012)

4.4 Sistemas, componentes y estados que intervienen en el aumento de dilución por combustible

En este estudio se ha abordado los principales sistemas y componentes que favorecen al incremento de la presencia de combustible en el aceite del motor, así como, el estado de desgaste de los principales elementos motrices del mismo. Los elementos principales que generan dilución por combustible son los inyectores, un inyector sucio o deteriorado puede ocasionar goteo en el cilindro, de igual manera, se puede producir un caudal de inyección excesivo o generar una pulverización no homogénea con respecto al de los otros inyectores, debido a estas fallas el combustible llegaría a hacer contacto directamente con el lubricante del motor.

Otra de las causas para que aumente el porcentaje de dilución por combustible en el aceite es

una combustión incompleta en el cilindro, dicho fenómeno se puede atribuir a varios factores, inicialmente el sistema eléctrico para el encendido, en este sistema los elementos que suelen presentar fallas frecuentemente son los cables de encendido y las bujías, en los cables, el aislamiento es de vital importancia para evitar pérdidas de corriente por derivaciones a masa que ocasionarían una chispa débil en la bujía, que a su vez, generará una combustión incompleta, de igual manera, en las bujías se puede presentar un desgaste excesivo en el electrodo, un mal reglaje de la separación entre electrodos o rupturas en el aislamiento cerámico producirá una combustión inadecuada. Ésta anomalía ocasiona que las partículas de gasolina no combustionadas se mezclen con el aceite de motor aumentando el porcentaje de dilución.

El desgaste del motor, concretamente en las paredes de los cilindros y anillos de pistón, representan también un factor que contribuye a una combustión incompleta de la mezcla, debido a que, disminuye la presión de compresión idónea para la inflamación de todo el combustible facilitando el contacto de las partículas de gasolina con el lubricante.

Los vehículos de la presente investigación cuentan en su totalidad con sistemas de gestión electrónica del motor ECU (Engine control unit); la computadora del motor recibe señales de los sensores de cada sistema, procesa dichas señales y comanda los actuadores para el correcto funcionamiento del motor; si alguna señal es incorrecta representa una falla en el ciclo de trabajo del motor, lo cual se evidencia con una luz testigo en el tablero de instrumentos. Por consiguiente provoca que el sistema de inyección o de encendido opere en rangos anormales que produce una combustión defectuosa y de esta manera incrementar el porcentaje de dilución en el aceite.

4.5 Comprobaciones de los elementos causantes de la dilución

4.5.1 Comprobación de inyectores

Para la verificación del funcionamiento de los inyectores se requiere un banco de comprobación y limpieza ultrasónica, dicho instrumental realiza 3 funciones principales:

-Prueba de Pulverización: En esta prueba se verifica la dispersión del pulso de inyección de cada inyector, simulando la operación en un motor desde 650 hasta 6000 RPM, con un ancho de pulso de 3 milisegundos, se realizan 2000 inyecciones. Es necesario verificar la cantidad de combustible inyectado en cada probeta durante el tiempo de prueba; la diferencia de volumen entre probetas no debe exceder los 5 ml.(LAUNCH Corporation, 2014)



Fig. 4.1 Prueba de pulverización de inyección en banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

-Prueba de estanqueidad (goteo): La alimentación eléctrica de pulsos de inyección se anula, únicamente el banco aporta combustible a presión de 2,76 Bar (40 psi) en el riel de inyectores por un lapso de 60 segundos con el fin de verificar que los inyectores sellen correctamente y no presente goteo de combustible.(LAUNCH Corporation, 2014)



Fig. 4.2 Prueba de estanqueidad en banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

-Prueba de flujo de inyección: Por un periodo de 15 segundos los inyectores se configuran abiertos en un flujo constante, luego de esto se verifica el volumen inyectado en cada probeta, la diferencia entre un inyector y otro no debe exceder los 5ml.(LAUNCH Corporation, 2014)



Fig. 4.3 Prueba de flujo de inyección en banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

-Limpieza de inyectores por ultrasonido: Después de realizar las comprobaciones a los inyectores se procede a la limpieza de estos en una tina con líquido limpiador, la misma cuenta con un transductor ultrasónico que genera pulsos en el fluido (cavitación) acompañado de los pulsos de apertura y cierre de los inyectores desprenden en su mayoría los residuos (carbonilla, gomas, resinas) que ocasionan defectos de funcionamiento evaluados en el banco de pruebas para constatar que los inyectores realicen su óptimo funcionamiento.



Fig. 4.4 Tina de limpieza por ultrasonido.

Fuente: Los Autores.

4.5.2 Diagnóstico de nivel de desgaste de motores

4.5.2.1 Presión de compresión del motor

Para la verificación de la presión de compresión que se genera en cada uno de los cilindros del motor se usa la herramienta manómetro de presión que se enrosca en el orificio que deja la bujía de encendido al ser extraída; Para la ejecución de esta prueba dinámica se da arranque al motor para que el equipo mida la presión en varios ciclos hasta que el indicador del manómetro se estabilice a la presión máxima que genera ese cilindro. El procedimiento para desarrollar correctamente la prueba es el siguiente:

- Retirar el fusible de alimentación eléctrica de la bomba de combustible.
- Extraer las bujías de encendido del motor.
- Enroscar el manómetro de presión en el orificio de la bujía.
- Accionar el pedal del acelerador a tope y mantenerlo durante la prueba.
- Activar el interruptor de encendido, de manera que gire el motor térmico durante unos 15 segundos como máximo.
- Leer el valor de presión que indica el manómetro.
- Repetir la misma secuencia con los demás cilindros.



Fig. 4.5 Manómetro de medición de compresión en motores.

Fuente: Los Autores.

4.5.2.2 Comprobación de fugas de compresión

Para esta prueba es necesario contar con un equipo medidor de fugas, el cual consta de dos

manómetros conectados, en un extremo hay una toma que se acopla a una instalación externa de aire comprimido, por el otro extremo se tiene la manguera con boquilla similar al manómetro de compresión que se enrosca en el orificio donde se sitúa la bujía; el manómetro de ingreso tiene una perilla de regulación de la presión de aire comprimido de entrada.

El procedimiento para desarrollar correctamente la prueba es el siguiente:

- Retirar todas las bujías del motor.
- Colocar el pistón del cilindro a evaluar en PMS (Punto muerto superior) finalizando la fase de compresión, el cigüeñal debe girarse manualmente con la ayuda de una llave de ajuste, pero controlando que se mantenga dicha posición exacta todo el lapso que se realiza la prueba.
- Enroscar la boquilla del manómetro de salida al orificio de la bujía.
- Conectar el extremo de entrada a presión a la toma de aire comprimido.
- Establecer el valor de presión que se dirige al cilindro 4,8 Bar (70 psi).
- Determinar si existe variación en la presión de entrada y la presión del cilindro, si existe variación, ésta no debe exceder los 0,7 Bar (10 psi).
- Repetir el proceso para cada cilindro



Fig. 4.6 Herramienta para medir fugas de compresión en los cilindros.

Fuente: Los Autores.

Si existen fugas considerables o fuera del rango admisible es necesario verificar la ubicación de la pérdida de presión, usualmente las pérdidas se dan en la parte superior al

PMS, es decir, por las válvulas, guías, asientos, empaque o trizaduras del cabezote, etc. o pueden existir fugas por la parte inferior al PMS tales como desgaste de las paredes del cilindro, rines deteriorados o rotos. Para cualquier tipo de fugas es importante revisar cada uno de los componentes mencionados y garantizar un mantenimiento eficaz.

4.5.3 Comprobación de códigos de error

Para la verificación de los códigos de diagnóstico a bordo de fallas OBD (On board diagnostics) se necesita un escáner automotriz en la actualidad esta herramienta de diagnóstico es esencial para facilitar la detección de una falla en los diferentes sistemas del vehículo, de esta manera se agiliza el diagnóstico para dar solución a dicha falla. Al encenderse la luz testigo “check engine” en el tablero de instrumentos este indica que se ha registrado una falla en el funcionamiento del motor, razón por la cual se debe escanear la computadora del vehículo.

Existen dos tipos de puertos OBD para la conexión de un escáner, el puerto OBD1, que representa una comunicación antigua y debe ser interpretado el código mediante el conteo de los pulsos que iluminan la luz testigo del tablero, el puerto OBD2 aporta una comunicación más directa y precisa con la computadora, para este estudio los vehículos cuentan en su totalidad con puertos OBD2, el instrumento que se utilizará para verificar si existen errores es un escáner automotriz Launch X413, el mismo ingresa a la red de datos de la computadora para evaluar cada sistema e identificar los errores o fallas en la gestión electrónica del vehículo. Un escáner automotriz permite principalmente las siguientes actividades:

- Lectura de datos en tiempo real, permite ver el flujo de datos de todos los sensores y actuadores de la gestión electrónica del motor.
- Gráfica de señales: permite graficar las diferentes señales de los sensores o actuadores que se desee analizar.
- Lectura y borrador de códigos de falla: detecta la presencia de códigos de falla, luego de realizar la reparación de la anomalía el escáner nos permite borrar el código registrado y como consecuencia la luz testigo del tablero se apaga.

4.5.4 Comprobación del sistema de encendido

-Revisión de bujías

Las bujías de encendido desempeñan un rol fundamental en el motor de gasolina ya que este elemento es el encargado de encender la mezcla de aire y combustible mediante el arco eléctrico que se forma entre la separación de los electrodos. La calidad de este encendido influye directamente en muchos aspectos fundamentales para el funcionamiento del vehículo y para el medio ambiente, como son el rendimiento, la eficiencia del motor y las emisiones contaminantes.

- Se realiza una inspección visual del estado de desgaste de los electrodos, fisuras en el aislante cerámico, presencia de carbonilla, presencia de aceite.
- Para la limpieza de este elemento se puede utilizar un cepillo de alambre, o si se dispone con un limpiador de bujías con óxido de aluminio.
- La calibración de la distancia entre electrodos, se la realiza con un gauge de espesores, dicha distancia está entre de 0.8 a 1.1 milímetros. Para mayor precisión al momento de calibrar una bujía o reemplazarla se debe consultar al catálogo de bujías para optimizar el funcionamiento del motor.



Fig. 4.7 Verificación visual del estado de la bujía.

Fuente: Los Autores.

Una bujía convencional dura aproximadamente 20000 km. En el caso de tener bujías de electrodos múltiples, en ocasiones se avería el resistor interno antes que los electrodos por lo que es recomendable establecer un periodo de cambio de 25000 km. Cuando se dispone de bujías con electrodo de platino estas llegan a durar hasta 50000 km.

-Revisión de cables de alta tensión

Se debe realizar una inspección visual del estado de los cables de alta tensión, observando

principalmente el aislante, debido a que si existe una trizadura o deterioro la tensión se puede derivar a masa reduciendo la calidad de chispa y ocasionando una combustión incompleta. De igual manera se debe revisar el estado de los bornes en los extremos del cable, para garantizar que conduzcan de manera correcta la corriente desde la bobina, a través del cable y hasta las bujías.

Además es necesario medir la resistencia debido a que esta varía dependiendo del tipo de cable y de la marca del vehículo.

-El multímetro deberá ajustarse a 20 k Ω .

-Coloque cada contacto del multímetro en cada extremo del cable.

-Observe el valor de la resistencia.

Las resistencias permitidas son:

-Cable de encendido con núcleo de cobre: 1 a 6,5 k Ω

-Cables de encendido con reactancia inductiva: En este caso, la resistencia puede ser de entre 2,2 k Ω y 8 k Ω

-Cables de encendido con resistencia de carbono: La resistencia por 1 m de cable asciende entre 10 k Ω y 23 k Ω (NGK Spark Plug, 2016)



Fig. 4.8 Comprobación de la resistencia interna en cables de bujías.

Fuente: Los Autores.

4.6 Análisis estadístico de la efectividad del mantenimiento correctivo en los vehículos que presentan dilución por combustible

4.6.1 Definición del tamaño de muestra representativa

Para conseguir un análisis correcto y representativo real sobre la efectividad del mantenimiento a realizarse para contrarrestar la dilución por combustible, es necesario determinar el número de vehículos del total de la población que deben someterse a dicho mantenimiento correctivo.

Para obtener el tamaño de la muestra representativa, es decir, el número de vehículos a los cuales se realizará el mantenimiento, se adoptará el criterio de tamaño de muestra representativa para una población finita, dicho criterio se manifiesta en la siguiente relación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 p q} \quad (4.1)$$

En donde, n es el número de muestras que deseamos conocer para realizar el análisis

- **N**: es el tamaño de la población o universo (número total de vehículos).

- **Z_α**: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95 % de confianza para efectos de estudio científico es lo indicado. Los valores de Z_α se obtienen de la tabla de la distribución normal estándar.

Tabla 4.1.- Valores de Z_α más utilizados y sus niveles de confianza.

Valor de Z _α	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

Fuente: (Feedback Networks Technologies, 2013)

- **e**: es el error muestral deseado (%) El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

- **p**: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que p=q=0.5 que es la opción más segura.(Feedback Networks Technologies, 2013)

- **q**: proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.(Feedback Networks Technologies, 2013)

Siguiendo la información que antecede para la presente investigación los datos serán establecidos de la siguiente manera:

- **n**: Número de taxis que deben ser evaluados

Aplicando lo anteriormente señalado para el presente estudio:

N: Tamaño total de la muestra = 23 taxis.

Z_α: 1,95 debido a que se va a trabajar con un nivel de confianza del 95%.

p: 0.05

q: (1-p) = 0.95

e: 0.05

$$n = \frac{(1.96)^2 * (23)(0.05)(0.95)}{(0.05)^2 * (23 - 1) + (1.96)^2(0.05)(0.95)}$$

$$n = \frac{4.196948}{0.166518 + 0.182476}$$

$$n = \frac{4.196948}{0.348994}$$

$$n = 12.025845 \quad \therefore \quad n = 12$$

El número de vehículos que deben evaluarse y posteriormente realizar el mantenimiento son 12 unidades, para un nivel de confianza del 95% que es lo recomendado para efectos de investigación, dicho indicador numérico garantizará que el resultado final sea real y preciso, de tal manera que represente un sustento válido cuantitativo para la determinación de soluciones ante el problema de dilución por combustible.

4.6.2 Diagnóstico del estado y mantenimiento correctivo de los vehículos

Posterior a la determinación del número de vehículos necesarios para sustentar estadísticamente la eficiencia del mantenimiento correctivo, procedemos a efectuar las evaluaciones de cada vehículo en base a una ficha de control de mantenimiento que se presenta en la tabla 4.2 diseñada por los autores, en la cual, se establecen los datos del cliente, vehículo y las comprobaciones técnicas que se realizarán, con los respectivos resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos, y finalmente, una valoración de cada elemento. A continuación se presenta una tabla aplicada a uno de los vehículos del estudio.

Tabla 4.2.- Hoja de control de mantenimiento.

Ficha técnica para valoración de las causas que provocan la dilución de combustible			
Nombre:	Lenin Tenesaca		Cilindrada: 1500 cc
Marca:	Hyundai		Placa: UAH-655
Modelo:	Accent		
Año:	2005		
Odometro:	447730		
Análisis de:	Evaluación	Resultado	Valoración
			Correcta
			Incorrecta
Sistema de inyección	Pulverización del combustible (diferencia mayor de volumen entre inyectores) Goteo - prueba realizada con una presión de 50 psi Inyección de combustible (Prueba de flujo constante - diferencia máx. de volumen inyectado en 15 segundos) Falla en sistema electrónico de inyección (ECU)	2.5 ml (tolerable) nulo 5.0 ml (excesivo) sin códigos	x x x
Combustión de la mezcla	Sistema de encendido Bujías (diagnóstico del estado visual del electrodo) Resistencia interna electrodo Verificación del tipo de bujía apropiado para el vehículo Diagnóstico visual del aislamiento cerámico Cables de encendido (comprobación de la resistencia interna del conductor referido al fabricante) [Ohm (Ω)] Diagnóstico visual del aislamiento del cable de encendido Contaminación del sistema de encendido, derivación de alta tensión	desgaste elevado 3,63 kΩ bujía adecuada sin daños 10,4 kΩ mal estado sin derivaciones	x x x x x
	Desgaste del motor Nivel de desgaste promedio de piston-cilindro (Medición de la compresión) [bar (Psi)] Análisis de fugas de presión de compresión (bar) - Prueba realizada con una presión de 4,83 bar (70 psi)	9,3 Bar (135 Psi) 0,55 bar (8Psi)	x x

En la tabla 4.2 se establece el modelo de ficha que se utilizó para realizar el diagnóstico de cada vehículo, enfocando el análisis únicamente en los elementos causantes de dilución; la ficha indica los datos del propietario y del vehículo analizado, de igual manera muestra específicamente los componentes evaluados; Los resultados obtenidos tienen base en fundamentación técnica general para cada medición y consecuentemente una valoración del estado en función de los mismos datos técnicos. Al tratarse de una investigación que busca soluciones ante la dilución se optó por sustituir bujías y cables en todos los vehículos, de igual manera una

Fuente: Los Autores.

limpieza ultrasónica de inyectores y la respectiva comprobación de funcionamiento para la totalidad de los automotores, todo ello con la finalidad de garantizar la mayor efectividad del mantenimiento correctivo, con lo cual los resultados finales indicarán también la mayor efectividad bajo dichas circunstancias.

Posterior a la realización del mantenimiento en los vehículos de la muestra, se efectuó el cambio de aceite optando por la misma marca del análisis inicial, es decir, se utilizó lubricante Havoline; el periodo de servicio requerido para la extracción de las muestras es 5000 kilómetros, cada propietario del vehículo al llegar a este kilometraje permitió la toma de muestra de aceite para el análisis técnico.

Las muestras recibidas de los vehículos fueron enviadas al laboratorio “SwissOil” en la ciudad de Guayaquil de la misma manera en la que se efectuó el primer análisis para este estudio.

4.6.3 Estadística descriptiva de los resultados obtenidos posterior al mantenimiento

La recepción y tabulación de resultados indican las variaciones en los valores de viscosidad, TBN y dilución, para establecer las relaciones antes y después del mantenimiento, determinando de esta manera la efectividad del mantenimiento realizado; todo lo mencionado se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 4.3.- Resultados obtenidos posterior al mantenimiento.

	CLIENTE	ACEITE	PLACA	ODÓMETRO [km]	RECORRIDO DE REFERENCIA [km]	RECORRIDO DE SERVICIO [km]	VISCOSIDAD [cSt a 100 °C]	TBN [mg KOH/gr]	DILUCION [%]
1	CRISTIAN ORDOÑEZ	20W50	AAA-1077	409234	5000	4932	14,12	5,29	13,57
2	PABLO ALTAMIRANO	20W50	AAAX-160	388157	5000	5077	14,04	6,18	8,03
3	VICTOR PEREZ	20W50	PQL-725	35415	5000	4782	16,25	5,07	10,32
4	VINICIO TOAPANTA	20W50	PQC-281	410772	5000	5169	15,92	5,11	2,46
5	LENIN TENESACA	20W50	UAH-0655	452637	5000	4907	16,32	6,72	4,27
6	MANUEL ALBARRACIN	20W50	AAAX-584	285422	5000	4785	16,16	7,29	8,46
7	GILBERTH SANCHEZ	20W50	AAA-1462	352633	5000	4823	15,2	5,36	7,27
8	RENE CARRION	20W50	AAAX-482	566302	5000	5532	15,61	4,41	5,63
9	JOSE CABRERA	20W50	POA-441	130722	5000	5183	14,15	6,81	9,17
10	FERNANDO SOLANO	20W50	AAAX-383	522071	5000	5283	15,96	6,21	7,13
11	WASHINGTON DURAN	20W50	AAAX-385	399647	5000	4798	15,69	5,44	11,21
12	POLIVIO LOJA	20W50	UBU-064	766923	5000	4628	15,78	4,87	4,73

Fuente: Los Autores.

Tabla 4.4.- Comparación de los resultados antes y después del mantenimiento.

	CLIENTE	VISCOSIDAD [cSt a 100 °C]		TBN [mg KOH/gr]		DILUCION [%]	
		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
1	CRISTIAN ORDOÑEZ	13,87	14,12	4,57	5,29	19,25	13,57
2	PABLO ALTAMIRANO	13,34	14,04	4,65	6,18	11,5	8,03
3	VICTOR PEREZ	14,94	16,25	3,92	5,07	15,89	10,32
4	VINICIO TOAPANTA	15,97	15,92	3,8	5,11	4,05	2,46
5	LENIN TENESACA	15,84	16,32	4,59	6,72	7,41	4,27
6	MANUEL ALBARRACIN	15,38	16,16	5,1	7,29	10,63	8,46
7	GILBERTH SANCHEZ	15,12	15,2	4,48	5,36	11,5	7,27
8	RENE CARRION	15,56	15,61	4,47	4,41	10,34	5,63
9	JOSE CABRERA	14,34	14,15	4,73	6,81	13,7	9,17
10	FERNANDO SOLANO	15,26	15,96	5,07	6,21	10,04	7,13
11	WASHINGTON DURAN	15,36	15,69	5,09	5,44	5,8	11,21
12	POLIVIO LOJA	15,25	15,78	4,39	4,87	9,75	4,73

Fuente: Los Autores.

Tabla 4.5.- Diferencia de los valores antes y después del mantenimiento.

		DIFERENCIA VISCOSIDAD [cSt a 100 °C]	DIFERENCIA TBN [mg KOH/gr]	DIFERENCIA DILUCION [%]
	CLIENTE			
1	CRISTIAN ORDOÑEZ	0,25	0,72	5,68
2	PABLO ALTAMIRANO	0,7	1,53	3,47
3	VICTOR PEREZ	1,31	1,15	5,57
4	VINICIO TOAPANTA	0,05	1,31	1,59
5	LENIN TENESACA	0,48	2,13	3,14
6	MANUEL ALBARRACIN	0,78	2,19	2,17
7	GILBERTH SANCHEZ	0,08	0,88	4,23
8	RENE CARRION	0,05	0,06	4,71
9	JOSE CABRERA	0,19	2,08	4,53
10	FERNANDO SOLANO	0,7	1,14	2,91
11	WASHINGTON DURAN	0,33	0,35	5,41
12	POLIVIO LOJA	0,53	0,48	5,02

Fuente: Los Autores.

Tabla 4.6.- Variación porcentual de viscosidad, TBN y dilución.

	CLIENTE	VARIACION VISCOSIDAD [%]	VARIACION TBN [%]	VARIACION DILUCCION [%]
1	CRISTIAN ORDOÑEZ	1,80%	15,75%	29,51%
2	PABLO ALTAMIRANO	5,25%	32,90%	30,17%
3	VICTOR PEREZ	8,77%	29,34%	35,05%
4	VINICIO TOAPANTA	0,31%	34,47%	39,26%
5	LENIN TENESACA	3,03%	46,41%	42,38%
6	MANUEL ALBARRACIN	5,07%	42,94%	20,41%
7	GILBERTH SANCHEZ	0,53%	19,64%	36,78%
8	RENE CARRION	0,32%	1,34%	45,55%
9	JOSE CABRERA	1,32%	43,97%	33,07%
10	FERNANDO SOLANO	4,59%	22,49%	28,98%
11	WASHINGTON DURAN	2,15%	6,88%	93,28%*
12	POLIVIO LOJA	3,48%	10,93%	51,49%
	PROMEDIO DE VARIACIÓN PORCENTUAL DE VISCOSIDAD		3,05%	
	PROMEDIO DE VARIACIÓN PORCENTUAL DE TBN		25,59%	
	PROMEDIO DE VARIACIÓN PORCENTUAL DE DILUCIÓN		35,70%	

Fuente: Los Autores.

En la tabla 4.6 se establecen los valores porcentuales referentes a la variación de los principales factores de análisis; mediante el uso de estadística descriptiva se han determinado también los valores promedio de variación en cada uno de los parámetros analizados, obteniendo una variación positiva del 3,05 % en cuanto a viscosidad del aceite y un 25,59 % respecto al TBN. Para dilución por combustible, antes de realizar el cálculo porcentual promedio es necesario considerar los resultados del análisis del señor Washington Duran, debido a que representa el único caso en donde la dilución aumenta posterior al mantenimiento, razón por la cual se obtiene una variación porcentual opuesta marcando un punto lejos de la tendencia evidenciada por los demás resultados, con lo cual, dentro de la estadística descriptiva, es necesario desprestigiar este valor para el cálculo general promedio en cuanto al porcentaje de mejoría para dilución debido a que dicho dato se considera anómalo para el análisis, por tal motivo el valor porcentual promedio de variación para el parámetro de dilución es de 35,70 %. Este último valor es de vital importancia para la conclusión del estudio, debido a que sustenta claramente la efectividad del mantenimiento correctivo realizado a los vehículos de la muestra representativa.

4.6.4 Prueba “t” de student de verificación de la efectividad del mantenimiento correctivo

4.6.4.1 Análisis de la viscosidad para muestras relacionadas a 5000 km después del mantenimiento. Aceite SAE 20W50

1.- Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): Viscosidad $< 13,84$ cSt a 100°C .

Hipótesis alternativa (H_1): Viscosidad \geq a $13,84$ cSt a 100°C .

2.- Establecimiento del nivel de significancia (α): 0,05

3.- Cálculo de la evidencia muestral:

Tabla 4.7.- Resultados estadísticos de las muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.

Estadísticos de muestras relacionadas				
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
VISCOSIDAD ANTES	15,0192	12	,78889	,22773
VISCOSIDAD DESPUES	15,4333	12	,85707	,24741

Fuente: Los Autores

4.- Determinar el estadístico de prueba t (t calculado) y la probabilidad de error (p):

Tabla 4.8.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
VISCOSIDAD ANTES - VISCOSIDAD DESPUES	,4117	,42387	,12236	,68348	,14485	3,385	11	,006

Fuente: Los Autores.

5.- Determinar el valor t tabulado para df= 11

t tabulado: $t_{0,95;11} = 1,7959$

6.- Toma de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (Hi):

t calculado = 3.385 es mayor que t tabulado = 1,7959; además, $p < \alpha$.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Hi), llegando a la conclusión que:

En automotores que emplean aceites SAE 20W50 de características análogas a los contemplados en el presente trabajo y con kilometrajes hasta los 5000 km desde que se cambió el aceite de motor, se puede afirmar con el 95 % de certeza, que la viscosidad va a tener valores admisibles, por lo tanto, no se requiere cambiar el aceite debido a la degradación de esta propiedad.

4.6.4.2 Análisis del TBN para muestras relacionadas a 5000 km después del mantenimiento. Aceite SAE 20W50

1.- Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis nula (Ho): $TBN < 4,25 \text{ mg KOH/gr.}$

Hipótesis alternativa (Hi): $TBN \geq 4,25 \text{ mg KOH/gr.}$

2.- Establecimiento del nivel de significancia (α): 0,05.

3.- Cálculo de la evidencia muestral:

Tabla 4.9.- Resultados estadísticos de las muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.

Estadísticos de muestras relacionadas				
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
TBN ANTES	4,5717	12	,41556	,11996
TBN DESPUES	5,7300	12	,89084	,25716

Fuente: Los Autores.

4.- Determinar el estadístico de prueba t (t calculado) y la probabilidad de error (p), empleando el software SPSS:

Tabla 4.10.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
TBN ANTES - TBN DESPUES	1,15833	,73156	,21118	1,62314	,69352	5,485	11	,000

Fuente: Los Autores.

5.- Determinar el valor t tabulado, para $df = 11$

$$t_{0,95;11} = 1,7959$$

6.- Toma de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (H_1):

t calculado = 5,025 es mayor que t tabulado = 1,7959 además, $p < \alpha$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), se concluye que:

En automotores que emplean aceites SAE 20W50 de características análogas a los contemplados en el presente estudio y con kilometrajes hasta 5000 km desde que se cambió el aceite de motor, se puede afirmar con el 95 % de certeza, que el TBN va a tener valores dentro de los límites aceptados.

4.6.4.3 Análisis de la dilución para muestras relacionadas a 5000 km después del mantenimiento. Aceite SAE 20W50

1.- Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): Dilución $> 5\%$.

Hipótesis alternativa (H_1): Dilución $\leq 5\%$.

2.- Establecimiento del nivel de significancia (α): 0,05.

3.- Cálculo de la evidencia muestral:

Tabla 4.11.- Resultados estadísticos de las muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
DILUCION ANTES	10,8217	12	4,16337	1,20186
DILUCION DESPUES	7,6875	12	3,15256	,91007

Fuente: Los Autores.

4.- Determinar el estadístico de prueba t (t calculado) y la probabilidad de error (p), empleando el software SPSS:

Tabla 4.12.- Resultados de la prueba t de Student: Muestras tomadas en recorridos a 5000 km luego del mantenimiento, en las que se utilizaron aceites SAE 20W50.

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Medi a	Desviaci ón típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
DILUCION ANTES - DILUCION DESPUES	3,134 17	2,98608	,86201	1,23690	5,03143	3,636	11	,004

Fuente: Los Autores.

5.- Determinar el valor t tabulado, para $df = 11$.

$$t_{0,95;11} = 1,7959$$

6.- Toma de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (H_1):

t calculado = 7,059 es mayor que t tabulado = 1,7959; a pesar que $p < \alpha$.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa (H_1) y se acepta la hipótesis nula (H_0), concluyendo que:

En vehículos que utilizan aceite de clasificación SAE 20W50 con características semejantes a las consideradas en este trabajo investigativo y con recorridos hasta 5000 km desde la renovación del lubricante del motor, se puede asegurar con el 95 % de certeza, que la dilución se mantiene en límites críticos a pesar de realizar el mantenimiento de los vehículos involucrados en el análisis.

Mediante el contraste de los resultados de dilución por combustible del lubricante, antes del mantenimiento en relación a los obtenidos después, se puede observar que si bien los valores de dilución no se encuentran dentro del límite condenatorio (5% máximo), si presenta una disminución considerable en promedio alrededor del 35%, por lo tanto, el problema que se investigó en el presente estudio tiene otras variables que afectan directamente que no se haya logrado el cometido de reducir hasta los valores aceptados de la salud del lubricante, como el desgaste del motor que reduce la presión de compresión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Este proyecto de investigación pretende demostrar la existencia de un porcentaje elevado de dilución por combustible en el aceite de motor de un grupo de taxis de la ciudad de Cuenca, de igual manera busca establecer los agentes causantes para dicho fenómeno y las soluciones que contribuyan a reducir la dilución del aceite por combustible.
- Los resultados obtenidos indican un elevado porcentaje de dilución por combustible tanto en vehículos que utilizan aceite de designación SAE 20W50 como en los que utilizan SAE 10W30, marcando claramente una tendencia que sobrepasa ampliamente el límite condenatorio del 5% de dilución. En la mayoría de vehículos el aceite se degrada por dilución antes de cumplir los 5000 Km de recorrido, se puede asegurar con el 95 % de certeza, que la dilución alcanza límites críticos, motivo por el que se debe reemplazar el aceite.
- Los componentes del motor causantes del exceso de dilución por combustible principalmente son los inyectores en mal estado y de igual manera una combustión incompleta atribuible a fallas en bujías y cables de encendido, el desgaste en las paredes del cilindro es únicamente un agravante en un segundo plano; los fallos por códigos de error en la computadora no son necesariamente indicadores de que aporten a la degradación del aceite por dilución, en este aspecto dependerá mucho del sensor o sistema que presente la falla.
- El mantenimiento realizado en los vehículos para reducir el porcentaje de dilución se lo hizo en base a los principales causantes del fenómeno, es decir, en todos los vehículos se realizó limpieza ultrasónica de inyectores, cambio de filtros y la comprobación de funcionamiento correcto, adicional a esto, se reemplazaron bujías y cables en todos los vehículos, con el fin de garantizar la mayor eficiencia en el mantenimiento y se pueda considerar solución viable ante la problemática de la dilución por combustible.

- Con base en los análisis estadísticos mediante la prueba “t” de Student se ha conseguido determinar que la variación en el porcentaje de dilución luego de realizado el mantenimiento es considerable, y por esto, se ha podido identificar un porcentaje promedio de mejoría en cuanto a dilución por combustible de un 35,7 %; respecto al TBN un 25,59% y finalmente la viscosidad con una mejoría en 3,05% de los valores obtenidos antes de dar mantenimiento a los vehículos.
- Si bien el mantenimiento realizado en los vehículos representó un aporte considerable para reducir el porcentaje de combustible en el aceite motor, únicamente en dos vehículos el porcentaje de dilución disminuyó hasta entrar en el rango admisible (menor al 5%), los 10 vehículos restantes aún presentan un porcentaje superior al límite condenatorio adoptado en esta investigación; se puede suponer que se debe a varios aspectos adicionales que no se pudieron abordar en el presente proyecto, tal es el caso del desgaste interno del motor (cilindros, rines, etc.); dar solución a este desgaste implicaría un exceso de tiempo y un costo demasiado elevado de mantenimiento.
- Otro aspecto que no se ha podido controlar es la calidad de combustibles utilizados en la ciudad, inicialmente influye el tipo de gasolina utilizada (extra o súper para este caso), consecuentemente influye la calidad de cada tipo de gasolina y la estación de servicio en donde fue adquirida en todo el proceso de recorrido de servicio del aceite de motor. Si se contara con las dos características anteriormente mencionadas en cuanto a desgaste y tipo de combustible, el estudio podría ser más preciso y efectivo en cuanto al mejoramiento de las características del aceite de motor posterior al mantenimiento.

Recomendaciones:

- El presente estudio ha constituido un aporte significativo en beneficio de la sociedad, principalmente para los propietarios de vehículos tipo taxi que buscan brindar un óptimo mantenimiento a sus unidades de forma que puedan conseguir una mayor durabilidad y mejorar el desempeño durante su uso; los resultados obtenidos en este proyecto informan a los propietarios sobre el estado actual de su vehículo y el mantenimiento que debe realizar para atenuar la dilución por combustible, sin embargo, el estudio realizado es relativamente pequeño en cuanto a población muestral refiere, por tal razón, los resultados no son tan precisos como se desearía, es por ello que los autores del proyecto recomendamos, en medida de lo posible, ampliar la investigación, aumentando el número de población de forma que se consiga una mayor precisión para el estudio, de igual manera, recomendamos un mayor control y rigurosidad en el seguimiento del kilometraje recorrido de los vehículos respecto a los intervalos de toma de muestras.
- El desgaste excesivo del motor en los vehículos influye directamente en el incremento del porcentaje de combustible en el aceite, lamentablemente el mantenimiento necesario para corregir esta anomalía excede el presupuesto y plazo de entrega para el actual proyecto, razón por la cual se recomienda que antes de establecer los participantes se elijan vehículos que no presenten desgaste excesivo realizando pruebas de desgaste interno (Medición de compresión) para determinar la idoneidad de cada automotor para el estudio.
- Adicionalmente, los autores recomendamos llevar un pequeño estudio para el seguimiento y control pre-establecido referente al combustible que ha de utilizar cada vehículo durante el periodo de duración del proyecto sin ningún tipo de alteraciones, con ello se podría determinar la influencia del combustible utilizado y proponer estrategias para que dicho combustible afecte en menor grado al incremento de dilución en el aceite de motor del vehículo

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, J., Carrasco, M., & Cordova, T. (2013). *Distribucion "t" de student*.
- ASTM International. ASTM E2412-10, Standard Practice for Condition Monitoring of Used Lubricants by Trend Analysis Using Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectrometry (1996). <http://doi.org/10.1520/E2412-10>
- Comisión Europea SAMANCTA. (2012). Contenedores o recipientes para muestras. Retrieved from http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/GeneralProcedures/SampleContainers_ES.htm
- Corporation Noria. (2010). Comprendiendo las diferencias entre los grupos de aceites base.
- Delgado, M. A., & Lopez, J. D. (2004). *La recuperación del material científico de los gabinetes y laboratorios de Física y de Química de los institutos y su aplicación a la práctica docente en secundaria*. Retrieved from https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/bomba_aspirante.htm
- Departamento de Química Analítica Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas Universidad. (2009). *Quimiometría en Química Analítica*. Retrieved from <http://slideplayer.es/slide/1838651/>
- Feedback Networks Technologies. (2013). Calcular la muestra correcta. Retrieved September 20, 2016, from <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculador.html>
- Franco, Y. (2014). *Tesis de Investigación. Medidas de Tenencia Central*. Retrieved from <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/medidas-tendencia-central-media-mediana.html>.
- Gómez Estrada, Y. A. (2013). *Contribución al desarrollo y mejora para la cuantificación de la degradación en aceites lubricantes usados de MCIA a través de la técnica de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)*. Universidad Politécnica de Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.
- Guerrero Palacios, T. F. (2016). *Determinación de la degradación y contaminación del aceite de motores Otto en función del kilometraje recorrido*. Universidad del Azuay. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5643/1/11971.pdf>
- gulf colombia. (2009). Dilución por combustible. Retrieved July 5, 2016, from http://gulfcolumbia.com/downloads/boletines_tecnicos/BOLETIN_2.pdf
- Holdem, N. (2015). Introducción Sistema Lubricación. Retrieved from http://laspalmastecnologica.blogspot.com/2015_03_01_archive.html
- Industria Gasolinera. (2016). Mercado de aceites y lubricantes en México. Un sector en expansión. Retrieved from <http://www.industriagasolinera.com/2013/09/mercado-de-aceites-y-lubricantes-en-mexico-un-sector-en-expansion/>

- Ingeniero Marino. (2016). Clasificación ACEA Lubricantes. Retrieved from <https://ingenieromarino.wordpress.com/2016/01/26/31o-lubricantes/clasificacion-acea-lubricantes/>
- Joerg, R. (2013). Lubricante de larga duración para motores de combustión de gases ácidos. Retrieved from <http://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/111231-Lubricante-de-larga-duracion-para-motores-de-combustion-de-gases-acidos.html>
- Kelly, A., & Harris, M. J. (1998). *Gestión del mantenimiento industrial*. Fundación Repsol.
- LAUNCH Corporation. (2014). Manual de usuario CNC-402a. Retrieved from <http://tools.cnlaunch.com/en/m/product/download.asp?id=9572>
- Lubtechnology. (2012). ANALISIS DE ACEITES Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.
- Madrid, U. C. de. (2010). Estimación de Parámetros Media y Varianza Muestral. *Aula Virtual de Bioestadística*. Retrieved from http://estadistica.bio.ucm.es/mod_intervalos/intervalos4.html
- Mamani Cardenas, E. (2014). *Lubricación*. cusco. Retrieved from <https://www.academia.edu/8831833/LUBRICANTES?auto=download>
- Martínez, A. (2015). Medidas tendencia central: Media Mediana y Moda. Retrieved from <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/media-mediana-moda-medidas-tendencia-central.html>
- Mideros Romero, A., & Martinez Lozano, E. (2013). Diseño de un Laboratorio de Análisis de Aceites Lubricantes en la ESPOL para Sustentar Programas de Mantenimiento Predictivo.
- MotorGiga. (2014). Diccionario Automotriz. Retrieved from <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/aceites-definicion-significado/gmx-niv15-con29.htm>
- Nakamoto, K. (2009). *Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds. Part B, Applications in coordination, organometallic, and bioinorganic chemistry*. Wiley.
- NGK Spark Plug. (2016). Comprobación de los cables de encendido. Retrieved from <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/cables-de-encendido/diagnostico/comprobacion-de-los-cables-de-encendido/>
- Noria Corporation. (2013). Entendiendo los grados de viscosidad SAE para lubricantes de motor. Retrieved from <http://noria.mx/lublearn/entendiendo-los-grados-de-viscosidad-sae-para-lubricantes-de-motor/>
- Noria Corporation. (2014). 20 pasos para la obtención de una muestra de aceite limpia. Retrieved from <http://noria.mx/lublearn/20-pasos-para-la-obtencion-de-una-muestra-de-aceite-limpia/>
- Pérez Galera, J. A. (2005). *Clasificación de los aceites lubricantes. Clasificación SAE*.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2010). Definición de varianza. Retrieved from

<http://definicion.de/varianza/>.

Pértega Díaz, S., & Pita Fernández, S. (2001). Representación gráfica en el análisis de datos. In *Cad Aten Primaria* (pp. 112–117). Retrieved from <http://www.mitecnologico.com/Main/DesviacionEstandar>.

Shell Chile. (2011). Lubricantes y lubricación. Retrieved from <http://www.slideshare.net/germanfajardo/shell2-7887568>

Tormos Martínez, B. (2005). Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado, 28.

Universidad de Alicante. (2013). ESPECTROSCOPIA INFRARROJA.

Widman International SRL. (2004). Como Identificar un Buen Aceite para Motores. Retrieved from <http://www.widman.biz/Seleccion/identificacion.html>

ANEXOS

**ANEXO 1.- CARTA DE COMPROMISO CON PROPIETARIOS DE VEHICULOS
COMPROMISO PARA DESARROLLAR EL PROYECTO: “DETERMINACION DE
LA DEGRADACION Y CONTAMINACION DEL ACEITE DE MOTORES OTTO EN
FUNCION DEL KILOMETRAJE RECORRIDO”.**

En la ciudad de Cuenca, a los.....días del mes de de 2016, comparece por una parte el Señor....., con C.I. No. quien es propietario del vehículo de placas perteneciente a la cooperativa/compañía de taxis....., quien participa del proyecto “**DETERMINACION DE LA DEGRADACION Y CONTAMINACION DEL ACEITE DE MOTORES OTTO EN FUNCION DEL KILOMETRAJE RECORRIDO**” a desarrollarse en la ciudad de Cuenca, vehículo que cumple con las características estipuladas en el diseño del trabajo de grado de la Maestría en Sistemas Vehiculares, propuesto por el Ing. Fernando Guerrero Palacios quien es el responsable técnico del trabajo de investigación a ejecutarse en la Universidad del Azuay, comparecen con el fin de suscribir el presente compromiso:

PRIMERA CLAUSULA: OBJETO.- El objeto del proyecto es determinar el kilometraje óptimo para realizar los cambios de aceite de motor en vehículos a gasolina, en función de los análisis de laboratorio y a las características mínimas establecidas según los índices condenatorios, con los objetivos de reducir: los costos de mantenimiento frecuente para esta clase de transporte y el impacto ambiental por los residuos procedentes de los cambios de aceite.

SEGUNDA CLAUSULA: DURACIÓN.- El período de desarrollo del compromiso inicia en el momento en el que se realiza el cambio de aceite en el taller “PITS” ubicado en la Av. Enrique Arízaga Toral e Isauro Rodríguez y tendrá la duración correspondiente al tiempo que tarde el vehículo en recorrer el kilometraje hasta que los reportes de los análisis del aceite del motor que será monitoreado por los laboratorios de lubricantes participantes en el proyecto indiquen que se ha alcanzado los límites de uso estipulados en los límites condenatorios de TBN, viscosidad y presencia de material particulado en el lubricante.

TERCERA CLAUSULA: INSUMOS.- Para el mantenimiento del sistema de lubricación se utilizará los insumos automotrices para lubricación requeridos por el propietario del automotor, estos son: Aceite de la marca Havoline con la viscosidad SAE y la calidad API SN (la más alta del mercado). Filtro de aceite de la marca CHAMP o PENTIUS,

con el código correspondiente a las características técnicas dispuestas por los catálogos de aplicaciones. Filtro de aire CHAMP, SHOGUN o PENTIUS, con el código según de las características técnicas dispuestas por los catálogos de aplicaciones.

CUARTA CLAUSULA: BENEFICIOS.- El participante del presente proyecto, tendrá los siguientes beneficios:

- Análisis de aceites del motor a realizarse en los laboratorios calificados de la ciudad de Guayaquil “Swissoil” e interpretación de resultados de los mismos sin costo.
- Mano de obra y asesoría técnica calificada para el desarrollo del mantenimiento, sin costo para el propietario del vehículo.
- Descuentos del 18 % en el valor de los insumos requeridos para los cambios de aceite respecto al precio oficial de venta de los productos en la empresa “PITS” (precios correspondientes a lista de precios al por mayor) por el lapso de 2 meses, y luego un descuento preferencial para la clase del transporte que participo en el proyecto por tiempo indefinido.

QUINTA CLAUSULA: INCUMPLIMIENTOS.- Perderá todos los beneficios anotados en la cláusula anterior quienes no cumplan con las siguientes estipulaciones:

- Acudir al taller de mantenimiento “PITS” en los kilometrajes acordados (tolerancia +/- 200 km) al momento de iniciar el cambiar el aceite.
- Si se ha adicionado cualquier sustancia ajena al aceite que se colocó al momento de iniciar el proyecto y que adultere la composición del mismo.
- Permanecer en el proyecto hasta que se obtengan los resultados de los laboratorios que indiquen que el aceite debe renovarse a través de la comunicación oficial por parte del responsable técnico del proyecto o del director del mismo.

SEXTA CLAUSULA: RESPALDO TECNICO- El proyecto tiene el respaldo técnico del taller de mantenimiento “PITS” y del laboratorio “Swissoil”, para ofrecer los valores certeros de las pruebas y transmitirlos a los propietarios de los automotores con el objetivo de precautelar el buen funcionamiento del motor del vehículo mientras dure el proyecto de análisis del aceite en el automotor.

Para constancia y ratificación del contenido de las precedentes estipulaciones, los comparecientes suscriben el presente COMPROMISO en dos ejemplares en la ciudad de Cuenca, el de de dos mil quince.

PROPIETARIO AUTOMOTOR

**JUAN JOSÉ CABRERA
RESPONSABLE TECNICO**

**JUAN CARLOS CARRERA
RESPONSABLE TECNICO**

ANEXO 2.- HOJA TECNICA DE LOS ACEITES HAVOLINE 20W50 Y 10W30

HAVOLINE[®] MOTOR OIL
SAE 10W-30, 20W-50

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS

Grado SAE	10W-30	20W-50
<i>Número de</i>	223410	223412
<i>Número MSDS</i>		
Gravedad API	30.5	29.0
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C	68.4 10.3	157.8 17.3
Viscosidad, Arranque en Frío, °C/Poise	-25/62	-15/75
Índice de	137	119
Punto de Inflamación, °C(°F)	>200(392)	>205(401)
Punto de Escurrimiento, °C(°F)	-36(-33)	-24(-11)
Ceniza	0.9	0.9
Número Base, ASTM D2896	8.4	8.5
Fósforo, wt %	0.076	0.077
Zinc, wt %	0.088	0.088
Magnesio, wt	0.004	0.004

Pueden esperarse variaciones menores en la información de pruebas típicas en fabricación normal.

Confirme siempre que el producto seleccionado es consistente con las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a sus condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento del
 24 marzo 2014 PCMO-4300s

ANEXO 3.- TABLAS CONSOLIDADAS CON LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITE S
NUMERO DE INFORME		4560	4716	36	25	
LUBRICANTE	10W30	10W30	10W30	10W30	10W30	
CLIENTE	LUIS CUMBE					
PLACA	ABB-6404	ABB-6404	ABB-6404	ABB-6404	ABB-6404	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	2961	3937	4967	5886	
KILOMETRAJE TOTAL	99237	102198	103174	104204	105123	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	10,3	9,19	9,13	9,05	8,93	8,24 - 12,36
TBN, ASTM D-2896	8,4	5,99	5,72	4,79	4,6	MIN 4,2
DILUCION ASTM E 2412	0	4,05	5,22	11,65	11,21	MAXIMO 5%
METALES DE DESGASTE						
CROMO ppm	0	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	2	2	3	3	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	1	0	40
ALUMINIO ppm	0	1	1	1	1	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	3	4	6	6	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	4	6	6	40
El aceite se degrada por dilución de combustible al aproximarse a los 4000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITES
NUMERO DE INFORME		3997	4064	4095	4149	
LUBRICANTE	10W30	10W30	10W30	10W30	10W30	
CLIENTE	LUIS JARA					
PLACA	AAA-2260	AAA-2260	AAA-2260	AAA-2260	AAA-2260	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3612	3879	4952	5723	
KILOMETRAJE TOTAL	216313	219925	220192	221265	222036	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	10,3	9,04	9	9,01	8,88	8,24 - 12,36
TBN, ASTM D-2896	8,4	4,79	4,48	4	3,71	MIN 4,2
DILUCION ASTM E 2412	0	4,05	4,63	5,22	10,63	MAX 5%
METALES DE DESGASTE ASTM D-6595						
CROMO ppm	0	1	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	1	0	0	1	10
COBRE ppm	0	0	0	0	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	1	2	3	40
PLOMO ppm	0	1	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	5	6	7	9	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	6	6	8	10	40
El aceite se degrada por dilución de combustible y disminución del TBN antes de cumplir los 5000 km de recorrido. El aceite no esta apto para continuar el servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITE S
NUMERO DE INFORME		3996	4064	4096	4148	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE	THELMO PUGO					
PLACA	AAS-0179	AAS-0179	AAS-0179	AAS-0179	AAS-0179	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	2953	4313	5025	6021	
KILOMETRAJE TOTAL	972641	975594	976954	977666	978662	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	16,48	16,37	16,33	16,22	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	6	5,22	4,88	4,48	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	2,44	3,47	4,05	7,41	MAX 5%
METALES DE DESGASTE						
CROMO ppm	0	4	3	4	3	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	2	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	2	3	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	8	8	9	10	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	6	6	7	8	40
El aceite se degrada por dilución de combustible en el intervalo entre 5000 km y 6000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITE S
NUMERO DE INFORME		3803	3913	3954	3955	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE	TITO MORALES	TITO MORALE S	TITO MORALE S	TITO MORALE S	TITO MORALE S	
PLACA	AAA-1198	AAA-1198	AAA-1198	AAA-1198	AAA-1198	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3133	4343	5246	6148	
KILOMETRAJE TOTAL	768045	771178	772388	773291	774193	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	16,15	15,94	16,02	16	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,14	4,49	4,13	3,76	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	3,61	4,05	3,76	4,05	MAX 5%
METALES DE DESGASTE						
CROMO ppm	0	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	1	1	10
COBRE ppm	0	3	4	4	5	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	1	1	1	2	40
PLOMO ppm	0	0	0	1	0	50
HIERRO ppm	0	4	5	6	7	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	5	6	7	8	40
El aceite se degrada por disminución del TBN luego de superar los 5000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITES
NUMERO DE INFORME		3659	3690	3799	3804	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		WASHINGTON DURAN	WASHINGTON DURAN	WASHINGTON DURAN	WASHINGTON DURAN	
PLACA	AAX-385	AAX-385	AAX-385	AAX-385	AAX-385	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3168	4465	5377	5955	
KILOMETRAJE TOTAL	343645	346813	348110	349022	349600	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,76	15,55	15,36	15,51	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	6,19	5,81	5,09	5,28	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	6,24	5,66	5,8	5,66	MAX 5%
METALES DE DESGASTE						
CROMO ppm	0	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	1	10
COBRE ppm	0	1	1	2	2	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	1	40
ALUMINIO ppm	0	2	1	1	2	40
PLOMO ppm	0	1	1	1	2	50
HIERRO ppm	0	25	22	30	30	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	5	4	5	5	40
El aceite presenta dilución de combustible excesiva que lo degrada antes del kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITE S
NUMERO DE INFORME		39	75	76	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		CRISTIAN ORDOÑEZ	CRISTIAN ORDOÑEZ	CRISTIAN ORDOÑEZ	
PLACA		AAA-1077	AAA-1077	AAA-1077	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3967	5112	5933	
KILOMETRAJE TOTAL	394370	398337	399482	400303	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	13,89	13,87	13,99	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,96	4,57	4,23	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	15,74	19,25	17,93	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	1	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	3	4	5	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	8	9	10	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	6	6	7	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de cumplir los 4000 km de recorrido, también se condensa por disminución del TBN antes de cumplir los 6000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		4717	37	40	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		M. MERCEDEZ QUINDE	M. MERCEDEZ QUINDE	M. MERCEDEZ QUINDE	
PLACA		ABD-4329	ABD-4329	ABD-4329	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3894	4959	5694	
KILOMETRAJE TOTAL	128607	132501	133566	134301	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	8,84	10,22	10,25	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,04	3,94	3,46	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	10,33	15,6	16,03	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	1	0	1	30
NIQUEL ppm	0	0	0	1	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	1	0	1	40
ALUMINIO ppm	0	3	3	4	40
PLOMO ppm	0	0	0	1	50
HIERRO ppm	0	11	11	14	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	19	16	20	40
El aceite se degrada por disminución de la viscosidad, disminución del TBN y por dilución de combustible antes de cumplir los 4000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		4276	4316	4437	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		PABLO ALTAMIRANO	PABLO ALTAMIRANO	PABLO ALTAMIRANO	
PLACA	AAX-0160	AAX-0160	AAX-0160	AAX-0160	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	4115	5256	6372	
KILOMETRAJE TOTAL	373058	377173	378314	379430	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	13,2	13,34	13,26	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,2	4,65	4,26	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	10,48	11,5	13,4	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	4	6	6	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	2	2	2	50
ESTAÑO ppm	0	1	1	1	40
ALUMINIO ppm	0	7	8	10	40
PLOMO ppm	0	1	1	2	50
HIERRO ppm	0	63	67	71	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	11	13	15	40
El aceite se degrada por disminución de la viscosidad y por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra. El aceite no esta apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITE S
NUMERO DE INFORME		256	254	255	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		PEDRO CALLE	PEDRO CALLE	PEDRO CALLE	
PLACA		AAA-1412	AAA-1412	AAA-1412	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	4302	5691	6116	
KILOMETRAJE TOTAL	532190	536492	537881	538306	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,48	15,49	15,53	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,54	5,03	4,97	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	10,63	11,5	11,5	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	1	1	10
COBRE ppm	0	0	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	3	3	40
PLOMO ppm	0	0	0	1	50
HIERRO ppm	0	7	8	8	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	5	7	7	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		24	38	77	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		VICTOR PEREZ	VICTOR PEREZ	VICTOR PEREZ	
PLACA		PQL-0725	PQL-0725	PQL-0725	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	4169	5340	5970	
KILOMETRAJE TOTAL	340680	344849	346020	346650	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,29	14,94	15,13	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,62	3,92	3,88	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	12,82	15,89	15,89	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	1	10
COBRE ppm	0	1	2	2	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	1	40
ALUMINIO ppm	0	1	2	3	40
PLOMO ppm	0	0	0	1	50
HIERRO ppm	0	4	6	7	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	5	7	7	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra, se condensa también por disminución del TBN luego de superar los 5000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		4150	4277	4436	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		VINICIO TOAPANTA	VINICIO TOAPANTA	VINICIO TOAPANTA	
PLACA		PQC-0281	PQC-0281	PQC-0281	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3711	5001	5987	
KILOMETRAJE TOTAL	401598	405309	406599	407585	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,89	15,97	15,97	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,18	3,8	3,04	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	8	4,05	8,29	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	1	1	1	40
PLOMO ppm	0	0	1	0	50
HIERRO ppm	0	3	4	5	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	5	6	40
El aceite se degrada por dilución de combustible y por disminución del TBN antes de llegar a los 4000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBI O	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		248	249	250	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		WASHINGTON DURAN	WASHINGTON DURAN	WASHINGTON DURAN	
PLACA		AAX-3852	AAX-3852	AAX-3852	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	4251	5199	6700	
KILOMETRAJE TOTAL	394418	398669	399647	401148	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,66	15,69	15,41	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,97	5,44	4,97	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	12,23	11,21	12,53	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	1	1	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	1	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	3	40
PLOMO ppm	0	1	0	0	50
HIERRO ppm	0	27	31	36	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	5	6	7	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		257	252	369	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		MARIO CALLE	MARIO CALLE	MARIO CALLE	
PLACA		AAA-1107	AAA-1107	AAA-1107	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3995	5052	6053	
KILOMETRAJE TOTAL	417730	421725	422782	423783	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,73	15,97	16,37	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,52	3,98	3,51	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	11,36	8,58	6,68	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	1	1	2	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	4	4	5	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	5	6	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de cumplir 4000 km de servicio, también se degrada por disminución del TBN al aproximarse a los 5000km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITE S
NUMERO DE INFORME		74	253	370	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		PABLO PERALTA	PABLO PERALTA	PABLO PERALTA	
PLACA		UBT-383	UBT-383	UBT-383	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3921	4810	5717	
KILOMETRAJE TOTAL	94220	98141	99030	99937	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	13,84	13,89	14,03	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	6,34	6,25	5,66	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	16,33	14,13	9,02	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	1	1	0	30
NIQUEL ppm	0	0	1	1	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	1	1	40
ALUMINIO ppm	0	11	14	15	40
PLOMO ppm	0	3	4	4	50
HIERRO ppm	0	50	65	70	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	38	49	49	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de cumplir los 4000 km de recorrido, además se condensa por exceder el límite condenatorio referente a Silicio antes de cumplir 5000 km. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		251	378	454	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		POLIVIO LOJA	POLIVIO LOJA	POLIVIO LOJA	
PLACA		UBU-064	UBU-064	UBU-064	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3261	4949	5877	
KILOMETRAJE TOTAL	748343	751604	753292	754220	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,37	15,25	14,93	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,52	4,39	3,88	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	8,2	9,75	10,63	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	1	30
NIQUEL ppm	0	1	0	1	10
COBRE ppm	0	0	0	0	50
ESTAÑO ppm	0	1	0	1	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	4	40
PLOMO ppm	0	1	1	3	50
HIERRO ppm	0	6	8	9	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	6	8	40
El aceite se degrada por dilución de combustible desde aproximadamente los 3000km de servicio, se condensa también por una disminución del TBN antes de cumplir los 6000km de servicio. EL aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITE S
NUMERO DE INFORME		371	372	379	380	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		LENIN TENESAC A	LENIN TENESAC A	LENIN TENESAC A	LENIN TENESAC A	
PLACA		UAH-0655	UAH-0655	UAH-0655	UAH-0655	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	2593	4179	5132	5789	
KILOMETRAJE TOTAL	408346	410939	412525	413478	414135	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,93	16	15,84	15,86	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,59	4,9	4,59	4,7	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	5,51	5,22	7,41	7,56	MAX 5%
METALES DE DESGASTE						
CROMO ppm	0	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	1	2	2	2	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	4	5	6	6	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	5	5	6	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de cumplir los 3000km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS				LIMITES
NUMERO DE INFORME		377	512	643	768	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		MANUEL ALBARRACIN	MANUEL ALBARRACIN	MANUEL ALBARRACIN	MANUEL ALBARRACIN	
PLACA		AAX-0584	AAX-0584	AAX-0584	AAX-0584	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	2966	3988	5106	5947	
KILOMETRAJE TOTAL	265447	268413	269435	270553	271394	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,33	15,52	15,38	15,23	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	6,41	6,11	5,1	4,89	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	10,19	9,32	10,63	9,75	MAX 5%
METALES DE DESGASTE						
CROMO ppm	0	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	1	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	1	1	40
PLOMO ppm	0	1	1	2	2	50
HIERRO ppm	0	17	20	17	18	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	5	5	6	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de cumplir los 3000 km de recorrido. El aceite no está apto para continuar en servicio.						

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		453	522	807	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		GILBERTH SANCHEZ	GILBERTH SANCHEZ	GILBERTH SANCHEZ	
PLACA		AAA-1462	AAA-1462	AAA-1462	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3741	4988	6001	
KILOMETRAJE TOTAL	331679	335420	336667	337680	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	14,75	15,12	14,51	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,05	4,48	3,98	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	10,63	11,5	13,4	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	1	1	2	30
NIQUEL ppm	0	0	0	1	10
COBRE ppm	0	1	2	3	50
ESTAÑO ppm	0	0	1	1	40
ALUMINIO ppm	0	2	3	5	40
PLOMO ppm	0	2	2	3	50
HIERRO ppm	0	13	18	24	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	7	9	15	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de cumplir los 4000 km de recorrido, además se condena por disminución del TBN para el kilometraje de la última muestra. EL aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		523	524	525	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		RENE CARRION	RENE CARRION	RENE CARRION	
PLACA		AAX-482	AAX-482	AAX-482	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	4551	5413	6239	
KILOMETRAJE TOTAL	546629	551180	552042	552868	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,28	15,56	15,58	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,96	4,47	4,3	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	11,36	10,34	11,36	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	2	3	4	30
NIQUEL ppm	0	0	0	1	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	1	0	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	2	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	9	10	10	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	5	6	7	40
El aceite se condensa por dilución de combustible superando ampliamente el límite condenatorio desde la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS		LIMITES
NUMERO DE INFORME		512	642	
LUBRICANTE	10W30	10W30	10W30	
CLIENTE		JULIO PALACIOS	JULIO PALACIOS	
PLACA		PBK-1704	PBK-1704	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	5490	6090	
KILOMETRAJE TOTAL	100923	106413	107013	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	10,3	8,9	9	8,24 - 12,36
TBN, ASTM D-2896	8,4	3,78	3,61	MIN 4,2
DILUCION ASTM E 2412	0	16,62	15,89	MAX 5%
METALES DE DESGASTE				
CROMO ppm	0	1	0	30
NIQUEL ppm	0	2	2	10
COBRE ppm	0	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	1	1	40
ALUMINIO ppm	0	3	3	40
PLOMO ppm	0	1	0	50
HIERRO ppm	0	8	9	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	11	13	40
El aceite se degrada por disminución del TBN y por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.				

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		515	516	808	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		JOSE CABRERA	JOSE CABRERA	JOSE CABRERA	
PLACA		POA-441	POA-441	POA-441	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3722	4742	5847	
KILOMETRAJE TOTAL	117210	120932	121952	123057	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	13,85	14,34	14,22	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,87	4,73	4,26	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	14,87	13,7	12,38	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	0	0	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	1	1	1	50
ESTAÑO ppm	0	0	1	0	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	1	40
PLOMO ppm	0	0	1	0	50
HIERRO ppm	0	6	6	6	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	4	4	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITES
NUMERO DE INFORME		513	514	640	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		FERNANDO SOLANO	FERNANDO SOLANO	FERNANDO SOLANO	
PLACA		AAX-383	AAX-383	AAX-383	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	4170	5001	5961	
KILOMETRAJE TOTAL	506947	511117	511948	512908	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	15,26	15,26	15,08	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	5,71	5,07	4,71	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	10,05	10,04	12,38	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	0	1	1	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	2	2	3	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	1	40
ALUMINIO ppm	0	2	2	3	40
PLOMO ppm	0	0	0	0	50
HIERRO ppm	0	5	6	8	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	4	5	8	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de llegar al kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

	CAMBIO	MUESTRAS			LIMITE S
NUMERO DE INFORME		641	769	770	
LUBRICANTE	20W50	20W50	20W50	20W50	
CLIENTE		PAUL MATUTE	PAUL MATUTE	PAUL MATUTE	
PLACA		AFT-662	AFT-662	AFT-662	
KILOMETRAJE DE SERVICIO	0	3950	4956	5923	
KILOMETRAJE TOTAL	563790	567740	568746	569713	
VISCOSIDAD A 100°C CST, ASTM 445	17,3	14,69	14,22	14,37	13,84 - 20,76
TBN, ASTM D-2896	8,5	4,91	4,7	4,3	MIN 4,25
DILUCION ASTM E 2412	0	15,6	13,26	13,11	MAX 5%
METALES DE DESGASTE					
CROMO ppm	0	2	3	4	30
NIQUEL ppm	0	0	0	0	10
COBRE ppm	0	2	3	3	50
ESTAÑO ppm	0	0	0	1	40
ALUMINIO ppm	0	6	8	11	40
PLOMO ppm	0	3	4	4	50
HIERRO ppm	0	21	27	34	100
ELEMENTO SILICIO ppm	0	20	27	33	40
El aceite se degrada por dilución de combustible antes de alcanzar el kilometraje de la primera muestra. El aceite no está apto para continuar en servicio.					

ANEXO 4.- TABLA “t” DE STUDENT

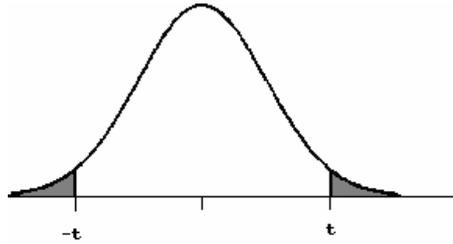
Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

Tabla de Cuantiles de la distribución "t" de Student



- (a) El área de las dos colas está sombreada en la figura.
 (b) Si H_A es direccional, las cabeceras de las columnas deben ser divididas por 2 cuando se acota el P-valor.

gl	0,2	0,1	ÁREA DE DOS		COLAS	0,001	0,0001
					0,01		
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	6366,198
2	1,886	2,92	4,303	6,695	9,925	31,598	99,992
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	28
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,61	15,544
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	11,178
6	1,44	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	9,082
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	7,885
8	1,397	1,86	2,306	2,896	3,355	5,041	7,12
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,25	4,781	6,594
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	6,211
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	5,921
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	5,694
13	1,35	1,771	2,16	2,65	3,012	4,221	5,513
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,14	5,363
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073	5,239
16	1,337	1,746	2,12	2,583	2,921	4,015	5,134
17	1,333	1,74	2,11	2,567	2,898	3,965	5,044
18	1,33	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922	4,966
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883	4,897
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,85	4,837
21	1,323	1,721	2,08	2,518	2,831	3,819	4,784
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792	4,736
23	1,319	1,714	2,069	2,5	2,807	3,767	4,693
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745	4,654
25	1,316	1,708	2,06	2,485	2,787	3,725	4,619
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707	4,587
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,69	4,558
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674	4,53
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659	4,506
30	1,31	1,697	2,042	2,457	2,75	3,646	4,482
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551	4,321
60	1,296	1,671	2	2,39	2,66	3,46	4,169
100	1,29	1,66	1,984	2,364	2,626	3,39	4,053
140	1,288	1,656	1,977	2,353	2,611	3,361	4,006
∞	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576	3,291	3,891

ANEXO 5.- RESULTADOS DE ANÁLISIS “T” DE STUDENT MEDIANTE EL SOFTWARE SPSS

T-TEST PAIRS=VISCOSIDADANTES TBNANTES DILUCIONANTES WITH VISCOSIDADDESPUES TBNDESPUES DILUCIONDESPUES (PAIRED)
 /CRITERIA=CI(.9500)
 /MISSING=ANALYSIS.

Prueba T de muestras relacionadas

Notas		
Resultados creados		30-oct-2016 08:55:57
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	12
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de los perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos que no tienen datos perdidos ni quedan fuera de rango en cualquiera de las variables del análisis.
Sintaxis		T-TEST PAIRS=VISCOSIDADANTES TBNANTES DILUCIONANTES WITH VISCOSIDADDESPUES TBNDESPUES DILUCIONDESPUES (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Recursos	Tiempo de procesador	00 00:00:00,016
	Tiempo transcurrido	00 00:00:00,013

[Conjunto_de_datos1]

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	VISCOSIDAD ANTES	15,0192	12	,78889	,22773
	VISCOSIDAD DESPUES	15,4333	12	,85707	,24741
Par 2	TBN ANTES	4,5717	12	,41556	,11996
	TBN DESPUES	5,7300	12	,89084	,25716
Par 3	DILUCION ANTES	10,8217	12	4,16337	1,20186
	DILUCION DESPUES	7,6875	12	3,15256	,91007

Correlaciones de muestras relacionadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	VISCOSIDAD ANTES y	12	,871	,000
	VISCOSIDAD DESPUES			
Par 2	TBN ANTES y TBN	12	,582	,047
	DESPUES			
Par 3	DILUCION ANTES y	12	,699	,011
	DILUCION DESPUES			

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		Superior			
				Inferior	Superior				
Par 1 VISCOSIDAD ANTES - VISCOSIDAD DESPUES	,41417	,42387	,12236	,68348	,14485	3,385	11	,006	
Par 2 TBN ANTES - TBN DESPUES	1,15833	,73156	,21118	1,62314	,69352	5,485	11	,000	
Par 3 DILUCION ANTES - DILUCION DESPUES	3,13417	2,98608	,86201	1,23690	5,03143	3,636	11	,004	

ANEXO 6.- INFORMES DE ANALISIS REPORTADOS POR EL LABORATORIO SWISSOIL POSTERIORES AL MANTENIMIENTO

swissoil.

REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	248	249	250
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50	HAVOLINE 20W50	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	WASHINGTON DURÁN	WASHINGTON DURÁN	WASHINGTON DURÁN
REQUERIDO POR:	CONAUTO CIENCA	CONAUTO CIENCA	CONAUTO CIENCA
REFERENCIA	010/16	010/16	010/16
NUMERO DE MUESTRA:	1	2	3
FECHA DE OBTENCIÓN:	13/01/2016	15/01/2016	18/01/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/01/2016	19/01/2016	19/01/2016
FECHA DE ENTREGA:	25/01/2016	25/01/2016	25/01/2016
PROCEDENCIA:	AAX-3852	AAX-3852	AAX-3852
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4.251	5.199	6.700
HORÓMETRO TOTAL: KM	398.669	399.647	401.148
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO	CAFÉ OSCURO	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	15.66	15.69	15.41
TBN , ASTM D-2896	5.97	5.44	4.97
DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E 2412	12.23	11.21	12.53
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595			
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr,	0	0	0
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni,	1	1	0
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu,	1	1	1
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn,	1	0	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al,	2	2	3
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb,	1	0	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe,	27	31	36
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	5	6	7



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3830
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	CRISTIAN ORDOÑEZ
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	051/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	04/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	AAA-1077
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4932
HORÓMETRO TOTAL: KM	409234
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	14.12
TBN , ASTM D-2896	5.29
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	13.57
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	1
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	1
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	3
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	4
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	3



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3829
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	FERNANDO SOLANO
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	050/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	17/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	AAX-383
TIEMPO DE SERVICIO: KM	5283
HORÓMETRO TOTAL: KM	522071
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	15.96
TBN , ASTM D-2896	6.21
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	7.13
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	1
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	2
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	1
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	2
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	2
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	5
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	6



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3828
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	GILBERTH SANCHEZ
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	049/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	19/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	AAA-1462
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4823
HORÓMETRO TOTAL: KM	352633
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	15.20
TBN , ASTM D-2896	5.36
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	7.27
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	0
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	4
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	3
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	10
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	9



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3833
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	JOSE CABRERA
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	055/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	10/02/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	POA-441
TIEMPO DE SERVICIO: KM	5183
HORÓMETRO TOTAL: KM	130722
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	14.15
TBN , ASTM D-2896	6.81
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	9.17
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	0
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	0
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	0
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	3
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	2
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	3



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3827
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	LENIN TENESACA
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	048/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	16/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	UAH-0655
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4907
HORÓMETRO TOTAL: KM	452637
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	16.32
TBN , ASTM D-2896	6.72
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	4.27
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	0
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	0
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	1
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	3
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	3
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	4



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3825
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	MANUEL ALBARRACIN
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	046/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	29/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	AAX-584
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4785
HORÓMETRO TOTAL: KM	285422
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	16.16
TBN , ASTM D-2896	7.29
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	8.46
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	0
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	0
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	1
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	2
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	17
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	5



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3824
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	PABLO ALTAMIRANO
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	045/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	15/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	AAX-160
TIEMPO DE SERVICIO: KM	5077
HORÓMETRO TOTAL: KM	388157
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	14.04
TBN , ASTM D-2896	6.18
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	8.03
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	2
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	3
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	7
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	24
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	2
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	66
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	13



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3836
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	POLIVIO LOJA
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	054/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	12/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	UBU-064
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4628
HORÓMETRO TOTAL: KM	767692
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	15.78
TBN , ASTM D-2896	4.87
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	4.73
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	1
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	0
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	5
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	3
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	9
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	7



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3832
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	RENE CARRION
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	053/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	01/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	AAX-482
TIEMPO DE SERVICIO: KM	5532
HORÓMETRO TOTAL: KM	566302
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	15.61
TBN , ASTM D-2896	4.41
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	5.63
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	4
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	3
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	1
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	12
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	7



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3831
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	VICTOR PEREZ
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	052/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	09/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	PQL-725
TIEMPO DE SERVICIO: KM	4782
HORÓMETRO TOTAL: KM	35415
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	16.25
TBN , ASTM D-2896	5.07
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	10,32
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	1
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	3
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	2
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	0
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	7
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	7



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	3834
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	HAVOLINE 20W50
NOMBRE DEL CLIENTE	VINICIO TOAPANTA
REQUERIDO POR:	CONAUTO CUENCA
REFERENCIA	054/16
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	22/08/2016
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/10/2016
FECHA DE ENTREGA:	07/10/2016
PROCEDENCIA:	PQC-281
TIEMPO DE SERVICIO: KM	5169
HORÓMETRO TOTAL: KM	410772
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	15.92
TBN , ASTM D-2896	5.11
% DILUCION POR COMBUSTIBLE, ASTM E2412	2.46
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	1
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	1
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	0
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	2
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	1
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	1
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	5
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	4

ANEXO 7.- TABLA CONSOLIDADA DE RESULTADOS POSTERIORES AL MANTENIMIENTO

	CLIENTE	ACEITE	PLACA	KILOMETRAJE TOTAL	KILOMETRAJE DE REFERENCIA	KILOMETRAJE DE SERVICIO	VISCOSIDAD	TBN	DILUCION
1	CRISTIAN ORDOÑEZ	20W50	AAA-1077	409234	5000	4932	14,12	5,29	13,57
2	PABLO ALTAMIRANO	20W50	AAX-160	388157	5000	5077	14,04	6,18	8,03
3	VICTOR PEREZ	20W50	PQL-725	35415	5000	4782	16,25	5,07	10,32
4	VINICIO TOAPANTA	20W50	PQC-281	410772	5000	5169	15,92	5,11	2,46
5	LENIN TENESACA	20W50	UAH-0655	452637	5000	4907	16,32	6,72	4,27
6	MANUEL ALBARRACIN	20W50	AAX-584	285422	5000	4785	16,16	7,29	8,46
7	GILBERTH SANCHEZ	20W50	AAA-1462	352633	5000	4823	15,2	5,36	7,27
8	RENE CARRION	20W50	AAX-482	566302	5000	5532	15,61	4,41	5,63
9	JOSE CABRERA	20W50	POA-441	130722	5000	5183	14,15	6,81	9,17
10	FERNANDO SOLANO	20W50	AAX-383	522071	5000	5283	15,96	6,21	7,13
11	WASHINGTON DURAN	20W50	AAX-385	399647	5000	4798	15,69	5,44	11,21
12	POLIVIO LOJA	20W50	UBU-064	766923	5000	4628	15,78	4,87	4,73

**ANEXO 8.- TABLA DE RESULTADOS A LOS 5000 KM ANTES Y DESPUES DEL MANTENIMIENTO –
DIFERENCIA – VARIACIÓN (%)**

VARIACION DE VISCOSIDAD - TBN - DILUCION - MUESTREO ANTES Y DESPUES DE REALIZAR MANTENIMIENTO - 5000KM													
CLIENTE	VISCOSIDAD		TBN		DILUCION		DIFERENCIA VISCOSIDAD	DIFERENCIA TBN	DIFERENCIA DILUCION	VARIACION VISCOSIDAD (%)	VARIACION TBN (%)	VARIACION DILUCION (%)	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES							
1 CRISTIAN ORDOÑEZ	13,87	14,12	4,57	5,29	19,25	13,57	0,25	0,72	5,68	1,80%	15,75%	29,51%	
2 PABLO ALTAMIRANO	13,34	14,04	4,65	6,18	11,5	8,03	0,7	1,53	3,47	5,25%	32,90%	30,17%	
3 VICTOR PEREZ	14,94	16,25	3,92	5,07	15,89	10,32	1,31	1,15	5,57	8,77%	29,34%	35,05%	
4 VINICIO TOAPANTA	15,97	15,92	3,8	5,11	4,05	2,46	0,05	1,31	1,59	0,31%	34,47%	39,26%	
5 LENIN TENESACA	15,84	16,32	4,59	6,72	7,41	4,27	0,48	2,13	3,14	3,03%	46,41%	42,38%	
6 MANUEL ALBARRACIN	15,38	16,16	5,1	7,29	10,63	8,46	0,78	2,19	2,17	5,07%	42,94%	20,41%	
7 GILBERTH SANCHEZ	15,12	15,2	4,48	5,36	11,5	7,27	0,08	0,88	4,23	0,53%	19,64%	36,78%	
8 RENE CARRION	15,56	15,61	4,47	4,41	10,34	5,63	0,05	0,06	4,71	0,32%	1,34%	45,55%	
9 JOSE CABRERA	14,34	14,15	4,73	6,81	13,7	9,17	0,19	2,08	4,53	1,32%	43,97%	33,07%	
10 FERNANDO SOLANO	15,26	15,96	5,07	6,21	10,04	7,13	0,7	1,14	2,91	4,59%	22,49%	28,98%	
11 WASHINGTON DURAN	15,36	15,69	5,09	5,44	5,8	11,21	0,33	0,35	5,41	2,15%	6,88%	93,28%	
12 POLIVIO LOJA	15,25	15,78	4,39	4,87	9,75	4,73	0,53	0,48	5,02	3,48%	10,93%	51,49%	

**ANEXO 9.- CERTIFICACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ACEITE –
CONAUTO**

Cuenca, 29 de diciembre de 2016

A petición de las partes interesadas

CERTIFICO:

Que los **Srs. Juan Carlos Carrera Tenorio** C.I: 0104158910 y **Juan José Cabrera Ordoñez** C.I: 0104792460, entregaron **TRECE** muestras de aceites de motor a mi representada CONAUTO C.A. para posterior envío y análisis en los laboratorios de SWISSOIL, resultados que son verídicos y consecuentemente son información válida para la estructura de su proyecto de tesis.

Es todo lo que puedo informar en honor a la verdad, pudiendo los interesados hacer uso de este certificado como crean conveniente.

Atentamente
CONAUTO C.A.

Ing. Xavier Armas
GERENTE
CONAUTO CU

