



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Automotriz

**ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE LOS LUBRICANTES
UTILIZADOS EN MOTOR Y TRANSMISIÓN DE LOS
VEHÍCULOS RECOLECTORES A DIESEL DE LA EMAC EP**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Autor:

Víctor Manuel Espinoza Segarra

Director:

César Vinicio Arévalo Vélez

Cuenca, Ecuador

2012

DEDICATORIA

En primer lugar dedico esta tesis a mis hijos Víctor Hugo y Sofía, por ustedes es la lucha diaria y el ánimo de seguir de cada día, porque todavía estamos unidos en los buenos y malos momentos, y lo seguiremos haciendo.

Este trabajo nunca se hubiera realizado sin el apoyo de mis padres Hugo y María Elena, de Norma, de mis hermanos, hermanas, sobrinas, de mis buenos amigos, a todos ustedes les dedico este esfuerzo y mil gracias por todo el amor, respaldo y cariño.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos al Ing. César Arévalo, Director del Departamento Técnico de EMAC EP; al Ing. Juan Cendón, Gerente de Mantenimiento de EMAC EP; al Ing. José Ventura, Jefe de Laboratorio de Lubrival S.A. y a todas las personas que directa o indirectamente hicieron posible la realización del presente trabajo.

10/10/12

RESUMEN

ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE LOS LUBRICANTES UTILIZADOS EN MOTOR Y TRANSMISIÓN DE LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES A DIESEL DE LA EMAC EP

En este trabajo se expone un estudio para evaluar la eficiencia de uso de los aceites de motor y transmisión de la flota vehicular a diesel de la EMAC EP, se realizó un muestreo de los lubricantes considerando las etapas más importantes de evaluación y se extendió los intervalos de uso según los resultados previos; la parte práctica se ejecutó en condiciones apropiadas que permitieron obtener información fiable, los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en las instalaciones de Lubrival S.A. a donde fueron remitidas las muestras. En la interpretación de resultados se relacionaron, en función de la información disponible, las condiciones mecánicas y operativas de los vehículos.

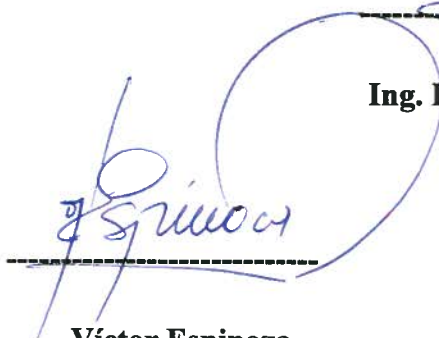
Palabras clave: aceites, lubricantes, análisis, muestreo, laboratorio, viscosidad, motor, transmisión.



Ing. César Arévalo
DIRECTOR



Ing. Fernando Muñoz
TRIBUNAL



Víctor Espinoza
AUTOR

Handwritten signature and date 10/10/12

ABSTRACT

STUDY OF THE DEGRADATION OF LUBRICATING OIL EMPLOYED IN THE ENGINE/DRIVE OF DIESEL TRASH COLLECTOR VEHICLES FROM EMAC EP

This work presents a study to evaluate the efficiency of the use of engine/drive oils in the fleet of vehicles of EMAC EP. A sample of the lubricating oils was made taking into consideration the most important stages of evaluation; and the intervals of use were extended according to the previous results. The practical part was executed under proper conditions that allowed us to obtain reliable information. The laboratory analyses were carried out in the facilities of Lubrival S.A. where the samples were submitted. During the interpretation of the results we established relationships between the information available, and the vehicle's mechanical and operative conditions.

Key words: oils, lubricating, analysis, sample, laboratory, viscosity, engine, drive.

Handwritten signature of Ing. Cesar Arévalo

Ing. Cesar Arévalo

DIRECTOR

Handwritten signature of Ing. Fernando Muñoz
Ing. Fernando Muñoz

TRIBUNAL

Handwritten signature of Víctor Espinoza

Víctor Espinoza

AUTOR

Handwritten signature of Diana Lee Rodas
UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Handwritten signature of Diana Lee Rodas
Translated by,
Diana Lee Rodas

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPITULO I: LUBRICACIÓN Y GENERALIDADES DE LOS ACEITES	
1.1 Introducción.....	3
1.2 Tribología.....	4
1.2.1 Superficies de contacto.....	5
1.2.2 Desgaste	6
1.2.3 Lubricación.....	7
1.3 Propiedades físicas y químicas de los lubricantes.....	8
1.3.1 Viscosidad.....	9
1.3.2 Adherencia.....	10
1.3.3 Punto de congelación.....	11
1.3.4 Punto de inflamación.....	11
1.3.5 Estabilidad química.....	11
1.3.6 Grado de acidez	11
1.3.7 Cenizas Sulfatadas	12

1.4 Fabricación de aceites	12
1.4.1 Aceite base de origen mineral	12
1.4.2 Aceite base sintético	14
1.4.3 Aditivos.....	15
1.5 Clasificación y Normativa para lubricantes	18
1.5.1 Clasificación SAE.....	18
1.5.2 Clasificación API.....	20
1.5.3 Normas de ensayo INEN	23

CAPITULO II: ANALISIS DE ACEITE E INTERPRETACIÓN

2.1 Introducción.....	27
2.2 Métodos de análisis de aceite	27
2.2.1 Análisis de degradación.....	28
2.2.2 Análisis de contaminación.....	32
2.2.3 Análisis de desgaste	34
2.3 Comportamiento y evaluación de la degradación del aceite.....	36
2.3.1 Viscosidad.....	36
2.4 Análisis de componentes	47
2.4.1 Motor.....	47
2.4.2 Conjuntos de transmisión.....	53
2.5 Materiales de desgaste	56

CAPITULO III: SITUACIÓN ACTUAL DE EMAC EP Y MUESTREO DE ACEITE

3.1 Introducción.....	59
3.2 Situación actual de la EMAC EP	60

3.2.1 Lubricantes.....	60
3.2.2 Ubicación geográfica y condiciones climáticas.....	61
3.2.3 Vehículos.....	62
3.2.4 Condiciones de trabajo	63
3.3 Establecimiento de intervalos de muestreo de aceite.....	63
3.3.1 Intervalo de muestreo de aceite de motor.....	64
3.3.2 Intervalo de muestreo de aceite para caja de cambios y diferencial	65
3.4 Muestreo del aceite	67
3.4.1 Implementos y accesorios utilizados para la toma de muestras de aceite	68
3.4.2 Manejo de los implementos y accesorios utilizados para la toma de muestras de aceite	70
3.4.3 Muestreo.....	71
3.4.4 Resultados de cronograma de muestreo.....	72

CAPITULO IV: INFORME DE RESULTADOS

4.1 Desarrollo.....	75
4.1.1 Vehículo 22.....	77
4.1.2 Vehículo 23.....	80
4.1.3 Vehículo 24.....	83
4.1.4 Vehículo 25.....	86
4.1.5 Vehículo 26.....	89
4.1.6 Vehículo 27.....	92
4.1.7 Vehículo 28.....	94
4.1.8 Vehículo 29.....	97
4.1.9 Vehículo 30.....	99

4.1.10 Vehículo 31.....	102
4.1.11 Vehículo 32.....	105
4.1.12 Vehículo 37.....	108
4.1.13 Vehículo 38.....	110
4.1.14 Vehículo 39.....	112
4.1.15 Vehículo 40.....	114
4.1.16 Vehículo 43.....	116
4.1.17 Vehículo 44.....	118
4.1.18 Vehículo 45.....	120
4.1.19 Vehículo 46.....	122
4.1.20 Vehículo 47.....	125
4.1.21 Vehículo 50.....	128
4.1.22 Vehículo 51.....	130
4.1.23 Vehículos fuera de operación	132
4.2 Resultados flota Volkswagen 31370.....	137
4.2 Resultados flota Sterling	145
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
BIBLIOGRAFIA.....	151
ANEXO A.....	153

INDICE DE FIGURAS

1.1 Superficies concordantes.....	5
1.2 Superficies no concordantes.....	5
1.3 Diferencia de viscosidad de dos aceites de transmisión.....	9
1.4 Destilación de petróleo a presión atmosférica.....	13
1.5 Estructura parafínica.....	14
1.6 Estructura nafténica y aromática.....	14
1.7 Estructura molecular y fuerzas de rozamiento.....	15
1.8 Rotulado en recipiente de aceite.....	25
2.1 Máquina de baño termostático.....	29
2.2 Viscosímetro Cannon Fenske y Cannon Routine.....	29
2.3 Scan infrarrojo.....	30
2.4 Lente de refracción.....	31
2.5 Visualización de información scan infrarrojo.....	31
2.6 Curva característica de un aceite nuevo SAE 15W40.....	32
2.7 Plancha para prueba de chisporroteo.....	33
2.8 Setaflash.....	34
2.9 Espectrómetro de absorción atómica.....	35
2.10 Llama en zona de muestreo.....	36
2.11 Curva viscosidad – temperatura aceite 15 W 40.....	37
2.12 Curva viscosidad – temperatura de aceites de transmisión.....	39
2.13 Cizallamiento producido por baja viscosidad en muñón de bancada.....	41
2.14 Desgate en cojinete por insuficiente espesor de película lubricante.....	43
2.15 Holgura de cojinetes y espesor de película lubricante.....	49
2.16 Desgaste normal en levas de admisión y escape.....	51
2.17 Conjunto válvula, guía y asiento.....	52
2.18 Engranaje helicoidal de una caja de cambios.....	54
2.19 Anillo sincronizador.....	54
2.20 Rodamientos de aguja.....	55
3.1 Intervalo de muestreo para motores de vehículos Sterling, International, Mack.....	64
3.2 Intervalo de muestreo para motores de vehículos Volkswagen 31370, 17310 e Hino FM.....	65
3.3 Intervalo de muestreo para conjuntos de transmisión de vehículos Sterling, International, Hino FM, Mack y Volkswagen 17310.....	66
3.4 Intervalo de muestreo para conjuntos de transmisión de vehículos Volkswagen 17310.....	67
3.5 Implementos y accesorios.....	68
3.6 Despiece de bomba de succión.....	68
3.7 Mangueras.....	69
3.8 Depósitos de 100 ml.....	70
3.9 Adhesivo de información.....	70
3.10 Bombeado de aceite de motor.....	72
3.11 Bombeado de aceite de diferencial.....	72
4.1 Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 22.....	78
4.2 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 22.....	79
4.3 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 22.....	80
4.4 Tendencia de concentración de materiales de la caja de cambios unidad 23....	81
4.5 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 23.....	82

4.6 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 23.....	83
4.7 Tendencia de concentración de materiales de la caja de cambios unidad 24...	85
4.8 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 24.....	85
4.9 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 24.....	86
4.10 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 25.....	88
4.11 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 25.....	89
4.12 Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 26.....	90
4.13 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 26.....	91
4.14 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 26.....	92
4.15 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 27.....	93
4.16 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 27.....	94
4.17 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 28.....	96
4.18 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 28.....	97
4.19 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 29.....	98
4.20 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 29.....	99
4.21 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 30.....	101
4.22 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 30.....	102
4.23 Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 30.....	103
4.24 Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 32.....	106
4.25 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 32.....	107
4.26 Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 32.....	107
4.27 Tendencia de concentración de materiales de la caja de cambios unidad 37.	109
4.28 Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 37.....	110
4.29 Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 38.....	111
4.30 Tendencia de concentración de materiales de caja de cambios unidad 39...	113
4.31 Tendencia de concentración de materiales de caja de cambios unidad 43...	117
4.32 Valores de alarma en el diferencial de la unidad 44.....	119
4.33 Tendencia de concentración de materiales de caja de cambios unidad 46...	123
4.34 Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 46.....	124
4.35 Tendencia de concentración de materiales de caja de cambios unidad 47...	126
4.36 Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 47.....	127
4.37 Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 50.....	129
4.38 Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 50.....	130
4.39 Tendencia de concentración de materiales de caja de cambios unidad 51...	131
4.40 Valores de alarma en el diferencial de la unidad 51.....	132
4.41 Unidad 1.....	133
4.42 Unidad 2.....	133
4.43 Unidad 8.....	133
4.44 Unidad 10.....	134
4.45 Unidad 12.....	134
4.46 Unidad 19.....	134
4.47 Unidad 20.....	135
4.48 Unidad 21.....	135
4.49 Unidad 33.....	135
4.50 Unidad 36.....	136
4.51 Unidad 41.....	136
4.52 Unidad 42.....	136
4.53 Viscosidad de aceite de motor de la flota Volkswagen 31370.....	138
4.54 Tendencia de viscosidad de aceite de motor de la flota Volkswagen 31370..	138
4.55 Concentración de hierro en aceite de caja de la flota Volkswagen.....	140

4.56 Concentración de silicio en aceite de caja de la flota Volkswagen.....	141
4.57 Concentración de hierro en aceite de diferencial de la flota Volkswagen....	142
4.58 Concentración de silicio en aceite de diferencial de la flota Volkswagen....	143
4.59 Media de kilometraje proyectado para aceite de diferencial de la flota Volkswagen 31370.....	144
4.60 Proyección de concentración máxima de hierro y silicio en aceite de Motor de la flota Sterling.....	144
4.61 Promedio de viscosidad de aceite de motor de la flota Sterling.....	145
4.62 Tendencia de saturación de aceite de motor de la flota Sterling.....	146

INDICE DE TABLAS

1.1 Aplicación de aditivos en aceites de motor, transmisión y corona.....	18
1.2 Clasificación SAE para aceites de motor.....	19
1.3 Clasificación SAE para aceites de transmisión.....	19
1.4 Clasificación API para aceites de transmisión.....	23
1.5 Ensayos en lubricantes para motores diesel.....	25
1.6 Ensayos en lubricantes para transmisiones y diferenciales.....	26
2.1 Rangos de viscosidad aceptados en aceites Valvoline.....	30
2.2 Parámetros que generan cambios en la viscosidad.....	40
2.3 Límite de concentración de materiales de desgaste.....	58
3.1 Límite de concentración de materiales de desgaste.....	60
3.2 Características Valvoline Premium Blue.....	61
3.3 Características Valvoline High Performance Gear Oil.....	61
3.4 Promedio de precipitaciones anuales.....	62
3.5 Listado de Vehículos diesel de la EMAC EP.....	62
3.6 Resultados de cronograma de muestreo de aceites de motor	73
3.7 Resultados de cronograma de muestreo de aceites de caja de cambios.....	73
3.8 Resultados de cronograma de muestreo de aceites de diferencial.....	74
4.1 Límites permitidos para resultados de análisis de aceite de motor.....	75
4.2 Límites permitidos para resultados de análisis de aceite de caja de cambios...	76
4.3 Límites permitidos para resultados de análisis de aceite de diferencial.....	76
4.4 Información de la unidad 22.....	77
4.5 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 22.....	77
4.6 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 22.....	78
4.7 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 22.....	79
4.8 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 22.....	79
4.9 Información de la unidad 23.....	80
4.10 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 23.....	81
4.11 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 23.....	81
4.12 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 23.....	82
4.13 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 23.....	83
4.14 Información de la unidad 24.....	83
4.15 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 24.....	84
4.16 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 24.....	84
4.17 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 24.....	85
4.18 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 24.....	86
4.19 Información de la unidad 25.....	86
4.20 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 25.....	87
4.21 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 25.....	87

4.22 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 25.....	88
4.23 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 25.....	88
4.24 Información de la unidad 26.....	89
4.25 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 26.....	90
4.26 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 26.....	90
4.27 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 26.....	91
4.28 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 26.....	91
4.29 Información de la unidad 27.....	92
4.30 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 27.....	92
4.31 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 27.....	93
4.32 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 27.....	93
4.33 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 27.....	94
4.34 Información de la unidad 28.....	94
4.35 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 28.....	95
4.36 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 28.....	95
4.37 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 28.....	96
4.38 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 28.....	96
4.39 Información de la unidad 29.....	97
4.40 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 29.....	98
4.41 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 29.....	98
4.42 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 29.....	99
4.43 Información de la unidad 30.....	99
4.44 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 30.....	100
4.45 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 30.....	100
4.46 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 30.....	101
4.47 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 30.....	101
4.48 Información de la unidad 31.....	102
4.49 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 31.....	102
4.50 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 31.....	103
4.51 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 31.....	104
4.52 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 31.....	104
4.53 Información de la unidad 32.....	105
4.54 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 32.....	105
4.55 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 32.....	106
4.56 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 32.....	106
4.57 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 32.....	107
4.58 Información de la unidad 37.....	108
4.59 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 37.....	108
4.60 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 37.....	109
4.61 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 37.....	109
4.62 Información de la unidad 38.....	110
4.63 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 38.....	111
4.64 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 38.....	111
4.65 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 38.....	112
4.66 Información de la unidad 39.....	112
4.67 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 39.....	113
4.68 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 39.....	113
4.69 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 39.....	114
4.70 Información de la unidad 40.....	114
4.71 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 40.....	115

4.72 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 40.....	115
4.73 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 40.....	115
4.74 Información de la unidad 43.....	116
4.75 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 43.....	116
4.76 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 43.....	117
4.77 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 43.....	117
4.78 Información de la unidad 44.....	118
4.79 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 44.....	118
4.80 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 44.....	119
4.81 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 44.....	119
4.82 Información de la unidad 45.....	120
4.83 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 45.....	120
4.84 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 45.....	121
4.85 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 45.....	121
4.86 Información de la unidad 46.....	122
4.87 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 46.....	122
4.88 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 46.....	123
4.89 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 46.....	123
4.90 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 46.....	124
4.91 Información de la unidad 47.....	125
4.92 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 47.....	125
4.93 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 47.....	126
4.94 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 47.....	126
4.95 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 47.....	127
4.96 Información de la unidad 50.....	128
4.97 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 50.....	128
4.98 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 50.....	128
4.99 Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 50.....	129
4.100 Resultado de análisis de Aceite del DP de la unidad 50.....	129
4.101 Información de la unidad 51.....	130
4.102 Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 51.....	130
4.103 Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 51.....	131
4.104 Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 51.....	132
4.105 Clasificación de viscosidad de aceite de motor de la flota Volkswagen 31370.....	137
4.106 Clasificación de muestras de aceite de caja de cambios de la flota Volkswagen 31370.....	140
4.107 Clasificación de muestras de aceite de diferencial de la flota Volkswagen 31370.....	142
4.108 Proyección de kilometraje máximo en función del hierro y silicio para Diferencial de la flota Volkswagen 31370.....	143
4.109 Estado de los conjuntos de transmisión de la flota Sterling.....	147

Víctor Manuel Espinoza Segarra

Trabajo de graduación

Ing. César Vinicio Arévalo Vélez

Octubre de 2012

ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE LOS LUBRICANTES UTILIZADOS EN MOTOR Y TRANSMISIÓN DE LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES A DIESEL DE LA EMAC EP

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es una herramienta fundamental en los trabajos de taller para la reducción de costos y optimización de los recursos disponibles, este conjunto de técnicas que busca garantizar el funcionamiento continuo de la maquinaria es un concepto aceptado y definitivamente normalizado en el campo industrial, incluso puede considerarse tan importante como el mismo giro del negocio. En la actualidad los fabricantes aportan grandes sumas de dinero en desarrollar programas de mantenimiento que garanticen la confiabilidad de sus productos en el consumidor y potencialicen su presencia en el mercado, esta inversión se justifica por representar ahorro en el medio económico en el que se desempeña el usuario, porque más que ser una actividad que genera gasto, es una inversión.

Toda máquina está sometida a algún tipo de desgaste en función de algunas variables como: la naturaleza de funcionamiento, agentes contaminantes, intensidad de trabajo, etc. Cuando un equipo sufre algún tipo de rotura o falla, se entiende que es el resultado de una situación inesperada e imprevista, el análisis de aceite es una técnica ampliamente utilizada en el mantenimiento para detectar tempranamente futuras fallas a través de la interpretación de la información obtenida, y así limitar los posibles causales con acciones correctivas y oportunas en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo. Entre las principales ventajas del mantenimiento se tiene:

- Mayor disponibilidad y aumento de fiabilidad de los equipos.
- Reducción de costos de mantenimiento.
- Aumento de la vida útil de la maquinaria.
- Mejora los protocolos de mantenimiento.
- Garantiza la seguridad de operadores y del medio de trabajo.

El presente trabajo es un primer paso en el desarrollo de una gestión de análisis de lubricantes de la empresa EMAC EP, que busca mejorar y establecer un estándar de mantenimiento preventivo en el programa de cambio de aceites de los conjuntos de motor y transmisión de los recolectores de basura, y que sirva como aliciente para el desarrollo de un proceso integral de mantenimiento proactivo.

En el capítulo 1, se repasan los temas introductorios a la ciencia de la tribología como parte fundamental del diseño, las características y propiedades de los lubricantes, así también la importancia del desarrollo tecnológico en la obtención de aceites base y la formulación de aditivos. Al final se abordan los estándares internacionales que regulan la fabricación de lubricantes y las normativas ecuatorianas para comercialización y distribución en el país.

En el capítulo 2, en la primera parte se presentan las técnicas y métodos utilizados en el laboratorio para evaluar las características físicas y químicas de los aceites muestreados, después la información concerniente a los componentes mecánicos y el tipo de desgaste al que se ven sometidos durante el trabajo del vehículo, en la parte final se revisan las variables que contribuyen a la degradación del aceite.

En el tercer capítulo, al principio se recopila información que sirve para conocer la situación actual de la empresa, en la segunda parte se establece un cronograma tentativo de muestreo, al final se detalla la organización y proceso de toma de muestras.

En el último capítulo, se muestra la información particular de cada conjunto, junto con los resultados obtenidos, la interpretación de los informes de laboratorio, y los beneficios para cada vehículo. Al final se establecen las conclusiones generales producto de este estudio, y principalmente las sugerencias para mejorar la gestión de lubricación.

CAPITULO I

LUBRICACIÓN Y GENERALIDADES DE LOS ACEITES

1.1 Introducción

En diversos mecanismos de los vehículos existen componentes que están sometidos a rozamiento constante producto del movimiento, lo que produce desgaste y disminuye el rendimiento, el aceite es un elemento indispensable para el funcionamiento de motores, mecanismos de transmisión, dirección, etc., su aplicación básica es la de interponerse entre dos superficies que rozan con el fin de evitar el desgaste excesivo y reducir la fricción, pero ésta es tan solo su aplicación principal, también realiza otras igual de importantes como son:

- Lubricar y disminuir el trabajo perdido por rozamiento entre piezas del motor o transmisión.
- Refrigerar los componentes internos.
- Amortiguar los golpes de las piezas móviles.
- Minimizar la formación y acumulación de depósitos y ácidos.
- Limpiar las superficies por las que circula.
- Evitar la corrosión.
- Efectuar una acción de sellado en la cámara de combustión y de estanqueidad en diversas zonas (en el caso de los motores).

Se entiende entonces que el aceite tiene muchas prestaciones de servicio, pero una característica singular es que, cuantificando el nivel de su degradación y contaminación podemos darnos cuenta del estado interno de los componentes y diagnosticar situaciones anormales de funcionamiento, porque al igual que la sangre para los seres vivos, el aceite nos provee de información que no se puede ver exteriormente en los componentes mecánicos.

La selección apropiada de un aceite se debe basar en los requerimientos de cada conjunto a ser lubricado, y de ello depende la mayor o menor eficiencia que se tenga

como resultado, por ejemplo los motores diesel operan a una velocidad más baja que un motor a gasolina, pero a una temperatura mucho mayor, por lo que el aceite aplicado debe tener una formulación adecuada para cada caso.

1.2 Tribología

La tribología es una rama de la ingeniería que estudia y analiza la interacción de las superficies en movimiento, los temas y prácticas relacionadas con la fricción entre cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de la fricción y la lubricación como medio para evitar el desgaste.

La tribología pareciera ser un tema nuevo, pero solo su nombre en sí lo es, ya que desde siglos atrás se estudiaban y relacionaban los efectos de la fricción de una manera empírica o experimental para las necesidades de la época, a raíz de la revolución industrial creció esta rama, hoy en día la tribología abarca varias ciencias como la física, matemáticas, química, termodinámica, etc. y si bien su campo de estudio es muy amplio, se revisa información competente a éste tema de estudio.

Ninguna superficie metálica es completamente lisa, aún con el uso de los mejores materiales y procesos de fabricación, los acabados muestran irregularidades a nivel microscópico, los cuales interfieren en el movimiento relativo de dos cuerpos cuando rozan entre sí dando origen a la fricción. La fricción varía en función de los siguientes factores:

- La carga que influye directamente en las fuerzas que generan fricción, por lo general es un factor que no se puede controlar o modificar fácilmente.
- La naturaleza de las aleaciones utilizadas en la fabricación de los componentes sometidos a fricción.
- La calidad del acabado superficial.
- La forma de los elementos sometidos a fricción, la fricción por rodamiento es menor que la fricción por deslizamiento.
- Características de lubricación.

1.2.1 Superficies de contacto

Este análisis sirve para entender los tipos de rozamiento y desgaste a los que se someten los elementos constructivos de los conjuntos lubricados. Se describen a continuación:

- **Superficies concordantes:** Las superficies concordantes se ajustan bien una con otra presentando un elevado grado de conformidad geométrica, de manera que la carga se distribuye en un área relativamente grande. Un ejemplo de superficies concordantes se da entre el cigüeñal y los cojinetes.

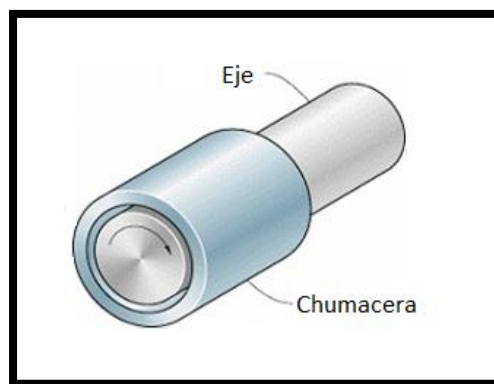


Figura 1.1: Superficies concordantes. **Fuente:** Widman, Fundamentos de tribología, <<http://widman.biz/boletines/19.html>>, ingreso marzo2011.

- **Superficies no concordantes:** Se presenta en áreas pequeñas de contacto que soportan todo el peso de la carga, ejemplos de superficies no concordantes son el acoplamiento de los dientes de un engranaje, el contacto entre leva y seguidor, rodamientos, etc.

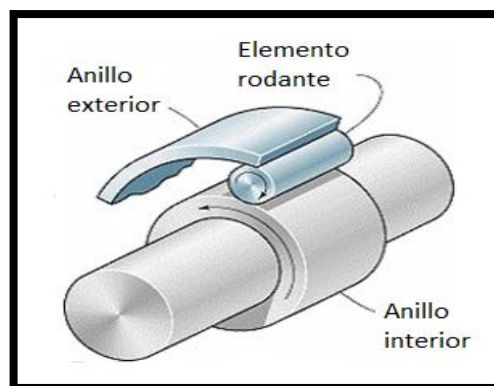


Figura 1.2: Superficies no concordantes. **Fuente:** Widman, Fundamentos de tribología, <<http://widman.biz/boletines/19.html>>. Ingreso marzo 2011.

1.2.2 Desgaste

Se define como desgaste al deterioro o pérdida de material de un cuerpo, producto del contacto con otro cuerpo en movimiento, evidentemente las consecuencias del desgaste son:

- Daño total de la maquinaria.
- Daños aislados.
- Consumo excesivo, bajo rendimiento y pérdida de potencia (en caso de motores).
- Ruidos.
- Daño indirecto en otros componentes.

Además de la lubricación, otros factores se involucran en el proceso de desgaste como la tecnología del conjunto, la metalurgia de las piezas, las condiciones de funcionamiento y el mantenimiento. Los diferentes tipos de desgaste se presentan a continuación:

- **Desgaste Adhesivo o por contacto:** Se presenta en cualquier tipo de rozamiento entre metales cuando las superficies no están lo suficientemente separadas por una película lubricante, este es el tipo de desgaste más dañino y menos deseado. Cuando dos superficies entran en contacto, la unión se efectúa en una infinidad de picos microscópicos que producen deformaciones en los metales y aumenta la temperatura del punto de unión, hasta llegar a micro soldaduras que terminan por estropear los componentes. En conjuntos lubricados este tipo de desgaste se da en los siguientes casos: zonas de difícil acceso de aceite, descenso de viscosidad, elevadas temperaturas de funcionamiento y cargas elevadas.
- **Desgaste por fatiga superficial:** Este tipo de desgaste es de importante interés en el campo de los rodamientos, se produce por los esfuerzos cíclicos de tensión, compresión y esfuerzos cortantes, se presentan a cierto nivel debajo de la superficie y provocan grietas internas por fatiga y en consecuencia agrietamiento de la superficie.

- **Desgaste corrosivo:** Se da por ataques químicos sobre los metales, se presenta más en motores, por contaminantes como el agua, azufre e incluso el mismo aceite cuando se ha alterado su acidez.
- **Desgaste abrasivo:** En este tipo, el desgaste se da cuando partículas de un material o varios se desplazan entre dos superficies que rozan, actuando como lijas que desgastan el acabado superficial del metal. Generalmente el elemento más blando es el que se desgasta anormalmente y sufre todo el rastrillado producido por este desgaste, pero si las partículas son grandes también pueden incrustarse en el material blando y rallar los elementos más duros.
- **Desgaste erosivo:** Es similar al abrasivo, se da por la acción de un compuesto externo que daña las superficies metálicas cuando circula, pero se diferencia porque el desgaste se da por la energía cinética que posee, dándose un impacto de las partículas contra las piezas del conjunto, provocando deformaciones y desprendimiento de material.

1.2.3 Lubricación

El propósito de la lubricación principalmente es separar dos superficies con movimiento relativo entre ellas de tal manera que se minimice el desgaste, para esto debe existir una película lubricante de espesor adecuado entre dichos elementos. Según las condiciones de trabajo del aceite en las zonas críticas, se identifican 5 tipos de lubricación:

- **Lubricación hidrodinámica:** También se llama película completa o fluida, se da por la separación de los componentes por un colchón de aceite que se forma hidrodinámicamente, no depende de la introducción del lubricante a presión, aunque puede ocurrir, sino del suministro permanente de aceite. La presión de la película es creada por el mismo movimiento al jalar el lubricante hacia una zona cuneiforme a una velocidad lo suficientemente alta como para crear la presión necesaria, a fin de separar las superficies contra la carga en el cojinete. No se basa en introducir el lubricante a presión sino

exige un caudal de aceite, la presión se genera por movimiento relativo¹. El espesor de esta película lubricante es mayor a 5 μm .

- **Lubricación elastohidrodinámica:** La lubricación elastohidrodinámica se da cuando las superficies en contacto se deforman en forma elástica, es decir posteriormente regresan a su posición inicial, en esta deformación la película de lubricación es atrapada entre las superficies dándose una lubricación hidrodinámica microscópica, el espesor de la película de lubricación puede ser mayor 1 μm .
- **Lubricación límite:** En este tipo, la película de lubricante es tan fina que existe un contacto parcial metal contra metal, puede pasarse de lubricación hidrodinámica a límite por una caída de la velocidad de la superficie móvil, por reducción de la cantidad de lubricante suministrado, por aumento de la carga o por incremento en la temperatura. Cuando se tiene lubricación límite las asperezas más superficiales quizá queden separadas por una película de lubricante de tan sólo varias dimensiones moleculares de espesor.
- **Lubricación mixta:** Es una condición intermedia entre las películas límite e hidrodinámica, en la cual un buen porcentaje de las crestas de las dos superficies interactúan en película límite y otras zonas en película hidrodinámica. En la lubricación mixta el desgaste y consumo de energía dependen de las características de la película límite, de la resistencia a la cizalladura del aceite y de la estabilidad del índice de viscosidad.
- **Lubricación hidrostática:** Se obtiene introduciendo a presión el aceite en la zona de carga para crear una película gruesa de lubricante que separa los elementos, se emplea generalmente en cojinetes lentos con grandes cargas.

1.3 Propiedades físicas y químicas de los lubricantes

El estudio de las propiedades físicas y químicas de los lubricantes permite a la industria fabricar mejores aceites para las diversas aplicaciones requeridas, desarrollar sistemas de lubricación, diagnosticar problemas, etc. Existen muchas propiedades que se analizan en la ingeniería de lubricantes, siendo las más importantes las siguientes:

¹ **Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley**, Budynas R, Nisbett K, octava edición, México, 2008.

1.3.1 Viscosidad

Es la resistencia que tiene un líquido a circular libremente por un conducto, es la propiedad más importante a considerarse en un lubricante automotriz dado la naturaleza del trabajo que realiza y por las condiciones extremas a las que se ve sometido, escoger un aceite con viscosidad adecuada maximizara la vida útil y eficiencia la maquinaria.

La viscosidad es una característica física del aceite y no es constante, fluctúa según las fuerzas de las moléculas internas en función de diversos factores, siendo los más importantes la temperatura y la presión. En las imágenes de la Figura 1.3 se puede apreciar dos aceites de transmisión a igual temperatura colocados sobre un plano inclinado, el izquierdo es más viscoso que el de la derecha por lo que fluye con mayor dificultad.



Figura 1.3: Diferencia en la viscosidad de dos aceites de transmisión.

La viscosidad tiene relación directa con la formación de la película lubricante, lo idóneo es que exista un equilibrio en su rango cuando está en operación, ya que si el aceite tiene viscosidad muy baja se hace más fluido, y aunque manifiesta una mejor capacidad lubricante al llegar fácilmente a los lugares donde se necesita, no se adhiere y es expulsado, es decir, retirado de las superficies que deben ser lubricadas. En el caso opuesto, si el aceite tiene una viscosidad muy elevada resiste más la presión que se da entre las piezas lubricadas, pero no llega a los lugares críticos en los que es requerido. Por estas razones a la viscosidad está asociada con los análisis de generación de calor en los elementos giratorios, con el efecto de sellado del aceite, y sobre todo con la puesta en marcha de los motores en frío.

La medida común métrica absoluta de la viscosidad es el Poise, que se define como la fuerza necesaria para mover 1 cm^2 de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm/segundo , con las superficies separadas por una película de aceite

de 1 cm. de espesor². La viscosidad dinámica es la que se obtiene como resultado de dividir la viscosidad absoluta para la densidad del aceite, su unidad es el centistoke (cSt), normalmente la viscosidad de los aceites siempre se mide y especifica en ésta última.

Existen dos tipos de aceites con respecto a su viscosidad: monogrado y multigrado, al primer grupo pertenecen los aceites que mantienen estable la viscosidad solo en un rango de temperatura limitado y generalmente se los utiliza en vehículos antiguos, por otro lado están los aceites multigrado que operan en rangos de temperatura mucho más amplios por lo que son demandados por prácticamente todas las marcas hoy en día.

Todos los aceites tienen un índice de viscosidad (VI), que mide la capacidad del aceite para mantener constante su viscosidad en distintos rangos de temperatura, mientras mayor sea el VI, mejores propiedades multigrado tiene el lubricante. El índice de viscosidad es regulado por las normas ASTM, el proceso de obtención del VI consiste en medir la viscosidad a 40° C y 100° C, se ingresan los datos obtenidos en el manual ASTM, en primera instancia se busca la viscosidad determinada a 100° C, después la de 40° C y la relación entre estos valores es el índice de viscosidad³. En aceites monogrado el índice de viscosidad es alrededor 95, en cambio en multigrados oscila entre 125 y 150.

1.3.2 Adherencia

La adherencia o untuosidad es la capacidad del aceite para impregnarse a las superficies metálicas, esta característica física es de vital importancia puesto que es el único seguro que suple la falta de engrase en los primeros instantes de funcionamiento de los conjuntos mecánicos, sobre todo en los motores durante el arranque. Esta propiedad se puede analizar con estudios de la tensión superficial, capilaridad, etc.

² **Widman International SRL**, Viscosidad, <<http://widman.biz/Seleccion/viscosidad.html>>, Bolivia, 2009.

³ **Exxon Mobil**, Esteban Echeverria, Indice de Viscosidad, <<http://taho.servidoraweb.net/~exfakoc/Consejo-093-Indice-de-Viscosidad.pdf>>. Argentina, 2009.

1.3.3 Punto de congelación

El punto de congelación es la temperatura más baja a la que puede descender el aceite sin que llegue a perder sus características de fluido, comportándose como una sustancia sólida, este fenómeno va ligado con la viscosidad. Si el aceite ofrece resistencia no podrá ser bombeado y de igual forma sus propiedades lubricantes serían suprimidas, esta particularidad debe ser tomada en cuenta cuando se opera en ambientes fríos.

1.3.4 Punto de inflamación

Es la temperatura en que el aceite desprende vapores suficientes en los cuales se podría sostener una combustión si se aplicara energía de encendido (fuego, chispas, etc.), cuanto más bajo sea éste valor mayor es la posibilidad de que el aceite se auto encienda durante el funcionamiento.

La temperatura del punto de inflamación disminuye de sus valores originales cuando existe una presencia significativa de combustible en el aceite, también depende de la calidad del producto y se la asocia con el índice de viscosidad, porque a mayor VI, más alto es el punto de inflamación. Se requiere que el punto de inflamación sea lo más alto posible para que el aceite lubrique en las partes más calientes del motor sin comprometer sus capacidades, un punto de inflamación adecuado esta alrededor de 240° C para un motor a diesel.

1.3.5 Estabilidad química

Es la capacidad del aceite para permanecer inalterable con respecto a la oxidación y a la descomposición, al ser los aceites minerales sustancias orgánicas, su estabilidad química suele ser baja, descomponiéndose rápidamente por efecto de las presiones y temperaturas que alcanzan en condiciones límite de temperatura del motor, por lo que se utilizan aditivos.

1.3.6 Grado de acidez

En un aceite, el grado de acidez puede expresarse por el número de neutralización respectivo, el cual se define como la cantidad de ácido expresado en miligramos de

hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para neutralizar el contenido de ácido o base de un gramo de muestra en condiciones normalizadas. Monitorizar la acidez permite evaluar los cambios experimentados por el aceite debido a la oxidación y combustión (en el caso de aceites de motor).

1.3.7 Cenizas Sulfatadas

La ceniza sulfatada es el porcentaje de residuos no combustibles o cuerpos extraños que contiene un aceite. Generalmente, los aditivos agregados contienen compuestos órgano-metálicos como el magnesio, calcio, bario, etc., que en proporciones elevadas generan depósitos en partes del motor, sobre todo en las válvulas y asientos de válvula. En los aceites nuevos, éste valor es un índice significativo que informa sobre la calidad del aceite y la presencia de aditivos.

1.4 Fabricación de aceites

En la actualidad se utilizan procedimientos muy complejos en la fabricación de aceites automotrices, mediante técnicas que se han ido desarrollando a través de los años en función de los requerimientos de los fabricantes de vehículos. En la constitución de los lubricantes destacan dos compuestos:

- Aceite base
- Aditivos

El aceite base es el elemento lubricante fundamental, y varía mucho su costo en función de su obtención y tratamiento, se divide a su vez en tres grupos: mineral, sintético y semi-sintético. Los aditivos se agregan al aceite base para potenciar y complementar las propiedades de lubricación, sin ellos el aceite base se deterioraría en poco tiempo de uso, poniendo en riesgo la maquinaria.

1.4.1 Aceite base de origen mineral

Los aceites básicos minerales son mezclas de hidrocarburos, provienen de la destilación del petróleo crudo, dentro este proceso de fraccionamiento a altas temperaturas, se separan las partes más pesadas (lubricantes) de las livianas (combustibles). En forma general el proceso de destilación sigue los siguientes pasos:

- **Destilación a presión atmosférica:** Se separa del petróleo todas las fracciones de baja volatilidad como naftas, queroseno, etc. a este producto se lo conoce como residuo atmosférico porque la destilación se realiza a una presión cercana a la atmosférica.

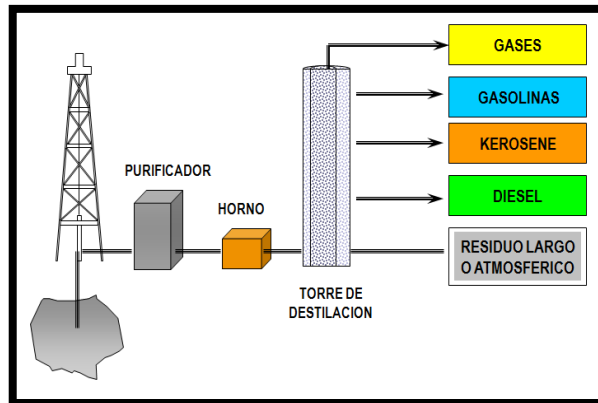


Figura 1.4: Destilación a presión atmosférica. **Fuente:** Ventura José, Bases Lubricantes, 2011.

- **Destilación por vacío:** En este proceso se fracciona el residuo atmosférico y se obtienen aceites bases junto con otros compuestos como gasoil, grasas, etc.
- **Refinación con furfural:** Se extraen los hidrocarburos aromáticos que no poseen propiedades lubricantes.
- **Desparafinado:** En este proceso se extrae los compuestos parafínicos no saturados y de larga cadena, para bajar el punto de congelación del aceite, se realiza empleando disolventes que cristalizan la parafina y luego se filtra.
- **Hidrotratamiento:** Se realiza un proceso de hidrogenación catalítica lo que mejora el color (que es una medida de la calidad, a menor color presente en el aceite mejor es su refinación), aumentando la resistencia a la oxidación y la estabilidad.

Para obtener aceites base útiles en el campo automotriz, se utilizan crudos en los que predominan moléculas parafínicas (estructura lineal), ya que sus propiedades alargan la vida útil del aceite y mejoran la viscosidad. Las estructuras aromáticas y nafténicas (estructuras cíclicas) son indeseadas, al igual que elementos como el nitrógeno, azufre y cloro, porque reducen la vida útil del aceite.

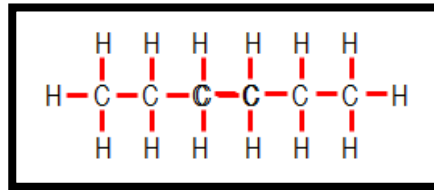


Figura 1.5: Estructura parafínica. **Fuente:** Ventura José, Bases Lubricantes, 2011.

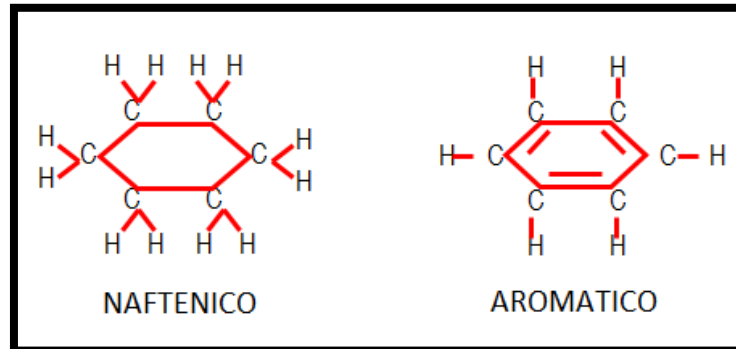


Figura 1.6: Estructura naftenica y aromática. **Fuente:** Ventura José, Bases Lubricantes, 2011.

A partir de este aceite también se pueden fabricar los aceites semi-sintéticos, conocidos también como hidrocrackeados, son bases minerales sometidas a complejos procesos de hidrogenación catalítica, con lo que se obtiene un aumento significativo del índice de viscosidad, junto a estas características multigrado, se suma una mejor resistencia a la degradación y a la oxidación.

1.4.2 Aceite base sintético

Estos aceites no tienen su origen directo del petróleo, son creados a partir de moléculas de etileno, que son sub productos petrolíferos y son fabricados en laboratorio, lo cual encarece mucho su precio con respecto a los aceites de origen mineral. Presentan excelentes propiedades físicas y de estabilidad térmica, índices de viscosidad más elevados que los aceites minerales, mejor resistencia a elevadas temperaturas y a la oxidación.

En una forma general se podría decir que el aceite sintético está hecho justo a la medida por la mano del hombre, donde se puede controlar su estructura, peso molecular, etc. Se tiene como ejemplo, en la Figura 1.7, la diferencia en la estructura molecular entre un aceite sintético y uno mineral, y cómo influye en las fuerzas de rozamiento.

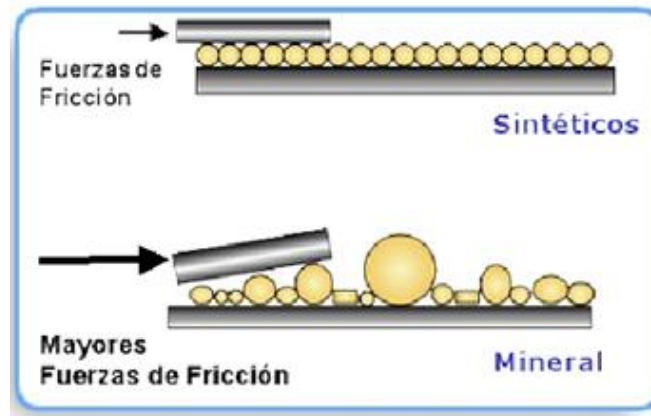


Figura 1.7: Estructura molecular y Fuerzas de rozamiento. **Fuente:** SKF Lubricantes, aceites sintéticos, <<http://es.scribd.com/doc/6615453/SKF-Lubricantes>>. Ingreso marzo2011.

1.4.3 Aditivos

El aceite no puede ser utilizado en su estado puro en los vehículos, ya que no cumpliría con los requerimientos solicitados, y además las condiciones extremas de trabajo lo deteriorarían rápidamente, por esto se utilizan aditivos. Los aditivos son sustancias químicas que se agregan en pequeñas cantidades al aceite base (entre 15% y 25%) con la finalidad de mejorar las características y propiedades de dichos lubricantes.

A continuación se exponen los aditivos más comúnmente usados, así como la función que cumplen en cuanto a potenciación de las propiedades naturales del aceite.

1.4.3.1 Aditivos detergentes y dispersantes

Estos aditivos tienen una función común, pero son muy diferentes en cuanto a su acción y composición química, los detergentes son compuestos metálicos, entre los que destacan sales de calcio, magnesio y bario. Los detergentes son agentes limpiadores que suspenden los contaminantes y mantienen las partes del equipo libre de barnices y sedimentos, dicho de otra forma, evitan que el mecanismo se contamine aunque el lubricante realmente sí lo esté.

Los dispersantes mantienen los contaminantes suspendidos homogéneamente en toda la masa del aceite, en su formulación se utilizan composiciones químicas que carecen de partículas metálicas. Si bien en la formulación de aditivos se tiene una extensa

gama de compuestos para generar aceites con excelentes capacidades detergentes y dispersantes, el coste de los aditivos y las patentes disponibles son un factor importante a la hora de formular un lubricante.

1.4.3.2 Aditivos antioxidantes

Los aceites básicos fácilmente reaccionan con el oxígeno produciendo ácidos orgánicos, que en consecuencia reduce la capacidad lubricante y aumenta la viscosidad de forma indeseada, la función de los aditivos antioxidantes es disminuir la oxidación del aceite por ataques químicos y térmicos durante el funcionamiento, además de proteger las piezas móviles contra la corrosión.

En los últimos años se ha estado utilizando base de cobre en la formulación de estos aditivos antioxidantes, así también los compuestos utilizados en aditivos para otras aplicaciones también brindan protección antioxidante.

1.4.3.3 Aditivos de extrema presión

Evitan la soldadura de los partes metálicas a consecuencia de las elevadas presiones que se dan, generalmente en los conjuntos de transmisión, coronas, discos de embrague en baño de aceite, etc. Estos aditivos mejoran las propiedades para los cuadros más críticos de funcionamiento, formando compuestos órgano-metálicos en las superficies de contacto. En su fabricación se utilizan derivados del molibdeno y ciertos componentes de ácidos grasos.

1.4.3.4 Aditivos mejoradores de viscosidad

Durante el proceso de refinación para la obtención de aceite base, se consigue aumentar el índice de viscosidad, pero aun así el lubricante todavía no es apto para cumplir con los requerimientos en vehículos, por esto se añaden aditivos que brindan propiedades multigrado, mejorando el índice de viscosidad, así se consiguen especificaciones que son conocidas en el mercado como: 15W40, 20W50, etc. Suelen ser utilizados ácidos grasos de cadena larga.

1.4.3.5 Aditivos mejoradores del punto de congelación

Su objetivo es que el aceite tenga un punto de congelación bajo, actuando sobre las velocidades y procesos de cristalización en las parafinas de los aceites minerales, se considera como punto crítico temperaturas que no permiten que fluya el aceite, oscilando desde 0° C hasta – 40° C.

1.4.3.6 Aditivos antiespumantes

Los aditivos antiespumantes están concebidos para evitar la dispersión del aire que se da por la agitación y turbulencia del aceite en un sistema de lubricación, actúan favoreciendo la unión de burbujas del gas rompiendo las películas de aceite que rodean estas burbujas. Se debe considerar que el aire presente en el aceite es un serio problema, ya que fomenta la oxidación y además, es compresible, por lo que afecta la estabilidad de la presión en el sistema de lubricación.

1.4.3.7 Aditivos antifricción

La lubricidad es la capacidad de un lubricante para reducir la fricción, independientemente de sus propiedades con respecto a la viscosidad, estos aditivos potencializan la lubricidad del aceite base. Su aplicación en los lubricantes contribuye a una menor generación de calor y por lo tanto menor pérdida de energía, por lo que se lo relaciona como un reductor del consumo de combustible.

1.4.3.8 Bactericidas

La contaminación bacteriológica es el desarrollo de microorganismos en la raíz del lubricante, favorecidos por las parafinas presentes en el aceite base. La proliferación de estas bacterias alteran notablemente las características físicas y químicas de los aceites, la función de los aditivos es prevenir la proliferación de colonias bacterianas atacando en su membrana celular.

1.4.3.9 Aplicación de aditivos en los diversos conjuntos

La competencia ha hecho que los fabricantes de lubricantes elaboren un catálogo extenso de sus productos para las diversas aplicaciones de la industria, en función de

los requerimientos, los aceites contienen aditivos adecuados para cada necesidad, se tiene un cuadro resumen de los tipos de aditivos y su aplicación:

TIPO DE ADITIVO	ACEITE		
	MOTOR	CAJA	CORONA
DETERGENTE	X	-	-
DISPERSANTE	X	X	-
ANTIOXIDANTE	X	X	X
BACTERICIDA	X	X	X
MODIFICADOR DE FRICCIÓN	-	X	X
EXTREMA PRESIÓN	-	X	X
ANTIESPUMANTE	X	X	-
MEJORADOR DE VISCOSIDAD	X	X	-
PUNTO DE CONGELACIÓN	X	X	-

Tabla 1.1: Aplicación de aditivos en motor, transmisión y corona. **Fuente:** Siero's Valley, Aceites lubricantes aplicación de aditivos, <<http://members.fortunecity.es/100pies/Lubricantes/lubricantes4.htm>>, ingreso marzo 2011, España, 2007.

1.5 Clasificación y Normativa para lubricantes

Existen varios tipos de clasificación para los aceites de motor y transmisión, se agrupan con el fin de unificar el lenguaje y facilitar la comprensión de las características de cada uno. La SAE (Society of Automotive Engineers) y la API (American Petroleum Institute), son las siglas de las principales entidades internacionales responsables de la elaboración de una serie de normas, basadas en pruebas específicas, para la clasificación de los lubricantes de acuerdo a sus propiedades y usos, en nuestro país el organismo regulador es la INEN. De esta forma los consumidores pueden identificar las especificaciones y seleccionar el aceite más adecuado a su necesidad, así también es un respaldo para los fabricantes tanto de vehículos como de lubricantes, porque evitan posibles problemas con los consumidores debido al uso inapropiado de sus productos.

1.5.1 Clasificación SAE

La Society of Automotive Engineers, con sus siglas en inglés SAE, es la primera organización aceptada internacionalmente, a principios del siglo XX, su objetivo es clasificar los rangos de viscosidad de los aceites. La SAE tiene una clasificación para aceites de motor y otra específica para aceites de transmisión; es importante conocer que la SAE no considera la calidad, composición química, ni aditivos que contiene el aceite.

La esencia de la clasificación SAE parte de las viscosidades a bajas temperaturas, como el arranque en frío (de 0W a 25W), y a elevadas temperaturas (de 20 a 60), como es en condiciones normales de funcionamiento. Los valores son indicados por 2 números, el primero indica la viscosidad más baja y va acompañado de la letra W (Winter = invierno), por ejemplo: 10W-30, cuanto mayor sea el segundo número, mayor será la viscosidad y su resistencia a elevadas temperaturas, en la primera cifra los grados menores indican que el aceite no se solidificara ni comprometerá su capacidad de ser bombeado en climas fríos. Los aceites monogrado cumplen solamente con la designación SAE indicada, por ejemplo SAE 40.

La SAE divide en doce grados de viscosidad los aceites para motores:

CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDADES EN ACEITES PARA MOTOR					
	Grado viscosidad SAE	Viscosidad máxima (cP) de arranque en frío	Viscosidad máxima de bombeo a baja temperatura	Viscosidad cinemática a 100° C (cSt)	HT/HS AT/AC Viscosidad (cP) a 150° C
VISCOSIDAD A BAJA TEMPERATURA	0W	6200 a -35° C	60000 a -40° C	3,8 –	--
	5W	6600 a -30° C	60000 a -35° C	3,8 –	--
	10W	7000 a -25° C	60000 a -30° C	4,1 –	--
	15W	7000 a -20° C	60000 a -25° C	5,6 –	--
	20W	9500 a -15° C	60000 a -20° C	5,6 –	--
	25W	13000 a -10° C	60000 a -15° C	9,3 –	--
VISCOSIDAD A ALTA TEMPERATURA	20	--	--	5,6 a 9,3	2,6
	30	--	--	9,3 a 12,5	2,9
	40	--	--	12,5 a 16,3	2,9*
	40	--	--	12,5 a 16,3	3,7**
	50	--	--	16,3 a 21,9	3,7
	60	--	--	21,9 a 26,1	3,7
(*) Para los grados 0W-40, 5W-40 y 10W40 (**) Para los grados 15W-40, 20W-40, 25W-40 y 40 1cP (centipoise) = 1 mPa.s 1cSt (centistoke) = 1 mm ² /s					

Tabla 1.2: Clasificación SAE para aceites lubricantes de motor SAE J300 - Dic. 1999.

Fuente: Cámara Argentina de Lubricantes, Clasificación de lubricantes, <http://www.cal.org.ar/system/contenido.php?id_cat=8> , Argentina, 2011 ingreso marzo 2011.

También existe una clasificación SAE para aceites de transmisión:

CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDADES EN ACEITES DE TRANSMISIÓN			
GRADO SAE	75 W	80w-90	85w-140
REQUERIMIENTOS			
VISCOSIDAD CINEMATICA A 100° C			
cSt mínimo	4,1	13,5	24,0
cSt máximo	--	<24,0	<41,0
Máxima Temperatura °C para una viscosidad de 150000 cP	40	26	12
Punto de acanalado, temperatura máxima °C	-45	-35	-20
Punto de inflamación, temperatura mínima °C	150	165	180

Tabla 1.3: Clasificación SAE para aceites lubricantes de transmisión SAE J2360 – Abril 2001.

Fuente: Oilven, Clasificación de viscosidades SAE para engranajes automotrices, <http://www.oilven.com/tables/5_48.pdf> , Venezuela, 2011. ingreso marzo 2011.

1.5.2 Clasificación API

El Instituto Americano del Petróleo, con sus siglas API (American Petroleum Institute) es una organización técnica y comercial que representa a los elaboradores de productos de petróleo en los E.E.U.U., trabaja en conjunto con otras organizaciones como la SAE y la Sociedad Americana para Ensayos de Materiales ASTM (American Society for Testing of Materials). Todas las máquinas tienen necesidades específicas de lubricación, la clasificación API ha desarrollado un sistema para seleccionar y recomendar aceites basándose en las condiciones de servicio. Esta es una clasificación abierta; es decir, se van definiendo nuevos niveles de desempeño a medida que se requieren mejores lubricantes, existen dos clases, cada una es identificada por dos letras, la primera indica para qué aplicación se considera el aceite:

- S para motores a gasolina
- C para motores diesel

En ambos casos la segunda letra indica la exigencia del servicio, empezando desde la letra A y aumentando en orden alfabético a medida que aumenta la exigencia del aceite, generalmente cuando nace una nueva especificación, deja obsoletas algunas anteriores. Las características de cada especificación API para motores diesel son⁴:

- **CA (1940):** Motores de aspiración natural, protección mínima contra la corrosión, desgaste y depósitos, actualmente obsoleto.
- **CB (1949):** Motores de aspiración natural., mejor control sobre los depósitos y el desgaste, actualmente obsoleto.
- **CC (1961):** Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados. Mayor control sobre la formación de depósitos a alta temperatura y corrosión en cojinetes, actualmente obsoleto.
- **CD (1955):** Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados que requieren un mayor y efectivo control de los depósitos y el desgaste, serie 3 clásica, actualmente obsoleta.

⁴ **Cámara Argentina de Lubricantes**, Clasificación API para motores Diesel, <http://www.cal.org.ar/system/contenido.php?id_cat=8>, Argentina, 2001.

- **CD-II (1955):** Motores diesel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste y los depósitos (estos aceites cumplen todos los requerimientos del nivel CD). Actualmente obsoleta.
- **CE (1983):** Motores turbo o sobrealimentados para servicio severo, control sobre consumo y espesamiento del aceite, depósitos y desgaste. Dirigida a multigrados, actualmente obsoleta.
- **CF-4 (1990):** Motores turbo o sobrealimentados para servicio severo, especialmente en carretera. Reemplaza al nivel CE con mejor control del consumo de aceite y formación de depósitos en los pistones.
- **CF (1994):** Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados, que pueden usar gasoil con diferentes contenidos de azufre, efectivo control de la formación de depósitos en los pistones, desgaste y corrosión en cojinetes. Reemplaza al nivel CD, no reemplaza al nivel CE.
- **CF-2 (1994):** Motores diesel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste de aros y cilindros y de la formación de depósitos, reemplaza al nivel CD-II. No necesariamente cumple los requerimientos de los niveles CF o CF-4.
- **CG-4(1994):** Motores diesel para servicio severo, tanto en carreteras (gasoil con bajo contenido de azufre: 0.05% p) como fuera de ellas (gasoil con contenido de azufre máximo de 0,5% p), efectivo control de los depósitos de alta temperatura, desgaste, corrosión, espuma, oxidación del aceite y acumulación de hollín, diseñado para cumplir con las normas sobre emisiones de 1994. También se puede emplear cuando se requieran aceites de nivel CD, CE y algunos casos de CF-4.
- **CH-4 (1998):** Motores diesel para servicio severo, que emplean gasoil con alto o bajo contenido de azufre, y que deben cumplir con estrictas normas de control de emisiones (USA 1998). Ha mejorado el control de depósitos en modernos pistones de dos piezas (excelente nivel dispersante), del desgaste y la resistencia a la oxidación. Sobresaliente control del hollín que producen los sistemas de inyección de alta presión y control electrónico.
- **CI-4:** Comparada con CH-4, estos aceites brindan una mayor protección contra la oxidación, herrumbre, reducción del desgaste y mejora la estabilidad de la viscosidad debido a un mayor control del hollín formado durante el uso

del aceite (mejorando así el consumo de aceite). Comprende aceites utilizados en motores Diesel de alta velocidad, que cumplen con los límites de emisiones implementadas a partir del 2002 y uso de combustibles que contengan hasta un 0,5% de azufre en peso. También para el uso extendido en motores con EGR (recirculación de gases).

- **CI-4 plus 2004:** Surgió como resultado de cierta insatisfacción por parte de fabricantes como Caterpillar, Mack y Cummins en lo referente a requisitos de control del espesamiento provocado por el hollín de la caída de la viscosidad debido al alto esfuerzo mecánico sobre los aditivos mejoradores de viscosidad.
- **CJ-4 (2006):** Se introdujeron en el año 2006. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos diseñados para cumplir con las normas de emisión de gases de escape en autopista para el modelo del año 2007. Los aceites CJ-4 están compuestos para ser usados en todas las aplicaciones con combustibles diesel con rango de contenido de azufre hasta 500ppm (0,05% en peso). Sin embargo, el uso de estos aceites con combustibles con un contenido de azufre mayor de 15 ppm (0,0015% en peso) puede repercutir en la durabilidad del sistema pos tratamiento de los gases de escape y/o en el intervalo de drenaje de aceite. Los aceites CJ-4 son eficaces en la protección de la durabilidad del sistema de control de emisiones cuando se emplean filtro de partículas y otros sistemas de pos tratamiento avanzados. La protección es óptima en el control del envenenamiento catalítico, bloqueo de filtros de partículas, desgaste del motor, formación de depósitos en pistones, estabilidad a baja y alta temperatura, propiedades en el manejo del hollín, espesamiento por oxidación, formación de espuma y pérdida de viscosidad debido al corte o esfuerzo mecánico. Los aceites API CJ-4 superan los criterios de desempeño de API CI-4 PLUS, CI-4, CH-4 y CF-4.

La clasificación API para aceites de transmisión se especifica a continuación:

NIVEL API	TIPO DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS
GL-1	Engranajes comunes, tornillo sinfín, hipoidales en condiciones de operación poco exigidas.	Aceite mineral de alta refinación
GL-2	Engranajes comunes, tornillo sinfín, hipoidales, en condiciones de operación moderada	Aceite mineral AR inhibido contra la oxidación, corrosión y formación de espuma.
GL-3	Diferenciales y cajas manuales, trabajando en condiciones moderadas	Similar a GL-2 con el agregado de aditivos antidesgaste.
GL-4	Diferenciales hipoidales, trabajando en condiciones moderadas y cajas sometidas a	Similar a GL-3 pero con muy elevada aditivación antidesgaste.
GL-5	Para diferenciales y cajas hipoidales trabajando en condiciones severas.	Similar a GL-4 con aditivos antidesgaste de mayor exigencia
GL-6	Para diferenciales hipoidales con alta exigencia axial	Aceite especial, no incluido entre los lubricantes exigidos por la mayor parte de los fabricantes de engranajes.

Tabla 1.4: Clasificación API para transmisiones automotrices.

Fuente: Boston Lubricantes, Lubricantes de engranajes para caja y diferencial.
<<http://www.bostonlubricantes.com/info03.htm>>. Acceso marzo 2011.

A los engranajes cónicos con eje desplazado se los conoce como hipoidales, debido a que sus superficies de paso son hiperboloides de revolución.

1.5.3 Normas de ensayo INEN

Estas normas y pruebas de ensayo se realizan para establecer los requisitos técnicos que deben cumplir los aceites lubricantes que se comercializan en el país, bien sean importados o fabricados en el Ecuador. Para protección del consumidor, se asegura que el producto tenga excelente calidad para la venta y que la información en el envase sea adecuada, clara y veráz con relación a su contenido y características. La información a continuación se obtuvo de la norma RTN INEN 014:2006⁵.

1.5.3.1 Condiciones generales

- Los productos, cuando sean observados a simple vista, deben ser de aspecto límpido, y estar exentos de agua, sedimentos y de materiales en suspensión.
- El envasado debe realizarse en recipientes fabricados de materiales que no alteren la calidad del producto.

⁵ Instituto Ecuatoriano de Normalización, reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 014:2006 para aceites lubricantes <www.inen.gov.ec>, Ecuador, 2011

1.5.3.2 Requisitos

- los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo diesel, deben cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 6 de la NTE INEN 2 030 vigente.
- Los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor, deben cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 6 de la NTN INEN 2 028 vigente.

1.5.3.3 Rotulado

El rotulado debe contener la siguiente información:

- Nombre o denominación del producto.
- Marca comercial.
- Identificación del lote.
- Contenido neto en unidades del SI.
- Razón social de la empresa productora.
- País de fabricación del producto.
- Grado de viscosidad SAE.
- Clasificación API.
- Advertencia del riesgo por el contacto prolongado del aceite con la piel.
- Advertencia del riesgo para el medio ambiente por la inadecuada disposición del aceite usado.
- La información debe estar en español, sin perjuicio a que se pueda presentar en otros idiomas adicionales, de preferencia en inglés.



Figura 1.8: Rotulado en recipientes de aceite.

1.5.3.4 Ensayo para evaluar lubricantes para motores de combustión interna ciclo Diesel.

Con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma INEN 2 030, se deben efectuar los siguientes ensayos:

REQUISITOS	METODOS DE ENSAYO
Índice de Viscosidad.	ASTM D 2270
Punto de Ecurrimiento.	NTE INEN 1982
Viscosidad a 100° C.	NTE INEN 810
Contenido de agua.	ASTM D 95
Tendencia de la espuma después de 5 min.	ASTM D 892
Estabilidad de la espuma después de 10 min.	ASTM D 892
Número básico total (TBN).	ASTM D 2896
Cenizas sulfatadas.	ASTM D 874

Tabla 1.5: Ensayos en aceites lubricantes para motores de combustión interna ciclo diesel.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, Reglamento Técnico Ecuatoriano, RTE INEN 014:2006, Quito, 2006.

1.5.3.5 Ensayos para evaluar aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor.

Con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma INEN 2 028, se deben efectuar los siguientes ensayos:

REQUISITOS	METODOS DE ENSAYO
Viscosidad a 100° C.	NTE INEN 810
Índice de Viscosidad.	ASTM D 2270
Tendencia de espuma después de 5 min. del período de soplado (cm ³).	ASTM D 892
Estabilidad de espuma después de 10 min. del período de soplado en cm ³ .	ASTM D 892
Punto de Esgurrimento.	NTE INEN 1982
Punto de inflamación y combustión	NTE INEN 808
Corrosión sobre la lámina de cobre	NTE INEN 927
Contenido de azufre	NTE INEN 1049
Contenido de fósforo	ASTM D 4951
Contenido de agua.	ASTM D 95
Materiales en suspensión.	ASTM D 4007

Tabla 1.6: Ensayos en aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor.
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, Reglamento Técnico Ecuatoriano, RTE INEN 014:2006, Quito, 2006.

CAPITULO II

ANALISIS DE ACEITE E INTERPRETACIÓN

2.1 Introducción

Muchos métodos y técnicas de análisis de aceite se han desarrollado a través de la experimentación e investigación, pero la interpretación de los resultados obtenidos no responde a una ciencia exacta, ya que muchos factores entran en juego cuando se busca optimizar el uso de aceites teniendo como punto partida la degradación del mismo en función del estado de la maquinaria, así como el periodo actual de uso del aceite, condiciones de operación, hábitos de manejo, historial de fallas y reparaciones, etc.

Para un diagnóstico preciso del estado del aceite y del conjunto es necesario conocer a fondo las diversas circunstancias que se pueden presentar para cada mecanismo según el trabajo que desempeña, su ubicación en el vehículo y sus características constructivas. Así podemos entender que un mismo aceite no tendrá igual desempeño en un motor nuevo que en un motor antiguo, o que la corona de un vehículo que opera en ambientes polvorientos nunca tendrá los mismos niveles de contaminación que la corona de un vehículo que trabaja solo sobre asfalto.

Los lubricantes tienen una vida útil máxima que está determinada por la severidad de la carga a la que está sometido el conjunto, a la calidad de los aditivos, a la intensidad de los cambios químicos sufridos y a su porcentaje de contaminación, lo ideal es que se lo utilice durante un tiempo apropiado en el cual no sufra alteraciones que comprometan la seguridad del sistema.

2.2 Métodos de análisis de aceite

Se puede evaluar el estado del aceite a través de muchos métodos y técnicas de análisis realizados en laboratorio, estos análisis se clasifican en tres grupos:

- Análisis para determinar la degradación del aceite.
- Análisis para determinar los contaminantes en el aceite.
- Análisis para detectar y cuantificar las partículas de desgaste presentes en el aceite.

Con la utilización de estas tres técnicas se realizará un diagnóstico del estado del aceite, con miras a ampliar o ajustar apropiadamente los intervalos de cambio de lubricante. A continuación se describen cada una de las pruebas realizadas en las muestras de aceite usado, tomadas de los conjuntos de motor, caja de cambios y diferencial de los vehículos de la EMAC EP.

2.2.1 Análisis de degradación

Se entiende por degradación del aceite al proceso en el cual va perdiendo la capacidad para cumplir con las funciones para lo cual fue diseñado: limpiar, lubricar, refrigerar, etc. Esto es ocasionado por las alteraciones físicas y químicas debido a las condiciones a las que se ve sometido el aceite, como temperatura elevada, altas presiones, entorno corrosivo, etc.

Para expresarlo de otra manera, la degradación del aceite es una condición que no puede ser filtrada en el circuito de lubricación, el grado de deterioro de las condiciones iniciales depende de: la calidad del aceite, estado y mantenimiento dado al conjunto lubricado, condiciones de trabajo y kilómetros de uso del lubricante.

2.2.1.1 Análisis de la viscosidad

El análisis realizado para determinar la viscosidad del aceite cumple con el método ASTM D445, esta norma específica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática de los productos derivados del petróleo licuado, sean estos opacos o transparentes.

Básicamente la prueba mantiene el mismo principio utilizado en algunos métodos para medición de viscosidad, se realiza colocando la muestra dentro de un viscosímetro calibrado (tubo de vidrio en forma de U, Figura 2.2) tipo Cannon Fenske para líquidos opacos (aceite usado) a continuación se introduce el viscosímetro en un baño termostático (Figura 2.1) de aceite que se encuentra a una

temperatura controlada de 100° C, donde se lo deja por 15 minutos para que todo el aceite de la muestra adquiera la misma temperatura, después se deja fluir el aceite por gravedad a través del tubo y se mide el tiempo en segundos que demora en trasladarse el aceite desde una marca hacia otra en el cristal. Se realiza dos veces el procedimiento y se obtiene el promedio de los dos tiempos, los resultados no deben superar $\pm 5 \%$ de diferencia entre ellos. Por último, para calcular la viscosidad en centistokes se multiplica el tiempo obtenido por la constante del equipo de análisis, siendo K la constante del equipo (cSt/sg) y t el tiempo promedio en segundos.

$$v = K \times t$$



Figura 2.1: Máquina de baño termostático.

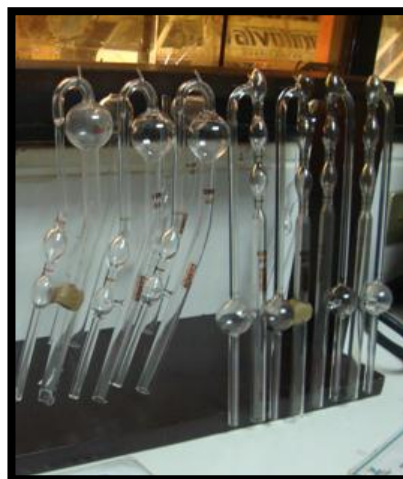


Figura 2.2: Viscosímetros Cannon-Fenske Opaque y Cannon Routine. utilizados en el laboratorio.

Es muy importante tener control estricto de la temperatura durante la prueba, la viscosidad de los aceites derivados del petróleo pueden variar drásticamente ante pequeños cambios de temperatura. Durante un intervalo de cambio de aceite recomendado, los valores de viscosidad del aceite usado no deben variar ± 3 cSt de la viscosidad inicial del mismo aceite nuevo, a continuación se expone el rango de los valores de viscosidad aceptados para los aceites utilizados en los recolectores de la EMAC.

SAE	API	CONJUNTO	VISCOSIDAD cSt
15 W 40	CI-4	Motor	Min:12 Max: 17
80 W 90	GL – 4	Caja de cambios	Min:12 Max: 17
85 W 140	GL – 5	Diferencial	Min:27 Max: 34

Tabla 2.1: Rangos de viscosidad aceptados en aceites Valvoline.

2.2.1.2 Oxidación

La prueba corresponde al método interno MM-1440 del laboratorio, este análisis se realiza a través de un espectrómetro de emisión infrarroja, sirve para determinar los porcentajes de oxidación del aceite. El primer paso para el análisis infrarrojo se realiza colocando una muestra de aceite en el lente del cristal de refracción, aquí un haz de luz infrarroja atraviesa la muestra generando un espectro que posteriormente se digitaliza.



Figura 2.3: Scan Infrarrojo. Fuente: Foto Autor, laboratorio Lubrival S.A.



Figura 2.4: Lente de refracción.

Los datos se cargan y se visualizan a través de un computador, en el programa de análisis se pueden observar curvas características de cada aceite que son como una huella digital, únicas para cada muestra. Los aceites nuevos generan curvas específicas según su formulación, los aceites usados generan curvas similares a las de los aceites nuevos, pero es en éstas diferencias donde se interpreta la degradación sufrida por el lubricante, también se puede conocer a través de este método si el aceite analizado corresponde a la misma marca comercializada, ya que cada formulación de aceites genera curvas propias. Los resultados del laboratorio se da en porcentajes de oxidación del aceite usado con respecto al mismo aceite nuevo, el límite condenatorio es 100%.

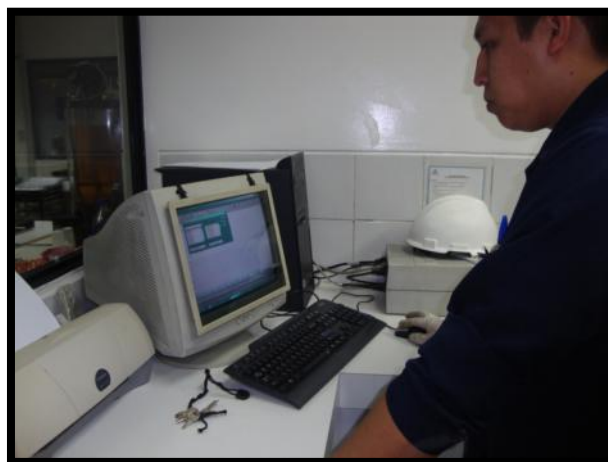


Figura 2.5: Visualización de información cargada desde el Scan Infrarrojo.

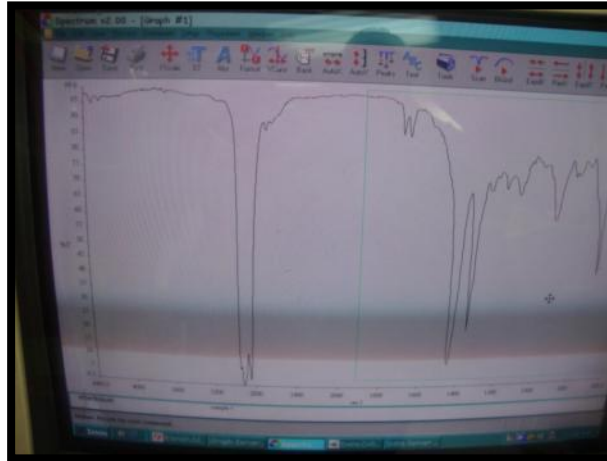


Figura 2.6: Curva característica de un aceite nuevo SAE 15W40.

2.2.2 Análisis de contaminación

La contaminación del aceite es la presencia de materias extrañas al aceite en sí, las cuales son generadas o adicionadas al lubricante durante el funcionamiento del sistema, almacenamiento, etc. La presencia de los contaminantes es indeseable ya que afecta el desempeño del lubricante.

2.2.2.1 Detección de agua

La prueba para determinar la presencia de agua en un aceite usado corresponde al método interno MM-449, ésta prueba es la más utilizada y es un método básico pero eficaz para detectar agua emulsificada o en estado libre.

Existe tres tipos de presencia de agua en el aceite: disuelta, emulsifica y en estado libre, la primera se caracteriza por tener moléculas pequeñas dispersas en el aceite, tan pequeñas que no se las puede ver; el agua emulsificada son gotas microscópicas de agua suspendida en el aceite que se pueden apreciar a simple vista porque tienen un aspecto lechoso, el agua en estado libre es cuando el agua sobrepasa la cantidad que puede mantenerse emulsificada y se acumula en el cárter, estos últimos tipos son los más dañinos.

El procedimiento de esta prueba, también llamada prueba de crackeo o chisporroteo, se realiza colocando una gota de aceite en una plancha caliente adecuada para este análisis, que se encuentra a una temperatura controlada alrededor de 150° C. Después de unos segundos si no existe vapor o sonidos es un indicador de la ausencia de agua en el aceite, por el contrario, si se presentan sonidos acompañados de vapor es un indicador claro de la presencia de agua.



Figura 2.7: Plancha para prueba de chisporroteo.

Aunque con esta prueba no se puede medir el porcentaje exacto de agua en el aceite, la experiencia sirve para determinar valores aproximados según la intensidad de la reacción del agua en la plancha caliente. Los resultados de laboratorio indican únicamente la presencia o ausencia de agua en el aceite.

2.2.2.2 Detección de dilución por combustible

La detección de combustible se realiza utilizando una máquina llamada SETAFLASH (Figura 2.8), la prueba consiste en introducir una cantidad medida de aceite en un recipiente de vaso cerrado, donde se lo calienta y periódicamente se introduce una llama. Al estar el aceite dentro de un depósito cerrado se almacenan vapores en el compartimento, en el caso de que en estos gases haya presencia de productos inflamables como diesel, existirá una combustión que delata la presencia del combustible en la muestra de aceite.



Figura 2.8: Setaflash.

Esta prueba es muy similar a la que se realiza para obtener el punto de inflamación del aceite, pero se diferencia básicamente por la temperatura de encendido. El punto de inflamación del aceite nuevo se encuentra alrededor de 240°C , en el caso del aceite contaminado con combustible es mucho menor la temperatura a la que se encienden los vapores generados en el depósito, valores aceptados para motores diesel puede ser hasta 150°C . Los resultados enviados del laboratorio solamente indican la presencia inadecuada de combustible, y se realiza solamente en motores, ya que los conjuntos de transmisión no tienen relación con combustible.

2.2.2.3 Hollín y Sulfatación

El análisis para determinar el porcentaje de hollín y productos sulfurosos se realiza utilizando el mismo procedimiento MM-1440 utilizado para determinar el porcentaje de oxidación.

2.2.3 Análisis de desgaste

En el interior de todos los conjuntos (motores, caja de cambios, conjunto diferencial) se generan partículas microscópicas de desgaste, estas partículas corresponden a los materiales que conforman los elementos que se encuentran sometidos a fricción y a la interacción de cargas. A pesar de la acción lubricante del mejor aceite que se encuentre en el mercado, siempre existirán pérdidas de material durante la vida operativa del conjunto.

Cuando los equipos nuevos han pasado el periodo de asentamiento, les sigue un interminable proceso de desgaste controlado donde se generan partículas con tamaños menores a los 10 micrones, la información obtenida en el laboratorio de la concentración de estos elementos es muy importante para evaluar el desempeño, tendencia de desgaste y vida útil del aceite.

El análisis realizado para determinar el ppm (partículas por millón) está sujeto a la norma ASTM D-4628 por un espectrómetro de Absorción Atómica (Figura 2.9). El procedimiento se hace quemando la muestra para llevar los compuestos a su fase gaseosa y estado elemental por disociación térmica. La fase gaseosa se ilumina con luz de determinada longitud de onda según el elemento que se desee medir, mediante eso, los átomos en estado fundamental cuyos niveles se corresponden con los de la longitud de onda incidente absorben energía para promover electrones a niveles de energía superiores. Cada elemento es sensible a una longitud de onda y la cantidad de energía absorbida es proporcional a su concentración en la mezcla, por esta razón el espectro de absorción del elemento presentará picos o líneas de absorción atómica característicos⁶.



Figura 2.9: Espectrómetro de Absorción Atómica.

Los materiales de desgaste cuantificados en partículas por millón (ppm) son: cobre, hierro, cromo y plomo, además este método también identifica las ppm del silicio

⁶ Diagnóstico de motores Diesel mediante el análisis del aceite usado, Tormos Bernardo, España, 2005.

(polvo), que realmente se considera un contaminante, pero se lo analiza a través de este método.



Figura 2.10: Llama en zona de muestreo.

2.3 Comportamiento y evaluación de la degradación del aceite

Las variables en las propiedades del aceite como su velocidad de degradación y las relaciones existentes entre los parámetros físicos y químicos, son una de las herramientas más importantes a utilizar para tomar decisiones y optimizar el uso de lubricantes en los vehículos, que a su vez repercutan en ahorro y eficiencia en el área del mantenimiento preventivo.

2.3.1 Viscosidad

La mayor parte de los desvíos que se dan en las características del aceite producto de la degradación, contaminación e incluso la presencia de materiales de desgaste influyen directamente en la viscosidad, siendo este un parámetro tan importante debe ser monitoreado rigurosamente, el panorama es más crítico en los motores considerando las agresiones a las que está sometido el aceite (ataques químicos, temperaturas, presiones), por esto el hecho de que el aceite de motor tenga una vida útil mucho más corta que el de transmisión.

2.3.1.1 Variación de la viscosidad en función de la temperatura

La mayoría de motores diesel están diseñados para funcionar a una temperatura que oscila entre 95° C y 100° C, en ésta zona se maximiza la eficiencia porque es el punto donde se tiene menos pérdida de trabajo por el calor cedido al sistema de refrigeración, también en este rango existe una mejor combustión donde se quema la mayor cantidad del combustible lo que genera más torque y potencia, pero principalmente a ésta temperatura el aceite alcanza su nivel de máxima protección reduciendo dramáticamente las perdidas por fricción. En la figura 2.11 se tiene la curva viscosidad-temperatura de un aceite SAE 15w-40.

En el recuadro inferior de la figura se observa la zona ideal de temperatura de funcionamiento, en ésta área la viscosidad está entre 12 cSt y 17 cSt, por lo que éste margen es el más apropiado para lubricar un motor diesel que utiliza ésta especificación de aceite.

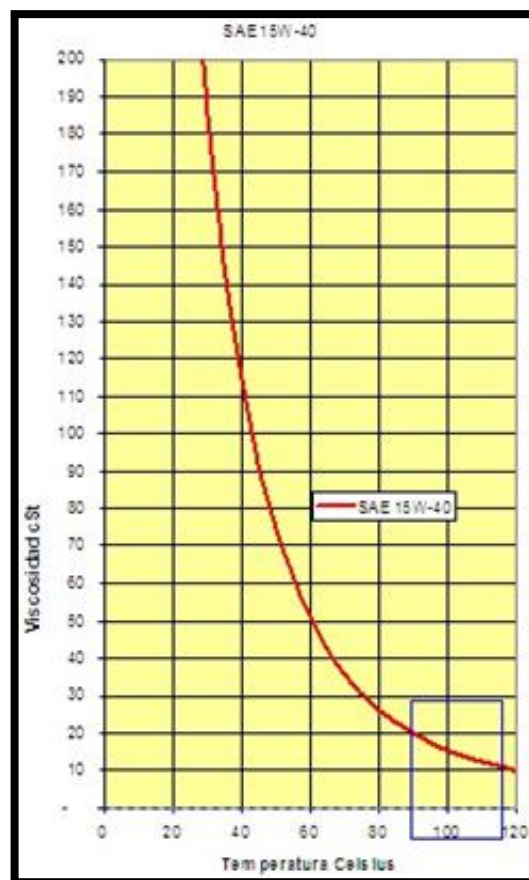


Figura 2.11: Curva de viscosidad-temperatura de aceite 15W-40. **Fuente:** Widman, Relación entre la viscosidad, la vida útil y el costo de mantenimiento, <<http://www.widman.biz/boletines/36.html>>, Bolivia, 2009. Accso marzo 2011

Las consideraciones a bajas temperaturas también son importantes, si observamos en la misma figura el aceite tiene una viscosidad mucho mayor a los 200 cSt cuando se encuentra a una temperatura inferior a los 25° C (ésta sería la temperatura ambiental durante el arranque del motor), con una viscosidad tan alta existe el riesgo de que no se lubriquen adecuadamente las áreas sensibles como los cojinetes y rines, o que no fluya adecuadamente el aceite por el filtro, teniendo como consecuencia que se abra la válvula de alivio dejando pasar todas las impurezas directamente.

De aquí la importancia de la temperatura de funcionamiento que debe tener un motor antes de ponerlo a trabajar y lo inapropiado de acelerar la máquina con la idea de calentarla rápido cuando está frío. Un motor que funciona regularmente a una temperatura por debajo de los 75° C aumenta el contenido de agua en el aceite por condensación, además genera ácidos durante la combustión que degradan el lubricante, ésta situación se presenta generalmente cuando se extrae el termostato del sistema de refrigeración.

En el caso de los equipo de transmisión, las partes también están diseñadas para operar con un viscosidad específica que garantice máxima eficiencia dentro del margen de temperatura apropiado. Mantener la viscosidad adecuada del aceite en órganos de transmisión puede resultar un poco más difícil, ya que opera en rangos de temperatura mucho más amplios, el primer caso se da al iniciar la marcha, momento en el cual el aceite esta a temperatura ambiental, progresivamente se va calentando hasta llegar a la temperatura de trabajo, la cual no es constante porque depende de la carga y trabajo del vehículo, un rango podría situarse entre 80° C y 100° C, dentro de todo este trayecto el aceite debe lubricar de la mejor manera rodamientos, engranajes, sincronizadores, etc., adicional a esto la suciedad de la carcasa puede obstruir la refrigeración del aceite elevando aún más la temperatura. A continuación se expone distintos aceites de transmisión y su viscosidad en distintos rangos:

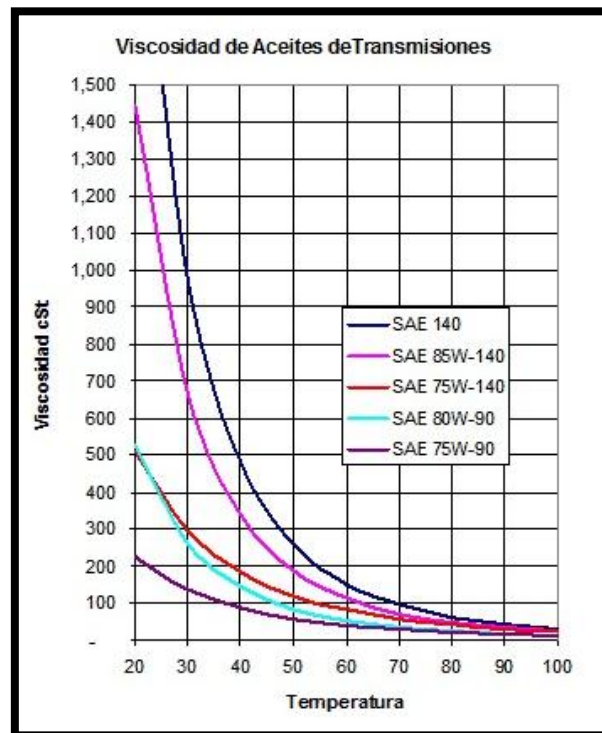


Figura 2.12: Curva de viscosidad-temperatura de aceites de transmisión. **Fuente:** Widman, *Relación entre la viscosidad, la vida útil y el costo de mantenimiento*, <<http://www.widman.biz/boletines/36.html>>, Bolivia, 2009.

2.3.1.2 Efectos y problemas producidos por cambios en la viscosidad

El aceite puede espesar o adelgazar su viscosidad durante el servicio, los valores elevados en la viscosidad del aceite generan los siguientes problemas:

- Mayor generación de calor por limitaciones en el flujo del aceite.
- Cavitación, esto es burbujas en forma de aire o vapor en la línea de sistemas lubricación a presión, esto provoca micro chorros que erosionan las superficies.
- Pérdida de trabajo, mayor consumo de energía.
- Flujo inapropiado a las zonas de lubricación (rodamientos, cojinetes).
- Pobres características antiespuma y demulsificantes.
- Dificultad de bombeo a bajas temperaturas.

Cuando el aceite baja su viscosidad se presentan los siguientes problemas:

- Pérdida de película lubricante, lubricación límite, fricción y por tanto desgaste.
- Alta fricción mecánica y pérdida de energía.

- Generación de calor y oxidación.
- Incremento de la sensibilidad del sistema a la contaminación por partículas (menor espesor de película y menor protección).
- Fallo de la película lubricante en condiciones severas (altas temperaturas, baja velocidad y alta carga).

Por estas razones es muy importante monitorear los cambios en la viscosidad cinemática del aceite de cualquier sistema lubricado, para evaluar las variaciones se utiliza la siguiente relación:

$$Z_{visc} = \frac{\text{viscosidad medida}}{\text{viscosidad original}}$$

Donde Z_{visc} es el factor de variación de la viscosidad obtenida en los análisis de aceite frente al valor original de viscosidad del aceite nuevo. También hay que considerar que cuando se añade aceite nuevo en el cárter de un conjunto, siempre el aceite usado tiende a recuperar la viscosidad inicial, dicho de otra forma, el valor de Z_{visc} se aproximará a la unidad.

2.3.1.3 Agentes que alteran la viscosidad

Los parámetros que generan cambios permanentes en la viscosidad cinemática son:

	Descenso de viscosidad	Aumento de viscosidad
Cambios en la estructura del lubricante	• Ruptura de las moléculas. • Degradación de los aditivos mejoradores del I.V.	• Polimerizaciones. • Oxidación. • Pérdidas evaporación. • Formación lodos y lacas.
Contaminación del aceite	• Combustibles. • Mezcla de aceites (viscosidad inferior). • Disolventes.	• Agua (emulsiones). • Espumas. • Hollín y polvo. • Materiales de desgaste. • Mezcla de aceites (viscosidad superior).

Tabla 2.2: Parámetros que generan cambios en la viscosidad. **Fuente:** Tormos, B. Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado, España, Editorial Reverte, 2005, pp.142.

Como se ve en la tabla 2.2, algunos efectos resultan en adelgazamiento de la viscosidad y otros contribuyen a su espesamiento, así los resultados del análisis pueden dar un valor teóricamente correcto llevado por el equilibrio entre estas dos situaciones, confundiendo el hecho real de que el aceite pueda estar en pésimas condiciones, se describen a continuación:

Ruptura de moléculas y degradación de aditivos: Durante la vida útil del aceite existe desgaste permanente producido por la ruptura de las moléculas y por la degradación progresiva de los aditivos, dicho de otra forma, el aceite debe ser desechado cuando se han consumido estos recursos disponibles, de seguir usándolo así no brindará ningún tipo de protección porque no se podrá establecer la película de lubricación apropiada y la falta de aditivos generará desgaste acelerado.

Situaciones como fallas en el sistema de refrigeración (en donde se eleva la temperatura desmedidamente), niveles bajos de aceite por fugas (volumen mínimo lubricando la maquinaria) o cargas extremas de funcionamiento hacen que el lubricante se consuma y degrade aceleradamente, produciéndose el cizallamiento, este efecto se da cuando existe rozamiento tangencial directo entre las superficies de dos metales móviles, debido principalmente a la inexistencia de una película lubricante suficiente para mantener alejadas estas superficies, cabe acotar que el cizallamiento también se produce por mala calidad de los aditivos y del aceite base.

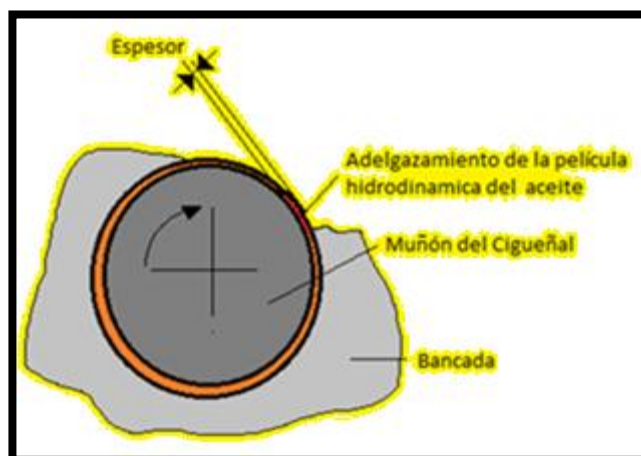


Figura 2.13: Cizallamiento producido por baja viscosidad en muñón de bancada

Oxidación del aceite: La oxidación es una reacción química entre el aceite y el oxígeno, y aunque se controla mediante aditivos inhibidores, siempre que el aceite este en contacto con el aire se va a producir oxidación.

La oxidación es una reacción en cadena, el inicio ocurre cuando se aplica una fuente de energía como calor o esfuerzo de corte mecánico y son varios los factores que pueden acelerar la oxidación, siendo los más importantes los gases de combustión (en el caso de motores), la temperatura, existencia de burbujas de oxígeno atrapadas en el aceite, metales de desgaste y contaminantes.

Cuando aumenta la oxidación disminuye la vida útil del aceite, en motores el aceite se espesa y forma ácidos orgánicos que obstruyen los filtros conduciendo al atascamiento de los anillos, formación de incrustaciones y barnizado en los pistones, etc. Con respecto a los conjuntos de transmisión en raras ocasiones se presentan niveles de oxidación elevados que alteren el desempeño del lubricante, generalmente ocurre cuando el aceite comienza un proceso de degradación acelerado producto de roturas o daños severos en los conjuntos, estos procesos muchas veces ocurren antes de que puedan diagnosticarse.

Sulfatación: La sulfatación se produce en los motores durante el proceso de combustión, cuando el azufre del aceite se oxida y se combina con el agua. Esta composición se filtra hacia el cárter y reacciona con los aditivos presentes en el aceite, dicho en otras palabras, si el azufre se mantiene constante consumirá los aditivos.

Combustible: El combustible siempre va a contaminar el aceite de un motor de combustión interna, ya que se relaciona directamente con el lubricante en la cámara de combustión, pero es necesario que la dilución se dé en mínimas cantidades, intervalos de cambio de aceite muy extendidos siempre van a dar resultados positivos de presencia de combustible en el aceite.

La contaminación con diesel se da por una filtración del mismo hacia el cárter a través de los anillos del pistón, donde diluye el aceite que lubrica los cilindros generando desgaste acelerado en camisas, rines, pistones, y posteriormente en el resto de elementos del motor, además de presentarse consumo del lubricante.

Además de que el aceite diluido no protege los componentes críticos, existe también mayor dificultad durante el arranque por el alto contenido de ceras, además las moléculas aromáticas del diesel catalizan el proceso de oxidación, a la vez que consumen los aditivos aceleradamente, dos causas pueden manifestar esta condición: la operación del vehículo y el estado del motor. La situación operativa se da por las condiciones de trabajo de la maquinaria, que básicamente reduce la eficiencia de la combustión, como por ejemplo se puede citar el funcionamiento en frío, el trabajo con paradas recurrentes y tiempos excesivos de marcha con el motor en ralentí.

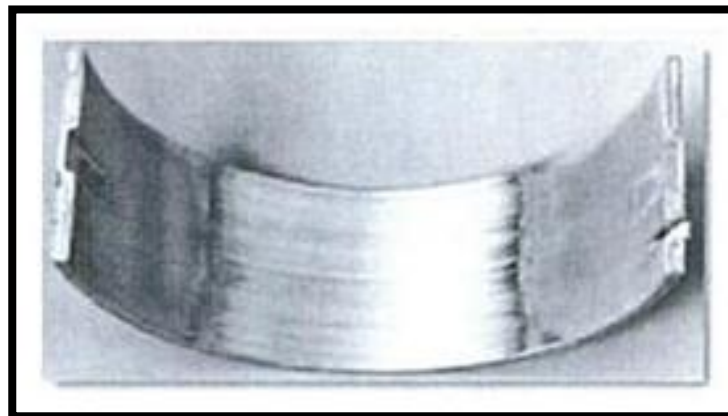


Tabla 2.14: Desgaste en cojinete debido a insuficiente espesor de película lubricante por presencia de combustible **Fuente:** Tormos, B. Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado, España, Editorial Reverte, 2005, pp.209.

Averías o daños en el motor también provocan contaminación por diesel, un ejemplo claro son los inyectores defectuosos que gotean por problemas en las toberas o cualquier otro elemento que afecte el desempeño de la combustión, lo que se traduce en un exceso de diesel sin quemar en la cámara. Elementos defectuosos pueden ser la bomba de inyección, líneas de combustible, filtro de aire, intercooler, turboalimentador, etc.

Las causas operativas no pueden corregirse fácilmente ya que no se puede cambiar el giro del trabajo que realizan los vehículos de la empresa, los recolectores están sujetos a paradas y arranques permanentemente por lo que se debe prestar atención a este particular en los resultados de los análisis de laboratorio. Las causas mecánicas son un poco más fáciles de solucionar, aunque esto involucre parar la maquinaria para realizar trabajos de diagnóstico y reparación, estas detenciones pueden ser indispensables porque ya se sabe que el diesel provoca cambios importantes en el aceite.

Los conjuntos de transmisión no tienen relación combustibles en su funcionamiento, sin embargo en ocasiones se han dado resultados positivos en las muestras, siendo la causa de este particular la contaminación del aceite en el bodegaje.

Agua: En el caso de motores, el agua es un producto residual de la combustión que generalmente sale por el tubo de escape, pero también puede ser un potencial contaminante del aceite al condensarse en el cárter por diversas causas.

Cuando el motor opera a una temperaturas de óptima (entre 80 y 100° C) el agua de la combustión se evapora y no existen residuos, pero si la máquina no cuenta con termostato o los viajes son tan cortos (arranques y paradas continuas) que el motor no llega a la temperatura normal deseada, el agua se filtra al aceite en la cámara de combustión formando lodos y ácido sulfúrico H_2SO_4 (que se mezcla con el azufre del combustible). En locaciones en donde la humedad alcanza o supera el 85%, también existe contenido adicional de agua en el aceite, esta humedad presente en el aire caliente dentro del cárter o carcasas del equipo se condensa y gotea sobre el aceite, contaminándolo.

En un motor de combustión interna el ingreso de agua al cárter también puede estar dado por filtraciones del líquido refrigerante, a través de retenes y juntas defectuosas, procedente de fuentes externas como el lavado de los equipos con chorros de agua a presión. Varias son las agresiones al motor por la contaminación del aceite con agua, principalmente existe una reacción química que genera herrumbre en las superficies de hierro lo que también genera daños en otros metales, el agua con PH muy ácido o alcalino tiene efectos corrosivos devastadores. El Agua agota los aditivos del aceite, tiene uniones químicas que la hacen muy susceptible de formar uniones especiales con algunos aditivos lo que provoca degradación prematura de los mismos, además hay que recordar que el agua tiene oxígeno en su fórmula, por lo que a altas temperaturas provoca oxidación del aceite.

El aceite demasiado emulsionado provoca taponamientos en los filtros, en muchas ocasiones se pueden formar lodos y sedimentos, además el agua promueve el desarrollo bacteriano situación que se caracteriza por la presencia de malos olores.

Como ya se ha mencionado antes, muchas veces la contaminación del aceite se da mucho antes de que entre en operación, durante la manipulación de los envases o almacenamiento deficiente, el agua puede penetrar por las tapas de los tanques, o incluso por condensación dentro del propio bidón, cuando este está a medio llenar o sufre variaciones de temperatura.

Con respecto a los mecanismos de transmisión, el ingreso de agua al aceite se da principalmente a través de los respiraderos, que muchas veces están rotos o incorrectamente direccionados.

Hollín: La contaminación por hollín se presenta exclusivamente en los motores, está constituido en un 98% de carbón y básicamente es combustible que no se ha llegado a quemar completamente, se puede apreciar a simple vista ya que es el humo negro que expulsan los motores de vehículos diesel.

El hollín es como una lija fina para los componentes, su presencia ennegrece el aceite y produce atascamiento de los rines en las ranuras, además se asienta en la cámara de combustión y en la cabeza del pistón aumentando la temperatura. Cantidades elevadas de hollín obstruye los filtros de aceite y consume los aditivos detergentes y dispersantes produciendo espesamiento del aceite.

Aunque las partículas de hollín son mucho más pequeñas que un micrón (0,03 micrones), se pueden aglomerar y formar partículas más grandes que obstruyen el flujo del aceite y aumentan su viscosidad. La formación de hollín es causada por las siguientes causas:

- Inyectores gastados por contaminación del diesel.
- Filtro de aire sucio.
- Instalación inapropiada del inyector.
- Filtros de combustible sucios o de mala calidad.
- Proporción aire diesel incorrecto.
- Excesivo funcionamiento del motor en ralentí.
- Sobrecarga del motor.
- Mala pulverización del diesel, falta de presión, inyectores abiertos.
- Exceso de caudal en la bomba de inyección.

- Operación del motor sin termostato.
- Anillos desgastados.
- Combustible de mala calidad.

Polvo: Este es uno de los contaminantes más dañinos que reduce drásticamente la vida útil del aceite, ya que es un abrasivo que literalmente lija los metales con los que entra en contacto directo o a través del lubricante.

El polvo está compuesto en un 70% de sílice, en el caso del motor su ingreso y concentración puede darse por varios medios, siendo el principal medio a través del aire que aspira para realizar la combustión. Considerando que por cada litro de combustible que consume un motor se filtra y consume entre 10000 y 15000 litros de aire (dependiendo de la cilindrada), es de suponer que el ingreso de polvo se deba a fallas en el filtrado, por filtros de baja calidad o dañados, también al ingreso de aire sin filtrar (cañerías rotas, juntas mal ajustadas, respiraderos, varilla de medición de aceite, etc.).

El filtro de aire con el uso aumenta su capacidad de filtrado a medida que se va saturando el papel filtrante, pero disminuye el flujo de aire dentro de los cilindros lo que se traduce en pérdida de potencia, por eso siempre se deben considerar los intervalos de cambio de filtros de aire en función de la zona por donde circulan los vehículos. Una mala práctica que se realiza durante el mantenimiento es la de soplar con aire a elevada presión (presión sobre los 3 bar) los filtros con la finalidad de limpiarlos, lo que hace volar la tierra contenida en el papel del filtro, pero también sobredimensiona los poros dejando pasar tierra en niveles inadecuados e incluso, rompe el papel de filtrado sin que el operador se dé cuenta. El filtro debe ser limpiado por aire a una presión mínima solo en motores con doble filtro (filtro de seguridad).

Los conjuntos de transmisión son susceptibles a contaminarse con polvo cuando su recorrido incluye caminos polvorientos o lastrados, el contaminante penetra hacia adentro por los respiraderos. Otra causa común de contaminación se da durante la revisión de niveles debido a procedimientos inapropiados o a través del mismo aceite, el cual se pudo contaminar previamente durante su manipulación antes o

durante el cambio de aceite, así como por el combustible, el cual puede arrastrar consigo pequeñas partículas de polvo que no se llegaron a filtrar.

Es importante mencionar que, en el laboratorio, la computadora del infrarrojo también identifica como silicio los compuestos provenientes de otras fuentes, como de los sellos o retenes nuevos en el caso de motores que inician su vida útil o están recién reparados; el refrigerante también contiene silicio e incluso hasta los mismos aditivos del aceite, por eso se mencionó anteriormente la importancia de relacionar toda la información con el fin de realizar un diagnóstico acertado. Lo mejor es que se realicen los análisis en un laboratorio que maneje la información del aceite nuevo, donde se conocen los valores iniciales no solo del silicio sino de todos los compuestos que conforman el lubricante, para no cometer errores de interpretación con respecto a la presencia o ausencia de determinados elementos en el aceite usado.

2.4 Análisis de componentes

Parte de la interpretación correcta del estado de los lubricantes involucra entender el comportamiento de los elementos móviles sometidos a desgaste, sean parte del mismo sistema de lubricación o de los componentes lubricados.

2.4.1 Motor

Actualmente la ingeniería automotriz avanza rápidamente, los motores de hoy tienen tolerancias mucho más reducidas que sus homólogos de hace pocos años atrás, así como aleaciones metálicas más complejas y temperaturas de funcionamiento más elevadas, por lo que los aceites también se han desarrollado conjuntamente para lubricar adecuadamente estos componentes. La tendencia apunta a utilizar aceites multigrado con especificaciones SAE menores, que a pesar de ser menos viscosos protegen de mejor forma las piezas dando mayor durabilidad a los motores, que en estos días sobrepasan tranquilamente los 700000 Km. sin reparaciones y con un buen mantenimiento (en décadas anteriores un motor difícilmente rebasaba los 150000 km.), presentando además menor consumo de combustible y mayor potencia ya que la lubricación eficiente genera menos pérdida de trabajo por fricción. A continuación se describe las causas de mal funcionamiento en cada uno de los componentes:

Bomba de aceite: La bomba de aceite puede desgastarse por la contaminación, por el nivel bajo de lubricante (funcionamiento sin aceite) o por demasiado nivel de aceite lo que provoca espuma, creando vacíos en el flujo del caudal generado por la bomba. El desgaste se produce en las superficies de los piñones de la bomba, donde se pueden ver rasguños y deformaciones causadas por los contaminantes.

Cigüeñal y cojinetes: La carencia de la película de lubricación en esta zona permite el contacto metal contra metal, donde se eleva la temperatura y pueden llegar a fundirse los cojinetes en el muñón. Si la película de aceite es insuficiente, el funcionamiento prolongado del motor en ésta condición causará el agarrotamiento del cojinete, en una primera etapa de rozamiento se observa el desplazamiento de material en el centro del cojinete, en la segunda etapa se observa señales de fricción en toda la superficie de la chapa, y por último se puede apreciar el agarrotamiento total.

La segunda causa se debe a los contaminantes, producto del desgaste u otros como el silicio, que rayan las superficies, cuando se desgasta el cojinete aumenta la holgura de la película de aceite desequilibrando el apoyo entre las superficies del cigüeñal y el cojinete. Generalmente la holgura entre los cojinetes y el cigüeñal oscila entre 15 y 100 μm dependiendo el motor, el espesor de la película varía entre 5 y 75 μm sin carga y entre 5 y 15 μm con carga, por lo que es claro entender la importancia del filtrado eficiente, abarcando en este punto filtros de aire, aceite y combustible, los cuales deben limitar el ingreso de partículas contaminantes al aceite con tamaños mayores a los 5 μm , ya que si bien estas partículas también son abrasivas, su daño es menor comparado a cualquier contaminante que tenga dimensiones aproximadas a la película de aceite, los cuales producirán ralladuras considerables.

Las partículas con dimensiones mayores a la holgura no representan un problema en si para las superficies de cojinete y cigüeñal, pero si son un peligro porque pueden limitar el flujo de aceite a esta zona, acumulándose y obstruyendo la circulación, por otro lado las partículas más pequeñas también pueden generar desgaste en condiciones de carga elevada del motor. El desgaste en los cojinetes suele manifestar ruidos de golpeteo en ciertos márgenes de RPM, el funcionamiento prolongado en estas condiciones sí puede generar una rotura del motor.

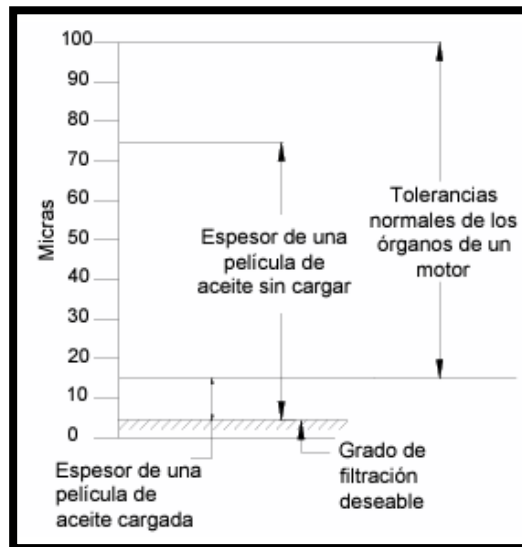


Figura 2.15: Holgura en cojinetes y espesor de película lubricante. **Fuente:** Tormos.B, *Diagnostico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. España. Editorial Reverte. 2005, pp. 188

Pistones, rines y camisas: Este conjunto funciona en condiciones extremas, donde se presenta fuertes cambios de presión y temperatura (ésta última puede llegar hasta los 2500° C en la cabeza durante la combustión) así como alto grado de corrosión. Las principales zonas de desgaste son:

- **Pistón:** superficies superior e inferior de las ranuras del alojamiento de los rines, la falda y el asiento del bulón.
- **Rines:** la cara superior, inferior y superficie de contacto con el cilindro.
- **Camisas:** En las camisas las paredes sufren desgaste en toda su extensión, pero se acentúa principalmente en el inicio del recorrido del rin de fuego en el punto muerto superior.

Las fallas del pistón relacionadas con el aceite se producen, como siempre, por la acción abrasiva del aceite contaminado que desgasta la falda del pistón. Algunas indicaciones son: color opaco de la falda, las superficies de cromo gastadas en los rines, alojamientos de rines de aceite desgastados, ranuras muy profundas y cierto desgaste en zonas de la camisa. El desgaste abrasivo del pistón, que aparece en bandas en la falda del mismo, especialmente en la zona del bulón, puede ser producido por la lubricación inadecuada de las camisas del cilindro, la descomposición de la película de aceite puede producir marcas de agarrotamiento.

Los anillos de pistón pueden mostrar desgaste en las ranuras, si bien es normal cierto desgaste el descuido en los cambios de aceite producirá el trabado del rin en la ranura gastada y este no se podrá extender por completo. El daño de las camisas de cilindro puede ser producido por la falta de lubricación o por abrasivos que al pulir el cilindro, eliminan las marcas del bruñido y dejan la superficie brillante y lisa.

Durante el funcionamiento los rines se deslizan en las paredes del cilindro, por lo que es vital que se adhiera la película de aceite y mantenga la viscosidad adecuada para que no se rayen las superficies. La lubricación en la mayoría de la carrera es hidrodinámica, pero siendo la función del rin de fuego la de barrer todo el aceite cuando baja el pistón, este trabaja con lubricación limite, y por lo tanto dependerá de la viscosidad y de la calidad de los aditivos antidesgaste y adherentes. El desgaste de este conjunto no produce una parada repentina del motor, pero manifiesta los siguientes síntomas:

- Pérdida de potencia, debido a que los rines sellan la cámara de combustión, si existe desgaste se produce una combustión incompleta y los gases se filtran a través de los rines.
- Desgaste acelerado del motor, primero auto inducido en el mismo conjunto porque los gases que pasan al cárter diluyen la película de lubricación de las paredes del cilindro, y posteriormente contaminan el aceite con combustible y productos incompletos de la combustión lo que desgasta todas las zonas de lubricación del motor.
- Consumo de aceite, ya que no se produce un barrido adecuado de la película de lubricación y esto produce que se queme aceite en la cámara de combustión.

Mando de la distribución: En los ciclos de contacto de los engranajes de la distribución existe deslizamiento y rodadura, y aunque estos transmiten cargas moderadas, las superficies de contacto son pequeñas por lo que los esfuerzos resultan elevados. Se presenta un desgaste por contacto mínimo producido más por errores en el diseño del mecanismo que por el uso, como por ejemplo: falta de paralelismo entre los ejes, mal acabado de superficies de los dientes y caudal insuficiente de aceite.

Árbol de levas: El desgaste en el conjunto leva empujador es crítico puesto que en él se combinan movimientos de deslizamiento y rodadura presentándose elevadas cargas en los puntos de contacto. El tipo de lubricación en este conjunto alterna entre hidrodinámico y elastohidrodinámico según la velocidad de giro, en situaciones de carga y bajas revoluciones también se puede dar lubricación límite. Para mitigar el desgaste en este conjunto los diseñadores apelan a mejoras en la metalurgia de los materiales así como ganar en la geometría y disposición de estos componentes para reducir los esfuerzos.

Las consecuencias del desgaste en este conjunto se traducen en aumento del juego en la cadena cinemática de la distribución, y en cambios en los ángulos de apertura o cierre de las válvulas producto de la variación de la geometría de las levas o empujadores.



Figura 2.16: Desgaste normal en levas de admisión y escape.

Válvulas, guías y asientos: Este conjunto es muy susceptible al desgaste, el juego existente entre guía y válvula es muy reducido con la finalidad de mantener la exactitud de acoplamiento entre la cabeza de válvula con el asiento, por eso estos elementos se diseñan para tener coeficientes de dilatación muy pequeños; como consecuencia la película de lubricación es mínima (lubricación límite) tendiendo al desgaste abrasivo, y aquí la importancia de tener un flujo adecuado de aceite en esta área que mantenga todas sus prestaciones en las mejores condiciones como viscosidad, volatilidad y detergencia apropiadas.

El desgaste de la zona vástago guía resulta ser uno de los más perjudiciales en un motor, porque debido al juego existente se consume gran cantidad de aceite, incluso más del que se da por el desgaste entre rines y cilindro, además de esto, degrada el lubricante porque los gases de escape ingresan fácilmente al cárter, lo que contribuye al desgaste de todo el sistema. Por último, en condiciones avanzadas de desgaste se puede producir un agarrotamiento entre válvula y guía generando roturas en el motor.

Los asientos de válvula al igual que las guías son elementos sujetos a presión por ajuste térmico en el cabezote, los problemas de desgaste entre válvula y asiento están condicionados a los factores tecnológicos y metalúrgicos de fabricación de estos componentes, porque no interviene el lubricante. El desgaste entre estos elementos genera pérdidas de compresión así como variación en la calibración del juego de válvulas.

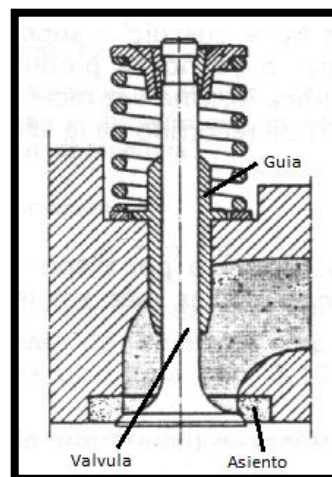


Figura 2.17: Conjunto válvula, guía y asiento. **Fuente:** Gonzales A. Tecnología de la automoción 2.2, pág. 146, Barcelona, España.

Turbocompresor: Las superficies a lubricar son los cojinetes radiales, los cuales son de tipo flotante, es decir, giran libres en un flujo de aceite, lo que se traduce en cero desgaste a elevadas revoluciones, por el contrario cuando el motor opera con carga las RPM caen reduciendo el flujo de aceite lo que desgasta los cojinetes. Por las elevadas temperaturas que se alcanza el turbocompresor, se utilizan radiadores para el lubricante antes de que este retorne al cárter.

Las situaciones que producen fallas o daños en el turbo son: penetración de cuerpos extraños en el turbocompresor, aceite degradado o contaminado, baja presión de aceite y elevadas temperaturas de gases de escape.

2.4.2 Conjuntos de transmisión

Los sistemas de lubricación para los conjuntos de transmisión son mucho más simples, generalmente son por barboteo, el cual es un sistema donde los mismos elementos se lubrican por contacto con el aceite y lo desplazan hacia otras partes donde se necesita; una característica importante a considerar es que el aceite además de lubricar, es el medio refrigerante en estos conjuntos.

2.4.2.1 Caja de cambios

El lubricante en el cárter de la caja de cambios cubre aproximadamente 1/3 de los piñones del tren fijo, es decir el eje que se encuentra más abajo; durante el giro se traslada el aceite hasta los piñones superiores y también lo pulverizan hacia todos los componentes de la caja, como rodamientos y selectores de marcha. Como muchos son los tipos y modelos podemos describir de forma general los siguientes elementos que se lubrican en una caja de cambios:

Piñones de transmisión: Las causas de fallo de un diente de engranaje se da por:

- **Desgaste adhesivo:** Las cargas generadas en los dientes del engrane provocaran que el tipo de lubricación varíe entre hidrodinámica, elastohidrodinámica y límite, este último es el tipo que se desea evitar puesto que afectara directamente en el desgaste de las superficies concordantes de los dientes, esta es la falla más común y se presenta por lubricantes deteriorados o de baja calidad.
- **Desgaste abrasivo:** se presenta este desgaste cuando el aceite tiene demasiados contaminantes, cualquiera que sea su naturaleza, presentando daño en las superficies de contacto de los dientes lo que altera las holguras iniciales, auto acelerando el desgaste.
- **Rotura:** Se da cuando el mecanismo se somete a un esfuerzo elevado que supera los límites de resistencia del engrane.
- **Fatiga por flexión:** podemos catalogar a este como un fallo silencioso, donde se generan pequeñas grietas internas producto de los ciclos de funcionamiento, produciéndose inevitablemente al final una rotura del engrane.

Los síntomas que se manifiestan por el desgaste de los engranajes son vibraciones y ruidos producto de las holguras inadecuadas, en el caso de rotura de los engranes el daño es mucho más perjudicial debido a la parada inmediata del vehículo y los daños en el resto de componentes internos de la caja de cambios.

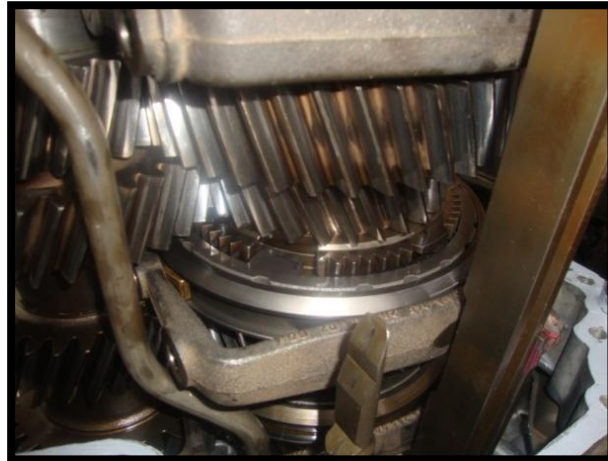


Figura 2.18: Engranajes helicoidales de una caja de cambios.

Conjunto sincronizador: La principal zona de desgaste son los anillos de sincronización, estos tienen unos estriados en la zona de contacto que van desgastándose progresivamente, cuando han cumplido su vida útil los síntomas son la dureza al colocar las marchas y los ruidos producto del engranaje forzado. Otros elementos que sufren desgaste, aunque en menor proporción, son la periferia del balador junto con la horquilla de accionamiento.



Figura 2.19: Anillos sincronizadores.

Rodamientos y canastillas: Las cajas de cambios utilizan rodamientos mixtos, es decir que soportan cargas puras axiales y radiales de los ejes de transmisión, por lo que su lubricación permanente es de suma importancia. En condiciones normales, es decir con lubricación apropiada y temperaturas razonables de funcionamiento, la fatiga del rodamiento será el único motivo de falla al final de su vida útil, donde presentara ranuras y grietas, en condiciones de lubricación anormal como uso de aceite degradado o carencia del mismo el rodamiento presenta desgaste abrasivo y recalentamiento.

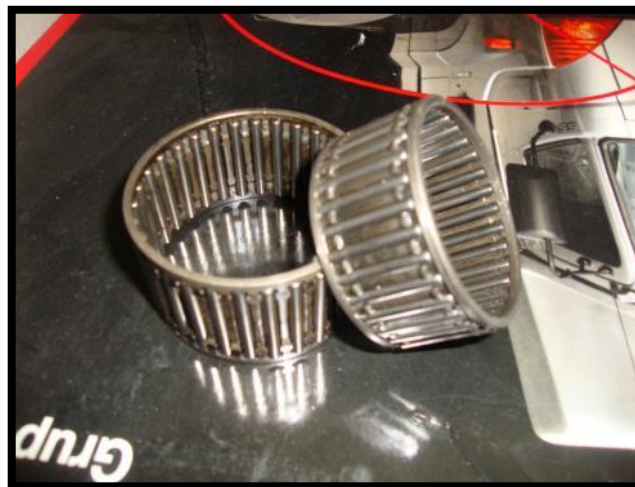


Figura 2.20: Rodamientos de aguja.

2.4.2.2 Conjunto cónico y diferencial

En el conjunto cónico y diferencial se lubrica por barboteo, de igual forma varía mucho la constitución entre los diversos modelos y marcas, pero siempre se mantiene el principio de funcionamiento, por lo que se describen los elementos principales sujetos a desgaste:

Piñón de ataque y corona: Las fallas se dan por desgaste abrasivo, picaduras superficiales y muy comúnmente la rotura de los dientes del piñón de ataque, este caso es muy crítico porque el material desprendido destruye el resto de componentes.

Conjunto diferencial: En el conjunto diferencial el desgaste se evidencia en los dientes de planetarios y satélites, eje de los planetarios, cruceta, cazoleta y arandelas.

Cuando se presentan anomalías por desgaste existen ruidos en el diferencial que se agudizan con el vehículo cargado.

2.5 Materiales de desgaste

Todos los conjuntos lubricados están permanentemente sometidos a desgaste, y de la importancia que se le dé al mantenimiento y monitoreo del aceite dependerá el minimizar la concentración de materiales en los análisis de aceite, este parámetro es el más importante para determinar la eficiencia de la lubricación.

En un cuadro de desgaste normal, las partículas de desgaste se acumulan en el aceite de forma lineal, por ejemplo si tenemos 5 ppm en un aceite recorrido 2000 km, lo normal sería tener 10 ppm en un aceite con 4000 km de recorrido, y así sucesivamente. Hay que considerar que las partículas de desgaste raspan todas las superficies sometidas a fricción, taponan el filtro de aceite y además consumen aceleradamente los aditivos del aceite.

Los niveles permitidos de desgaste (ppm) son establecidos de acuerdo a la experiencia de situaciones críticas, debe entenderse que esta información sirve de referencia para los vehículos de nuestro medio, manteniendo un rango de seguridad, es decir, niveles de contaminación muy aproximados a estos límites son todavía aceptables en el aceite. Es necesario conocer la procedencia de cada elemento de desgaste para poder interpretar adecuadamente un análisis, a continuación se exponen los componentes utilizados en los diferentes elementos.

2.5.1 Hierro

El hierro es el principal elemento a considerar, ya que forma parte de la mayoría de componentes automotrices, El hierro también puede elevarse aceleradamente producto de herrumbre, si el aceite contiene agua, todas las piezas de hierro están sujetas a herrumbre. Este metal se desprende principalmente de los siguientes elementos:

- **Motor:** Cilindros, pistones, rines, árbol de levas, cigüeñal, cojinetes, bomba de aceite, engranajes, cojinetes turbocompresor, válvulas, guías de válvula, tren de balancines, asientos de válvula y engranajes de distribución.

- **Caja de cambios:** Engranajes de transmisión, rodamientos, ejes, bomba de aceite (equipos con lubricación mixta), conjunto sincronizador.
- **Conjunto diferencial:** Piñón de ataque, corona, satélites, planetarios, crucetas, cazoletas, arandelas y rodamientos.

2.5.2 Cobre

El cobre siempre está presente en elementos automotrices aunque en la mayoría de los casos en una aleación no predominante, este metal se desprende de:

- **Motor:** Bujes de biela, guías de válvula, cojinetes y bujes.
- **Caja de cambios:** conjunto sincronizador, bujes.
- **Conjunto diferencial:** Bujes.

2.5.3 Cromo

El cromo es un material usado generalmente en aleaciones principalmente con el hierro, se lo encuentra en los siguientes componentes:

- **Motor:** Cilindros, rines, válvulas de escape y algunos tipos de cojinetes.
- **Caja de cambios y conjunto diferencial:** Cojinetes.

2.5.4 Plomo

El plomo se lo utiliza en pequeñas cantidades en las aleaciones, en motores que se paran durante largos periodos es común encontrar concentraciones elevadas de plomo, se encuentra en los siguientes elementos:

- **Motor:** Bujes, cojinetes.
- **Caja de cambios y conjunto diferencial:** Cojinetes.

2.5.5 Límite de concentración de materiales de desgaste

Evaluar la concentración permisible de materiales de desgaste puede resultar una tarea compleja, el método de valor absoluto es uno de los más utilizados, el cual consiste en establecer un valor límite permitido dentro de un rango de seguridad, pero hay que tomar en cuenta dos variables importante, la primera es la velocidad de

la tasa de desgaste, es decir, qué tan rápido se manifiestan estas concentraciones en el aceite, y la segunda es la tendencia del desgaste, dicho de otra forma, la curva característica que generan los resultados de los análisis, si es propenso o no al alza.

Además dentro de estos particulares, hay que considerar las variables que se presentan en cada intervalo de cambio, como son: añadidos de aceite al cárter, tiempo de uso, tipo de aceite, etc. En función de la experiencia del laboratorio con respecto al mercado ecuatoriano, se tiene la siguiente tabla:

MATERIAL	LÍMITES PERMISIBLES (ppm)		
	MOTOR	CAJA DE CAMBIOS	DIFERENCIAL
HIERRO	100	100	150
CROMO	15	3	10
COBRE	25	70	40
PLOMO	15	3	10
SILICIO	25	9	40

Tabla 2.3: Límite de concentración de materiales de desgaste. **Fuente:** Información de laboratorio Lubrival S.A.

CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL DE EMAC EP Y MUESTREO DE ACEITE

3.1 Introducción

Por muchos años, el tipo de mantenimiento predominante ha sido el preventivo, que consiste en realizar trabajos de reparación y sustituir elementos ajustándose a un programa preestablecido, pero sin considerar el sobre costo que implica cambiar partes o lubricantes que todavía se encuentran aptos para el uso.

En el área de la lubricación, tanto los fabricantes de maquinaria así como los de aceite, cooperan constantemente en investigaciones para establecer el punto óptimo de cambio de aceite en los diversos conjuntos mecánicos, información que las empresas incluyen en su programa de mantenimiento preventivo. Sin embargo, esta información corresponde a un estándar y no necesariamente considera las situaciones particulares de una determinada flota vehicular, como la zona geográfica en la que labora, las condiciones climáticas que afrontan y muchas otras variantes.

El análisis de aceite es una herramienta muy eficaz que se utiliza con la finalidad de establecer parámetros que sirvan para identificar qué está ocurriendo realmente dentro de un conjunto mecánico, sus principales ventajas son:

- Detectar anticipadamente condiciones que pueden derivar en una falla.
- Utilizándola como herramienta proactiva disminuye paradas no programadas y daños en la maquinaria.
- Permite planificar reparaciones.
- Incrementa la vida útil de los componentes mecánicos.
- Reduce costos de inventario.
- Optimiza el uso de lubricantes y nos permite proyectar su vida útil.
- Disminuye la contaminación ambiental y contribuye a la economía.

3.2 Situación actual de la EMAC EP

En este punto se recopila información del programa de cambios de aceite, lubricantes utilizados, proveedor, flota y situación climática en la que trabajan los vehículos de la EMAC EP, estos elementos servirán como punto de partida para la realización de un cronograma de muestreo eficiente y organizado.

3.2.1 Lubricantes

Productos Valvoline son los lubricantes utilizados en la EMAC EP, por mérito de concurso, corresponden a las siguientes especificaciones (La información que se encuentra a continuación fue obtenida del catálogo del fabricante del aceite⁷):

MARCA	SAE	API	PRODUCTO	CONJUNTO
VALVOLINE	15w-40	CI-4	PREMIUM BLUE E	MOTOR
VALVOLINE	80w-90	GL-4	HIGH PERFORMANCE GEAR OIL	CAJA CAMBIOS
VALVOLINE	85w-40	GL-5	HIGH PERFORMANCE GEAR OIL	DIFERENCIAL
VALVOLINE	85w140	GL-4	HIGH PERFORMANCE GEAR OIL	DIFERENCIAL

Tabla 3.1: Especificación de aceites utilizados en vehículos Diesel de la EMAC EP.

Valvoline es una multinacional que se ha dedicado al desarrollo de productos de alto rendimiento por 140 años, es la marca registrada más antigua del petróleo, actualmente es proveedor de lubricantes automotrices e industriales en más de 100 países. La empresa proveedora de Valvoline es Lubrival S.A., con domicilio en la ciudad de Guayaquil, la misma opera con centro de investigación y laboratorio donde se prueban y certifican fórmulas de lubricantes, la empresa recibe aceites básicos importados de refinerías de la región, los aditivos son importados desde USA y Europa. La planta cumple con normas de calidad y protección ambiental, los productos son elaborados bajo la certificación ISO 9002.

El laboratorio de Lubrival S.A. cuenta con equipos para desarrollo, análisis y control de calidad de lubricantes en producción y aceites usados. Además de la norma ISO 9002, el laboratorio es auditado por la ASTM (American Society for Testing and Material). Existe un producto para cada conjunto del vehículo, se detallan a continuación:

⁷ **Manual Técnico Valvoline**, Lubrival S.A., Guayaquil.

Valvoline Premium Blue E: Este aceite se aplica en motores a diesel modernos de baja emisión, incluyendo los motores con sistema de recirculación de gases de escape (EGR), que estén operando en períodos de intervalos de cambio de aceite extendidos. La formulación de este aceite brinda control del hollín, estabilidad de corte, protección en arranques en frío, control de depósitos a altas temperaturas, protección antidesgaste del tren de válvulas y anillos, inhibidor de la oxidación, espuma y corrosión. Es recomendado para ser utilizado donde se requieran los niveles de calidad y desempeño API CI-4, CH-4, CG-4, CF/4SL.

Características	Procedimiento ASTM	SAE 15W-40
Viscosidad @ 100° C, cSt	D445	15
Viscosidad @ 40° C, cSt	D445	120
Índice de viscosidad	D2270	130
TBN, (mg KOH/G)	D2896	12
Punto de inflamación ° C	D92	222
Punto de escurrimiento, ° C	D97	-24
Gravedad API	D287	28

Tabla 3.2: Características Valvoline Premium Blue E. **Fuente:** Manual Técnico Valvoline, Ecuador, 2011.

Valvoline High Performance Gear Oil: Este es un aceite químicamente estable, aditivado con agentes de extrema presión, antidesgaste, antiherrumbante y antiespumante. Recomendado para transmisiones mecánicas, automotrices y diferenciales diseñados para trabajos de alta presión y alto torque bajo condiciones de cargas continuas o de impacto.

Características	Procedimiento ASTM	SAE 80W-90	SAE 85W-140
Viscosidad @ 100° C, cSt	D445	15	31
Viscosidad @ 40° C, cSt	D445	143	463
Índice de viscosidad	D2270	101	110
Punto de inflamación ° C	D92	228	222
Punto de escurrimiento, ° C	D97	-24	-18
Gravedad API	D287	26	26

Tabla 3.3: Características Valvoline High Performance Gear Oil.
Fuente: Manual Técnico Valvoline, Ecuador, 2011.

3.2.2 Ubicación geográfica y condiciones climáticas

Los camiones diesel de la EMAC EP operan en la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, Ecuador. La ciudad está ubicada en el callejón interandino, a 2530 metros de altura sobre el nivel del mar, con una presión atmosférica promedio de 550 mm Hg. en condiciones normales. La temperatura ambiental oscila entre 7° C

y 15° C en invierno, y entre 12° C y 25° C en verano. Los valores promedio de lluvia anual evidencian que la ciudad tiene un clima parcialmente seco:

ENE	FEB	MA	ABR	MA	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
62,2	84,8	99,0	115,2	64,0	50,7	40,3	36,2	59,8	96,2	96,0	78,4	882,8mm

Tabla 3.4: Promedio de precipitaciones. **Fuente:** World Climate, promedio de precipitaciones. <http://www.worldclimate.com/cgi-bin/data.pl?ref=S02W078+2100+84239W>, 2011. Acceso marzo 2011.

3.2.3 Vehículos

La EMAC EP, por su actividad de limpieza, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos sólidos, cuenta con una extensa flota de camiones para los diversos trabajos. En la *Tabla 3.5* se muestra un listado de los vehículos:

CÓDIGO	MARCA	MODELO	TIPO DE VEHICULO
1	Elgin	Eagle	Barredora
2	Elgin	Eagle	Barredora
5	Volvo-white	-	Contayner
8	White	Road Xpeditor 2	Contayner
10	Mack	MRE 685P	Recolector carga posterior
12	Ford	LTS 8000	Tanquero
15	Internacional	1754 S-1700	Recolector carga posterior
19	Internacional	4900 4x2	Recolector carga posterior
20	Internacional	4900 4x2	Recolector carga posterior
21	Internacional	4900 4x2	Recolector carga posterior
22	Volkswagen	31 370	Especial
23	Volkswagen	31 370	Especial
24	Volkswagen	31 370	Especial
25	Volkswagen	31 370	Especial
26	Volkswagen	31 370	Especial
27	Volkswagen	31 370	Especial
28	Volkswagen	31 370	Especial
29	Volkswagen	31 370	Especial
30	Volkswagen	31 370	Especial
31	Volkswagen	31 370	Especial
32	Internacional	2654 6x4	Volquete
33	Ford reconstruido	700	Tanquero
36	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
37	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
38	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
39	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
40	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
41	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
42	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
43	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
44	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
45	Sterling	L-7500	Recolector carga posterior
46	Mack	MR 690S	Contayner
47	Mack	MR 690S	Contayner
50	Hino	FM1J 6X4	Tanquero
51	Volkswagen	31 370	Tanquero

Tabla 3.5: Listado de vehículos Diesel de la EMAC EP. **Fuente:** Información proporcionada por el Departamento de Mantenimiento de EMAC EP.

3.2.4 Condiciones de trabajo

Los vehículos funcionan en jornadas de trabajo de 10 a 12 horas diarias, 6 días a la semana. Los recorridos lo realizan por zonas urbanas de la ciudad con características muy variadas: pavimento, empedrado, calles de tierra, etc. Los choferes trabajan en turnos rotativos, es decir, no se tiene personal asignado permanentemente a los vehículos. El desalojo de los desechos lo realiza en el relleno sanitario de Pichacay, en el sector del Valle, que se encuentra a 20 Km. en dirección sudeste de la ciudad. En promedio los vehículos recorren 160 km diariamente en un día normal de trabajo.

3.3 Establecimiento de intervalos de muestreo de aceite

La frecuencia de muestreo o el intervalo óptimo para la toma de muestras se define inicialmente a través del programa preestablecido de mantenimiento preventivo que se realiza actualmente en la empresa, el principio se basa en tomar varias muestras para obtener una idea inicial del desgaste del aceite en determinados tiempos de uso y para analizar su tendencia de degradación, y así de esta forma proyectar un punto donde el aceite puede llegar a cumplir su propósito de lubricación sin comprometer la seguridad del equipo. La magnitud para establecer los intervalos de muestreo es el kilometraje de uso del aceite en función del recorrido de la unidad.

En la práctica varían bastante los parámetros para la ejecución de la toma de muestras de aceite para motor con respecto al aceite de los conjuntos de transmisión, ya que considerando el programa de mantenimiento actual, el de motor cumple su ciclo de vida útil cada 3 o 4 semanas aproximadamente según la carga de trabajo de la unidad, en cambio el ciclo de vida para aceites de transmisión es mucho más extenso, puede llegar a durar hasta un año como se ha visto en algunos casos, por esto es necesario planificar un programa adecuado para cada caso.

Los motores son mecanismos que degradan aceleradamente el aceite debido a su velocidad de trabajo, torque, en su ciclo se involucra directamente con combustible, oxígeno (durante la combustión), presiones internas, refrigerantes, etc., por lo que el desempeño del lubricante debe optimizarse al máximo considerando la frecuencia de los cambios y los costos que involucra este mantenimiento. Para establecer un punto

condenatorio real del aceite en cada unidad se tomaron muestras periódicas y se fueron extendieron los intervalos de cambio según los resultados de análisis.

3.3.1 Intervalo de muestreo de aceite de motor

En las graficas que se ven a continuación se indican los periodos para la toma de muestras de los motores, para una mejor comprensión estos valores están representados por líneas de color según el intervalo muestreado, como se detalla a continuación:

3.3.1.1 Vehículos Sterling, Internacional y Mack

Estos son los vehículos en los que actualmente se realizan los cambios de aceite de motor cada 3000 km, las líneas de color indican los intervalos de muestreo:

- **Línea azul:** es la primera muestra a tomar, alrededor de los 2000 km, este resultado nos sirve para confirmar que el aceite este en buenas condiciones dentro del periodo de cambio actual.
- **Línea verde:** esta muestra se toma en el punto que actualmente se da lugar al cambio de aceite, es decir aproximadamente 3000 km. En el caso de tener resultados positivos ampliamos el intervalo de cambio a 3500 km para el siguiente cambio de aceite.
- **Línea amarilla:** se toma la muestra, en el caso de tener buenos resultados del estado del aceite, ampliamos a 4000 km más el próximo cambio de aceite.
- **Línea tomate:** se toma la muestra para evaluar las condiciones del aceite en este periodo extendido.

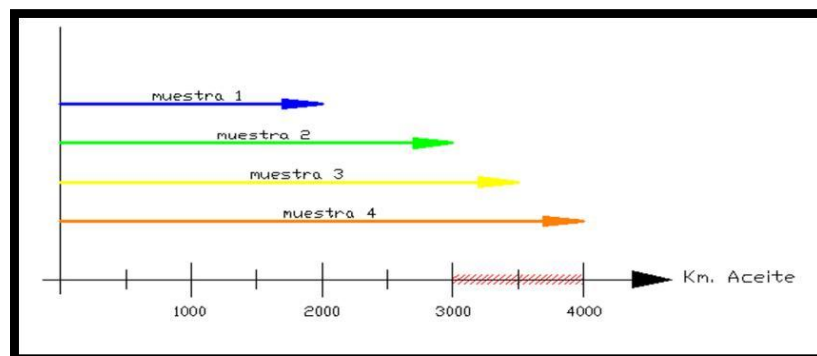


Figura 3.1: Intervalo de muestreo para motores de vehículos Sterling, Internacional, Mack..

3.3.1.2 Vehículos Volkswagen 31370, 17310 e Hino FM

Estos son los vehículos que se sujetan a cambios de aceite de motor cada 5000 km, las líneas de color indican los intervalos de muestreo:

- **Línea azul:** es la primera muestra a tomar, alrededor de los 3000 km, este resultado nos sirve para confirmar que el aceite este en buenas condiciones dentro del periodo de cambio actual.
- **Línea verde:** esta muestra se toma en el punto que actualmente se da lugar al cambio de aceite, es decir aproximadamente 5000 km. En el caso de tener resultados positivos ampliamos el intervalo de cambio a 5500 km para el siguiente cambio de aceite.
- **Línea amarilla:** se toma la muestra, en el caso de tener buenos resultados del estado del aceite, ampliamos a 6000 km más el próximo cambio de aceite.
- **Línea tomate:** se toma la muestra para evaluar las condiciones del aceite en este periodo extendido.

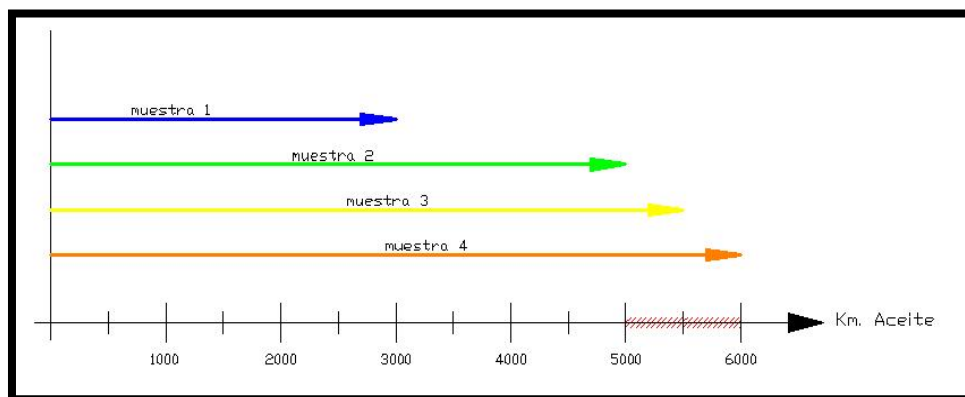


Figura 3.2: intervalo de muestreo para motores de los vehículos Volkswagen 31370, 17310 e Hino FM.

3.3.2 Intervalo de muestreo de aceite para caja de cambios y diferencial

Los intervalos para muestreo de aceite de los conjuntos de transmisión difieren con respecto a las consideraciones presentadas en los intervalos de motor, por ser mucho más extenso el margen de vida útil del aceite.

Buscando realizar la toma de muestras oportunamente y de manera apropiada, la programación de muestreo para los conjuntos de transmisión hubo que ir la ajustando

según los primeros resultados debido a que se dieron casos de que el aceite estaba deteriorado mucho antes del período de cambio.

3.3.2.1 Vehículos Sterling, Internacional y Mack

Estos son los vehículos que se sujetan a cambios de aceite de conjuntos de transmisión cada 20000 km. las líneas de color indican los intervalos de muestreo:

- **Línea azul:** es la primera muestra a tomar, alrededor de los 13000 km, este resultado nos sirve para confirmar que el aceite este en buenas condiciones dentro del periodo de cambio actual.
- **Línea verde:** esta muestra se toma en el punto que actualmente se da lugar al cambio de aceite, es decir aproximadamente 20000 km. En el caso de tener resultados positivos ampliamos el intervalo de cambio 5000 km. más.
- **Línea tomate:** se toma la muestra para evaluar las condiciones del aceite en este periodo extendido.

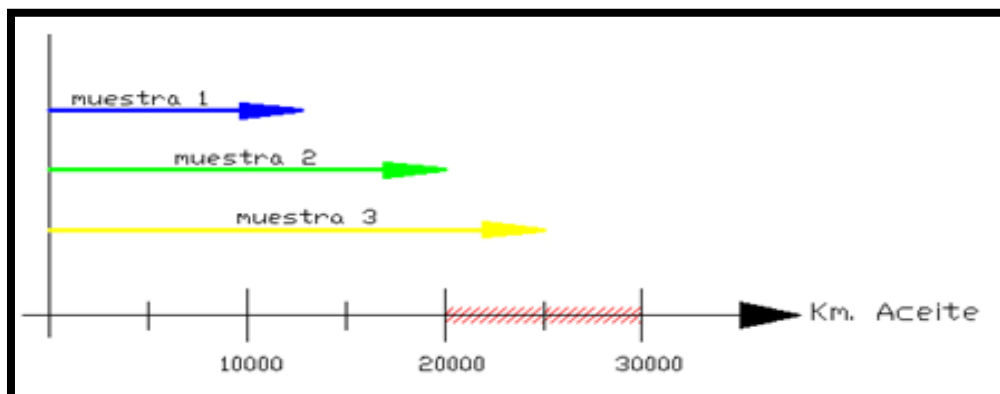


Figura 3.3: Intervalos de muestreo para conjuntos de transmisión de vehículos Sterling, Internacional, Hino FM, Mack y Volkswagen 17310.

3.3.2.2 Vehículos Volkswagen 31370, 17310 e Hino FM

Actualmente los cambios de aceite de estos conjuntos de transmisión son cada 40000 km. Las líneas de color indican los intervalos de muestreo:

- **Línea azul:** es la primera muestra a tomar y se ejecuta cuando se ha cumplido aproximadamente 15000 km del recorrido del periodo de cambio de aceite considerado en el programa actual.

- **Línea verde:** esta muestra se toma a los 25000 km aproximadamente.
- **Línea amarilla:** se toma la tercera muestra a los 30000 km aproximadamente.

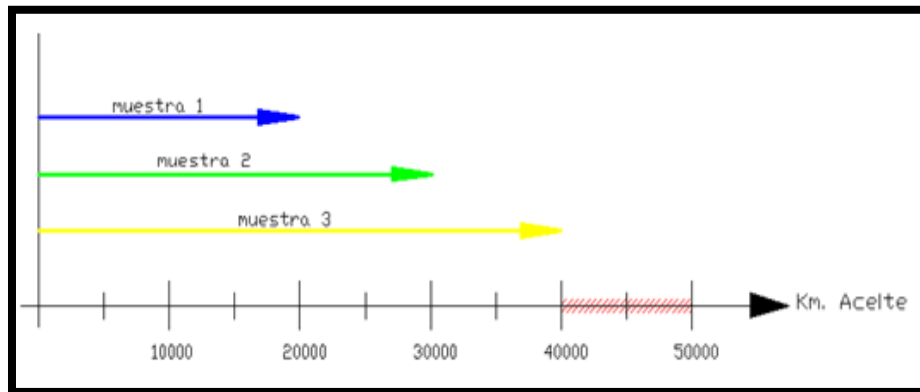


Figura 3.4: Intervalo de muestreo para la transmisión de los vehículos Volkswagen 31370.

3.4 Muestreo del aceite

En la práctica, ha sido necesario realizar un sondeo sobre la logística de la flota vehicular en la planta de operaciones de la EMAC EP, con el fin de organizar el programa de muestreo. Se tienen los siguientes resultados:

La toma de muestras se ejecuto en horario nocturno, en promedio desde las 10:00 Pm hasta las 12:30 Am del día siguiente, 2 o 3 días a la semana según los intervalos de muestreo. Esta decisión se tomo por los siguientes motivos:

- La imposibilidad de ubicar los vehículos en la planta durante el día, ya que trabajan en promedio desde las 7:00 Am hasta las 10:00 Pm. Según la carga diaria de desechos, algunos camiones se desocupan antes y otros pueden llegar a trabajar hasta las 12:00 Am del siguiente día.
- El elevado número de vehículos, dentro del horario mencionado se tienen a disposición todas las unidades.
- El muestreo se debe realizar con las máquinas en caliente, esta situación se da después de la jornada de trabajo.

Para poder llevar un registro del kilometraje de cada camión se utilizó las hojas de ruta que manejan en el departamento de operaciones de la empresa. Estos documentos, además del kilometraje total de los vehículos, contienen información de la ruta realizada, horas de salida y entrada, fecha, etc.

3.4.1 Implementos y accesorios utilizados para la toma de muestras de aceite

A continuación se detalla una descripción de los elementos utilizados para la toma de muestras de aceite y su manejo, ya que de estos depende que el muestreo se realice en las mejores condiciones.



Figura 3.5: Implementos y accesorios.

Bomba de succión: Este accesorio es la base de todo el conjunto para la toma de muestras, está formado por un cilindro, un embolo, una válvula liberadora de presión, una sección roscada, un acople de ajuste de manguera y dos orines de sellado.



Figura 3.6: despiece de la bomba de succión.

La función de este instrumento es crear un vacío, y de esta forma absorber el aceite del cárter de los diversos conjuntos.

Mangueras: El propósito de la mangueras es el de acceder hasta los puntos internos sean de motor, caja o diferencial, y transportar el aceite de estos puntos hacia la bomba.

Para tomar las muestras de aceite de los motores, se utilizaron mangueras con diámetro de 6 mm, esta medida es directamente utilizada en el acople de la bomba, y además permite acceder por los canales de la varilla de medición del motor. Para tomar las muestras de los conjuntos de la transmisión se utilizaron mangueras con diámetro 10 mm, al ser más grande esta medida que el conector de la bomba se adicionó un acople.



Figura 3.7: Mangueras.

Depósitos: Los depósitos son implementos plásticos de 100 ml, cuya finalidad es almacenar directamente el aceite que es succionado por la bomba, se conecta a la misma a través de una rosca. A los depósitos se pegan adhesivos que contienen la información de la muestra tomada:

- Nombre de la empresa.
- Fecha en que se tomó la muestra.
- Número de unidad.
- Horas o kilometraje total del vehículo.
- Horas o kilometraje de uso del aceite.

- Aceite agregado entre cambios.
- Clasificación SAE.
- Conjunto al que pertenece la muestra.



Figura 3.8: Depósitos de 100 ml.

 A rectangular white sticker with black text and checkboxes. The title is 'ANALISIS DE ACEITE'. It contains several fields for data entry: 'CLIENTE', 'FECHA', 'MANUFACTURA', 'MODELO', 'SERIE', 'N° EQUIPO', 'HRS. HOROMETRO', 'HRS. ACEITE', 'ACEITE AGREGADO', and 'MARCA Y SAE DEL ACEITE'. At the bottom, it says 'TOME LA MUESTRA CUANDO EL ACEITE ESTE CALIENTE'. On the right side, there is a section titled 'Muestra tomada de:' with checkboxes for 'Motor', 'Transmisión', 'Sist. Hidráulico', 'M / F Derecho', 'M / F Izquierdo', 'Dif. Anterior', 'Dif. Posterior', and an empty checkbox.

Figura 3.9: Adhesivo de información.

3.4.2 Manejo de los implementos y accesorios utilizados para la toma de muestras de aceite

Para obtener resultados óptimos, realizamos los siguientes pasos:

- Colocamos la manguera por el conducto de acceso de forma que quede a la misma altura de la base roscada de la bomba y apretamos la tuerca de acople, donde se sella por acción del orín.
- Enroscamos el depósito en la sección roscada de la bomba, en este paso queda completamente hermetizado el interior de la bomba
- A continuación insertamos la manguera correspondiente ya sea en el motor, caja o diferencial de forma que el conducto llegue hasta la mitad del cárter aproximadamente.
- Movemos el embolo para generar depresión en el interior del circuito.
- Bombear el embolo hasta llenar el deposito

- Extraer la manguera.
- Utilizar una manguera limpia cada vez que se realice el proceso

Es importante llenar el depósito hasta el nivel donde se encuentra la manguera, si se llena más se contamina la bomba ya que el aceite se filtra hacia el cilindro y a la válvula de seguridad; también se contamina la bomba si se la gira, el depósito siempre debe sostenerse en posición vertical. Una vez terminado el muestreo siempre limpiar los accesorios.

La contaminación es el mayor problema que se presenta durante el muestreo del aceite, alrededor de los conjuntos mecánicos siempre está presente en mayor o menor medida: tierra, polvo, agua y lixiviados que se adhieren al vehículo, por lo que se toman todas las precauciones con el fin de evitar que los implementos y accesorios se contaminen, falseando de esta forma los resultados.

3.4.3 Muestreo

Antes de tomar la muestra, es importante considerar que el aceite se encuentre caliente, a temperatura de funcionamiento, ya que cuando el aceite se encuentra frío, las partículas en él contenidas se sedimentan y se altera la exactitud de la muestra.

En la práctica el aceite se tomó cuando los vehículos habían sido previamente parados entre 20 y 30 minutos aproximadamente. A continuación se detalla la secuencia de muestreo para motor y transmisión.

3.4.3.1 Toma de muestra de motor

Realizamos los siguientes pasos:

- Accedemos al cofre del motor
- Retiramos la varilla de medición de aceite
- Insertamos la manguera y recolectamos la muestra.



Figura 3.10: Bombeado de aceite de motor.

3.4.3.2 Toma de muestras de transmisión

Tanto para tomar muestras en caja de cambios o grupo diferencial realizamos los siguientes pasos:

- Colocamos el vehículo en la fosa.
- Desenroscamos y retiramos la tuerca de llenado de aceite.
- Introducimos la manguera.
- Bombeamos el aceite.
- Colocamos y enroscamos la tuerca de llenado.

Una vez que se han recolectado las muestras se empacan y son enviadas al laboratorio para los análisis respectivos.



Figura 3.11: bombeado de aceite del diferencial.

3.4.4 Resultado de cronograma de muestreo

En las tablas expuestas a continuación se observa el resultado del cronograma de muestreo, donde se detalla el kilometraje total del equipo en la primera columna a la

izquierda del signo (/), el kilometraje de uso del aceite a la derecha del mismo y las fechas en las que se tomaron las muestras para cada vehículo, las columnas están diferenciadas por colores de acuerdo a la planificación del cronograma.

VEHICULO	MUESTRA 1	FECHA	MUESTRA 2	FECHA	MUESTRA 3	FECHA	MUESTRA 4	FECHA
5	147298/1460	17/10/2011	148918/3080	27/10/2011	-	-	-	-
10	473868/1792	25/10/2011	475018/2942	02/11/2011	475726/3650	07/11/2011	476176/4100	11/11/2011
22	59292/3716	27/05/2011	60796/5220	07/06/2011	75918/5535	20/10/2011	-	-
23	62906/3573	19/05/2011	64000/4755	27/05/2011	65015/5682	03/06/2011	65474/6141	07/06/2011
24	64116/3413	27/05/2011	65419/4716	07/06/2011	81006/5606	03/10/2011	-	-
25	68993/3422	30/06/2011	65090/4960	24/05/2011	70087/4516	06/07/2011	-	-
26	69654/3150	30/06/2011	64753/5072	31/05/2011	65314/5633	03/06/2011	65788/6107	07/06/2011
27	69165/3671	27/05/2011	70634/5149	07/06/2011	71284/5790	11/06/2011	-	-
28	63400/3031	31/05/2011	79942/5292	25/10/2011	-	-	-	-
29	64295/3374	27/05/2011	66188/5267	11/06/2011	81075/4936	20/10/2011	-	-
30	63655/3138	18/06/2011	59995/4279	24/05/2011	70281/4982	30/08/2011	70865/5566	08/09/2011
31	50199/3631	11/06/2011	51243/4675	18/06/2011	71226/5593	25/10/2011	-	-
32	368413/1903	15/06/2011	366293/2778	05/24/2011	370384/3874	06/07/2011	382660/4702	16/11/2011
37	371305/1750	11/06/2011	369078/3064	05/27/2011	369575/3561	05/31/2011	376350/4285	16/07/2011
38	326514/2039	18/06/2011	327640/3165	25/06/2011	335614/3845	16/08/2011	336084/4315	22/08/2011
39	339780/1605	05/27/2011	347131/3054	31/07/2011	347717/3640	05/08/2011	355026/4255	01/09/2011
40	316520/2369	11/06/2011	317104/2953	15/06/2011	321131/3576	13/07/2011	-	-
43	313303/1866	15/06/2011	310807/3218	31/05/2011	320110/3808	31/07/2011	315867/4430	30/06/2011
44	343709/1984	03/06/2011	344948/3223	11/06/2011	352285/3739	31/07/2011	352775/4229	03/08/2011
45	315505/1697	05/27/2011	321281/3353	31/07/2011	317705/3897	06/07/2011	334200/4109	25/10/2011
46	343297/1777	30/06/2011	358671/2761	17/10/2011	362039/3794	15/11/2011	-	-
47	295794/2027	26/09/2011	296507/2740	03/10/2011	287195/3947	15/07/2011	-	-
50	242770/4063	30/06/2011	243254/4547	06/07/2011	243831/5124	09/07/2011	267404/6607	08/11/2011
51	211177/2817	31/05/2011	216540/5015	30/06/2011	222394/5854	01/08/2011	-	-

Tabla 3.6: Resultado de cronograma de muestreo de aceites de motor de la flota vehicular de EMAC EP.

La siguiente tabla presenta el muestreo realizado en cajas de cambios:

VEHICULO	MUESTRA 1	FECHA	MUESTRA 2	FECHA	MUESTRA 3	FECHA
22	69705/18674	08/09/2011	75425/24394	17/10/2011	80847/29816	21/11/2011
23	76526/17193	14/09/2011	82702/23369	17/10/2011	85885/26552	21/11/2011
24	77569/20410	08/09/2011	82805/25646	17/10/2011	88319/31160	21/11/2011
25	76788/12951	14/09/2011	82336/18499	25/10/2011	88208/24371	21/11/2011
26	72491/19722	27/07/2011	77206/24437	08/09/2011	83794/31025	20/10/2011
27	80152/26960	08/09/2011	-	-	-	-
28	70141/17607	20/07/2011	76171/23637	26/09/2011	-	-
29	-	-	-	-	-	-
30	71704/19859	14/09/2011	-	-	-	-
31	61307/14739	22/08/2011	70121/23553	17/10/2011	-	-
32	372289/14873	23/07/2011	375860/18336	30/08/2011	380684/23268	20/10/2011
37	377259/14150	25/07/2011	382486/19377	30/08/2011	385703/22594	26/09/2011
38	329886/13506	09/07/2011	333711/17331	03/08/2011	336833/20337	30/08/2011
39	350871/12696	30/08/2011	354538/16363	20/10/2011	358494/20274	21/11/2011
40	326700/14213	16/08/2011	-	-	-	-
43	317555/17585	13/07/2011	320658/20688	03/08/2011	323113/23143	14/09/2011
44	343023/15313	05/31/2011	351264/23554	25/07/2011	354791/26788	30/08/2011
45	316145/17622	05/31/2011	318628/20195	13/07/2011	324089/25566	16/08/2011
46	348496/16002	25/07/2011	353344/20850	22/08/2011	356574/24085	03/10/2011
47	283618/21577	11/06/2011	286851/24810	13/07/2011	290537/28496	16/08/2011
50	248000/21189	25/07/2011	252889/26078	22/08/2011	258951/32140	26/09/2011
51	230321/18766	14/09/2011	236921/25366	21/11/2011	211177/45589	05/31/2011

Tabla 3.7: Resultado cronograma de muestreo de aceites de caja de cambios de la flota vehicular de EMAC EP.

La siguiente tabla presenta el muestreo realizado en los diferenciales:

VEHICULO	MUESTRA 1	FECHA	MUESTRA 2	FECHA	MUESTRA 3	FECHA
22 ANTERIOR	69705/18674	08/09/2011	75425/24394	17/10/2011	80847/29816	21/11/2011
22 POSTERIOR	69705/18674	08/09/2011	75425/24394	17/10/2011	80847/29816	21/11/2011
23 ANTERIOR	71650/16410	25/07/2011	79817/24577	11/10/2011	85885/30645	21/11/2011
23 POSTERIOR	71650/16410	25/07/2011	79817/24577	11/10/2011	85885/30645	21/11/2011
24 ANTERIOR	68861/15361	06/07/2011	77569/24069	08/09/2011	88319/34819	21/11/2011
24 POSTERIOR	68861/15361	06/07/2011	77569/24069	08/09/2011	88319/34819	21/11/2011
25 ANTERIOR	72093/18115	03/08/2011	80638/26660	11/10/2011	88208/34230	21/11/2011
25 POSTERIOR	72093/18115	03/08/2011	80638/26660	11/10/2011	88208/34230	21/11/2011
26 ANTERIOR	70941/18172	09/07/2011	77206/24437	08/09/2011	83969/31200	06/11/2011
26 POSTERIOR	70941/18172	09/07/2011	77206/24437	08/09/2011	83969/31200	06/11/2011
27 ANTERIOR	71603/18411	09/07/2011	80152/26960	08/09/2011	84516/31324	21/11/2011
27 POSTERIOR	71603/18411	09/07/2011	80152/26960	08/09/2011	84516/31324	21/11/2011
28 ANTERIOR	69698/17164	25/07/2011	78499/25965	11/10/2011	82489/29955	21/11/2011
28 POSTERIOR	69698/17164	25/07/2011	78499/25965	11/10/2011	82489/29955	21/11/2011
29 ANTERIOR	68157/15905	09/07/2011	75782/23530	08/09/2011	80437/27885	11/10/2011
29 POSTERIOR	68157/15905	09/07/2011	75782/23530	08/09/2011	80437/27885	11/10/2011
30 ANTERIOR	63123/11278	15/06/2011	68495/16650	16/08/2011	78206/26364	21/11/2011
30 POSTERIOR	63123/11278	15/06/2011	68495/16650	16/08/2011	78206/26364	21/11/2011
31 ANTERIOR	61307/14739	22/08/2011	70121/23553	17/10/2011	-	-
31 POSTERIOR	61307/14739	22/08/2011	70121/23553	17/10/2011	-	-
32 ANTERIOR	372289/14873	23/07/2011	375860/18336	30/08/2011	380684/23268	20/10/2011
32 POSTERIOR	372289/14873	23/07/2011	375860/18336	30/08/2011	380684/23268	20/10/2011
37	377259/14150	25/07/2011	382486/19377	30/08/2011	385703/22594	26/09/2011
38	329886/13506	09/07/2011	333711/17331	03/08/2011	336833/20337	30/08/2011
39	350871/12696	30/08/2011	354538/16363	20/10/2011	358494/20274	21/11/2011
40	326700/14048	18/08/2011	-	-	-	-
43	-	-	312758/22940	11/06/2011	-	-
44	343023/15313	31/05/2011	351264/23554	25/07/2011	354791/26788	30/08/2011
45	324089/7800	16/08/2011	327255/10921	14/09/2011	328932/12598	26/09/2011
46 ANTERIOR	348496/16002	25/07/2011	353344/20850	22/08/2011	356574/24085	03/10/2011
46 POSTERIOR	348496/16002	25/07/2011	353344/20850	22/08/2011	356574/24085	03/10/2011
47 ANTERIOR	293901/6706	11/06/2011	293901/6706	14/09/2011	283618/21577	11/06/2011
47 POSTERIOR	293901/6706	11/06/2011	293901/6706	14/09/2011	283618/21577	11/06/2011
50 ANTERIOR	248000/21189	25/07/2011	252889/26078	22/08/2011	258951/32140	26/09/2011
50 POSTERIOR	248000/21189	25/07/2011	252889/26078	22/08/2011	258951/32140	26/09/2011
51	230321/18766	14/09/2011	236921/25366	21/11/2011	211177/45589	05/31/2011

Tabla 3.8: Resultado de cronograma de muestreo de aceites de diferencial de la flota vehiculos de EMAC EP.

CAPITULO IV

INFORME DE RESULTADOS

4.1 Desarrollo

La finalidad de este capítulo es exponer los resultados obtenidos en laboratorio de las muestras tomadas en cada vehículo, realizando una interpretación de las condiciones del aceite asociadas con las variables que se presentan durante el periodo de operación del aceite. El primer paso es la evaluación directa de cada muestra, para determinar si los resultados obtenidos están dentro de un rango normal o por el contrario están fuera de las condiciones deseadas, lo que indica la ocurrencia de algún problema.

Se entiende que la ausencia de un determinado contaminante en el aceite, ya sea externo o de materiales de desgaste, como un indicativo que no se ha producido contaminación. La presencia y aumento del contaminante es un indicador de que dicho contaminante comienza a ser representativo en el aceite y potencialmente dañino para el conjunto lubricado, en caso de que la concentración del contaminante rebase los límites establecidos, entra en la zona de alarma, es decir la contaminación supera los valores aceptados para el correcto funcionamiento del sistema, recopilando la información de límites permitidos en el Capítulo III, tenemos los siguientes valores para motor, caja y corona:

PRUEBA	LIMITE
Viscosidad cSt @ 100°C	Entre 12 y 17
Agua	Positivo
Combustible	Positivo
Hollín	Máximo 100%
Sulfatación	Máximo 100%
Oxidación	Máximo 100%
Cobre (Cu)	Máximo 25 ppm
Hierro (Fe)	Máximo 100 ppm
Cromo (Cr)	Máximo 15 ppm
Plomo (Pb)	Máximo 25 ppm
Silicio (Si)	Máximo 20 ppm

Tabla 4.1: Límites permitidos para resultado de análisis de aceite de motor.

PRUEBA	LIMITE
Viscosidad cSt @ 100°C	Entre 12 y 17
Agua	Positivo
Oxidación	Máximo 100%
Cobre (Cu)	Máximo 70 ppm
Hierro (Fe)	Máximo 100 ppm
Cromo (Cr)	Máximo 3 ppm
Plomo (Pb)	Máximo 9 ppm
Silicio (Si)	Máximo 20 ppm

Tabla 4.2: Límites permitidos para resultados de análisis de aceite de caja de cambios.

PRUEBA	LIMITE
Viscosidad cSt @ 100°C	Entre 27 y 34
Agua	Positivo
Sulfatación	Máximo 100%
Oxidación	Máximo 100%
Cobre (Cu)	40 ppm
Hierro (Fe)	150 ppm
Cromo (Cr)	10 ppm
Plomo (Pb)	40 ppm
Silicio (Si)	30 ppm

Tabla 4.3: Límites permitidos para resultados de análisis de aceite de diferencial.

Con el fin de identificar y facilitar la comprensión de los resultados, en la primera parte del análisis de cada vehículo se presenta la siguiente información:

- Imagen del vehículo.
- Información general: Código de la unidad y servicio que realiza.
- Información de caja de cambios y diferencial: Especificación SAE y API del lubricante, capacidad del cárter e intervalo de cambio de aceite.
- Observación de estado.

Para el caso de los conjuntos de motor, los resultados exponen directamente si el aceite es todavía útil en el kilometraje en el que ha sido muestreado. En los conjuntos de transmisión, al ser el aceite usado en intervalos de cambio más largos, los resultados se ajustan a una línea de tendencia de degradación y contaminación para determinar el punto donde el aceite deberá ser cambiado. Los vehículos Volkswagen están dentro del periodo de garantía de fábrica, por lo que no existió la posibilidad de muestrear el aceite con un kilometraje mayor a 6000 km., es decir, en el caso de obtener buenos resultados se podría extender hasta 1000 km. más el intervalo de cambio actual.

La interpretación que se ha realizado busca optimizar el uso de lubricantes, pero considerando que los recolectores pueden presentar cambios dramáticos en las

condiciones mecánicas en cuestión de segundos por fallas en el mantenimiento, desgaste, fatiga, etc., ésta información debe ser actualizada periódicamente y no se lo debe tomar como un estándar a largo plazo. Se utilizarán las abreviaturas DA para referirse al diferencial anterior y DF para diferencial posterior de los vehículos.

4.1.1 Vehículo 22

	INFORMACIÓN GENERAL		
	CODIGO	22	
	SERVICIO	Recolección de basura	
	INFORMACIÓN DEL MOTOR		
	MARCA	MWM	
	MODELO	International	
	NUMERO	D08805277	
	FILTRO	2T2115561	
	ACEITE	15w-40 / CI-4	
	CARTER	12 galones	
INTERVALO	5000 km		
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.4: Información de la unidad 22

La información obtenida de los análisis de aceite de motor es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		59292	60796	75918
km. del Lubricante:		3716	5220	5535
Fecha de la Muestra:		27/05/2011	7/6/2011	20/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	11,89	11,93	11,02
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Hollín	100%	0.00%	3.00%	0.00%
Sulfatación	100%	0.00%	3.00%	7.00%
Oxidación	100%	0.00%	7.00%	0.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	25	1	1	4
Hierro (Fe)	100	6	3	36
Cromo (Cr)	15	0	0	1
Plomo (Pb)	25	2	0	0
Silicio (Si)	20	4	0	3

Tabla 4.5: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 22

Los resultados muestran ausencia de contaminantes, los porcentajes de saturación están muy por debajo de los valores críticos al igual que la concentración de materiales de desgaste.

Con respecto a la viscosidad, se observa que su valor ha descendido a una zona de alarma y tiende a seguir disminuyendo, acompaña a esta condición un incremento en la concentración de hierro.

Se sugiere realizar análisis de control de forma permanente ante una posible contaminación por combustible, que podría bajar más el valor de la viscosidad, en el caso de que en futuros resultados de análisis de aceite persista o se agrave esta tendencia, se tendrá que reducir el intervalo de cambio de aceite.

La información obtenida a través de los análisis de aceite de la caja de cambios es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		69705	75425	80847
km del Lubricante:		18674	24394	29816
Fecha de la Muestra:		8/9/2011	17/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,70	13,66	13,64
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	1.00%	2.00%	2.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	14	14	17
Hierro (Fe)	100	112	112	120
Cromo (Cr)	3	1	2	2
Plomo (Pb)	9	0	0	0
Silicio (Si)	20	53	56	58

Tabla 4.6: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 22

Los valores presentados muestran niveles de alarma en la concentración de hierro, posiblemente derivado de una contaminación por silicio (Figura 4.1), y aunque en promedio éstas concentraciones se mantienen estables, delatan la ocurrencia de un problema en el conjunto, se sugiere cambiar el lubricante y realizar un nuevo muestreo para determinar si se trata de una contaminación aislada o persistente en el siguiente cambio.

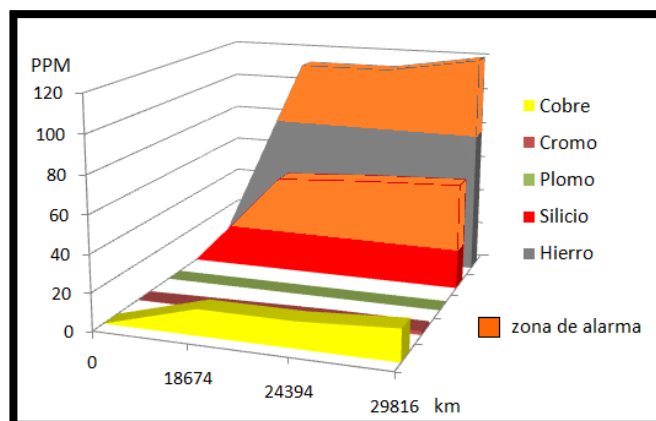


Figura 4.1: Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 22

Los resultados obtenidos en los análisis del DA son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		69705	75425	80847
km del Lubricante:		18674	24394	29816
Fecha de la Muestra:		8/9/2011	17/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,18	29,30	29,29
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	1.00%	2.00%	2.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	3	3	3
Hierro (Fe)	150	99	97	100
Cromo (Cr)	10	1	1	1
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	14	22	22

Tabla 4.7: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 22

No se presenta contaminación y todos los indicadores están dentro de márgenes seguros, ajustando los valores de concentración más elevados a una recta de tendencia (Figura 4.2) tenemos que el valor de hierro y silicio llegarían a su punto condensorio a los 39175 km

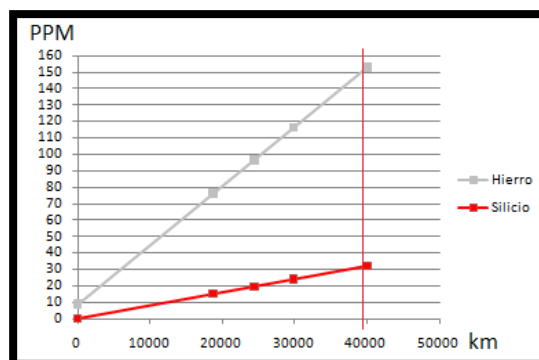


Figura 4.2: Tendencia de concentración de materiales del DA de la unidad 22

Los resultados obtenidos en los análisis de aceite del DP son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		69705	75425	80847
km del Lubricante:		18674	24394	29816
Fecha de la Muestra:		8/9/2011	17/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,53	26,85	27,05
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	2.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	1	4	5
Hierro (Fe)	150	72	77	89
Cromo (Cr)	10	0	1	1
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	11	30	38

Tabla 4.8: Resultado de análisis del DP de la unidad 22

Se observa en la tabla que el de silicio se ha incrementado una pequeña cantidad sobre su límite seguro desde la segunda muestra, proyectando este valor junto con el de hierro tenemos:

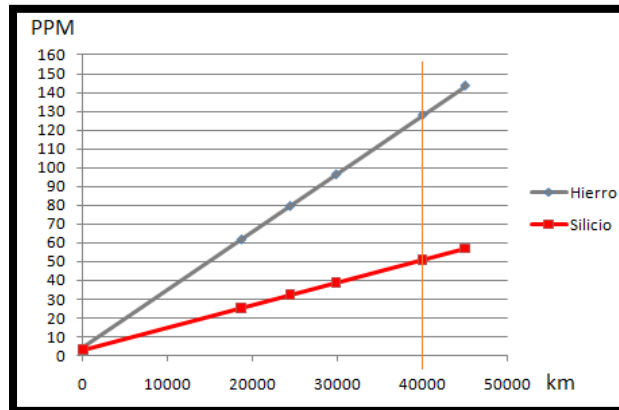


Figura 4.3: Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 22

En la proyección el hierro no sobrepasa las 130 ppm a los 40000 km, el silicio llegaría a 50 ppm, si bien no existe una tendencia de desgaste elevado en los componentes, es importante determinar si esta contaminación es aislada o persiste en el próximo intervalo de uso de aceite. Se recomienda tomar medidas correctivas para evitar el ingreso silicio a la corona.

4.1.2 Vehículo 23

	INFORMACIÓN GENERAL		
	CODIGO	23	
	SERVICIO	Recolección de basura	
	INFORMACIÓN DEL MOTOR		
	MARCA	MWM	
	MODELO	International	
	NUMERO	D08805314	
	FILTRO	2T2115561	
	ACEITE	15w-40 / CI-4	
	CARTER	12 galones	
	INTERVALO	5000 km	
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.9: Información Unidad 23

Los resultados obtenidos en los análisis de motor son:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km. del Equipo:		62906	64088	65015	65474
km. del Lubricante:		3573	4755	5682	6141
Fecha de la Muestra:		19/05/2011	27/05/2011	3/6/2011	7/6/2011
RESULTADOS		LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,37	11,92	11,90	11,88
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE			
Hollín	100%	0.00%	0.00%	2.00%	1.00%
Sulfatación	100%	0.00%	0.00%	7.00%	7.00%
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	3.00%	7.00%
(ppm)		LIMITE			
Cobre (Cu)	25	2	8	9	10
Hierro (Fe)	100	2	22	12	13
Cromo (Cr)	15	0	0	0	0
Plomo (Pb)	25	0	4	0	0
Silicio (Si)	20	4	3	6	0

Tabla 4.10: Resultado de análisis de aceite del motor de la unidad 23

Los resultados muestran la viscosidad fuera de rango en valores mínimos, contaminación negativa y niveles de saturación muy por debajo de los valores críticos al igual que los materiales de desgaste. Con respecto a la viscosidad, el que los resultados permanezcan estables y no tiendan a bajar es una buena señal, sin embargo no es apropiado extender el intervalo de cambio de aceite de motor de este vehículo.

Los resultados obtenidos en los análisis de aceite de caja de cambios son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		76526	82702	85885
km del Lubricante:		17193	23369	26552
Fecha de la Muestra:		14/9/2011	17/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,44	15,40	14,20
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	2.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	70	13	12	15
Hierro (Fe)	100	46	51	71
Cromo (Cr)	3	1	0	1
Plomo (Pb)	9	0	0	0
Silicio (Si)	20	28	23	29

Tabla 4.11: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 23

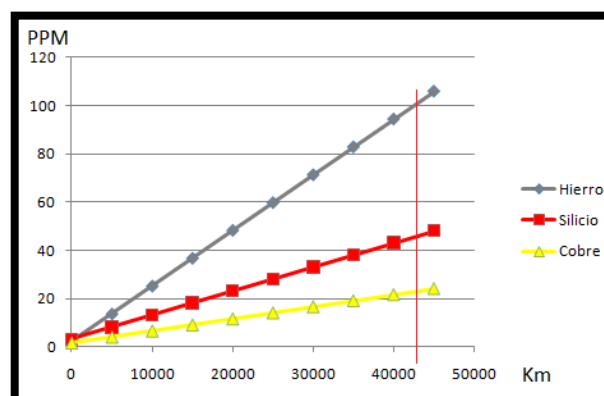


Figura 4.4: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 23

Todos los resultados se encuentran muy por debajo de los límites permitidos, a excepción de una pequeña elevación en la concentración de silicio, sin embargo este valor se mantiene estable, lo que indica una contaminación aislada que no tiende a incrementarse. La proyección de la Figura 4.4 muestra que el nivel de hierro llegaría a su punto crítico a los 42500 km.

Los resultados obtenidos en los análisis del DA son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		71650	79817	85885
km del Lubricante:		16410	24577	30645
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	11/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LÍMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	30,25	29,79	29,91
Aqua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LÍMITE			
Oxidación	100%	0.00%	3.00%	3.00%
(ppm)	LÍMITE			
Cobre (Cu)	40	1	2	2
Hierro (Fe)	150	70	59	85
Cromo (Cr)	10	1	0	1
Plomo (Pb)	40	1	0	0
Silicio (Si)	30	12	8	9

Tabla 4.12: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 23

Los resultados se encuentran dentro del rango normal, ajustando los resultados a una recta de tendencia tenemos:

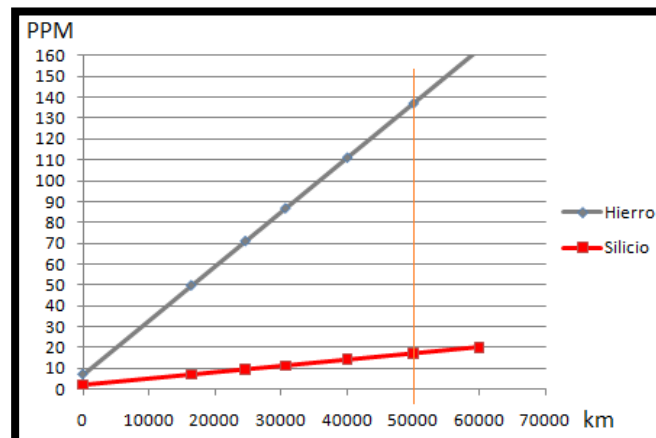


Figura 4.5: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 23

El hierro llegaría a un valor de alarma a los 50000 km. Los resultados obtenidos en los análisis del DP son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		71650	79817	85885
km del Lubricante:		16410	24577	30645
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	11/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	30,31	30,00	30,19
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	0.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	0	0	1
Hierro (Fe)	150	54	69	92
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	2	0	0
Silicio (Si)	30	8	10	6

Tabla 4.13: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 23

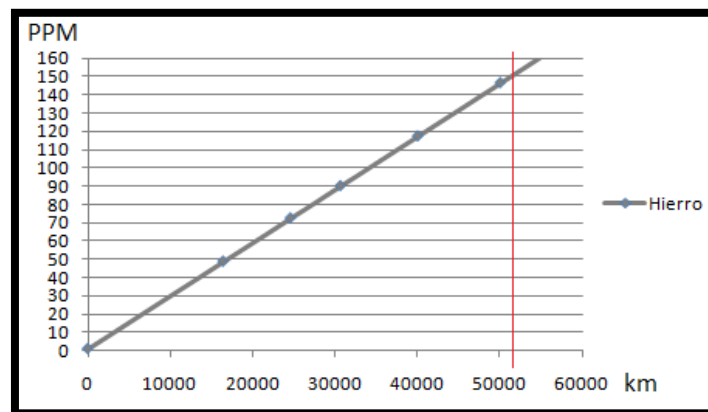


Figura 4.6: Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 23

4.1.3 Vehículo 24

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	24
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805313
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
		ACEITE	85w-140 / GL-5
		CARTER	5 Galones/C corona
		INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.14: Información Unidad 24

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		64116	65419	81006
km. del Lubricante:		3413	4716	5606
Fecha de la Muestra:		27/05/2011	07/06/2011	3/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,89	13,01	11,24
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Hollín	100%	0.00%	1.00%	0.00%
Sulfatación	100%	0.00%	10.00%	7.00%
Oxidación	100%	0.00%	7.00%	0.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	25	2	0	2
Hierro (Fe)	100	8	1	19
Cromo (Cr)	15	1	0	1
Plomo (Pb)	25	2	0	1
Silicio (Si)	20	3	3	5

Tabla 4.15: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 24

Los resultados muestran la viscosidad fuera de rango en la última muestra a los 5606 km., ausencia de contaminantes y niveles de saturación muy por debajo de los valores críticos al igual que los materiales de desgaste. Se observa una relación de incremento en la concentración de hierro con respecto al descenso viscosidad.

La información de los análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 24 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		77569	82805	88319
km del Lubricante:		20410	25646	31160
Fecha de la Muestra:		8/9/2011	17/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	16,10	14,74	14,62
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	1.00%	2.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	70	10	10	11
Hierro (Fe)	100	80	59	80
Cromo (Cr)	3	1	1	1
Plomo (Pb)	9	0	0	0
Silicio (Si)	20	27	16	18

Tabla 4.16: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 24

Los resultados se encuentran dentro de un margen adecuado, a excepción del silicio el cual se encuentra en la primera muestra por encima del valor límite. Por el alivio en la concentración de materiales en las muestras subsecuentes se pudo dar un agregado de aceite, sin embargo la información de inventario no confirma esta suposición, ajustando a una recta de tendencia se tiene:

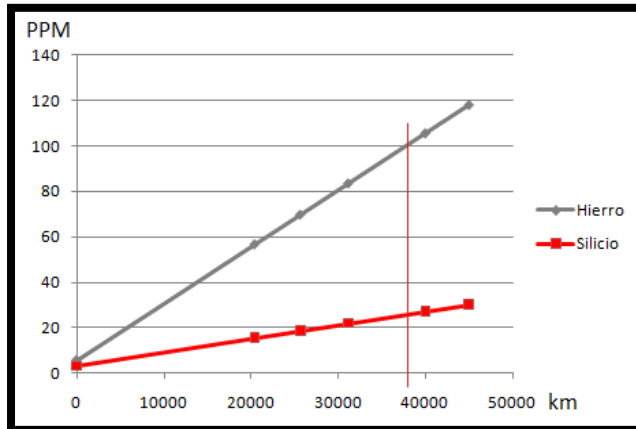


Figura 4.7: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 24

La proyección nos indica que el punto condenatorio del aceite a los 38000 km por exceso en la concentración de hierro, el silicio se mantendría dentro de valores seguros.

La información obtenida en los análisis del DA de la unidad 24 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		68861	77569	88319
km del Lubricante:		15361	24069	34819
Fecha de la Muestra:		6/7/2011	8/9/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	31,33	28,32	29,90
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	2.00%	2.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	3	3
Hierro (Fe)	150	56	81	95
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	2	0	0
Silicio (Si)	30	9	20	16

Tabla 4.17: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 24

Los resultados muestran un desempeño óptimo de funcionamiento, ajustando los valores más elevados a una recta de tendencia tenemos:

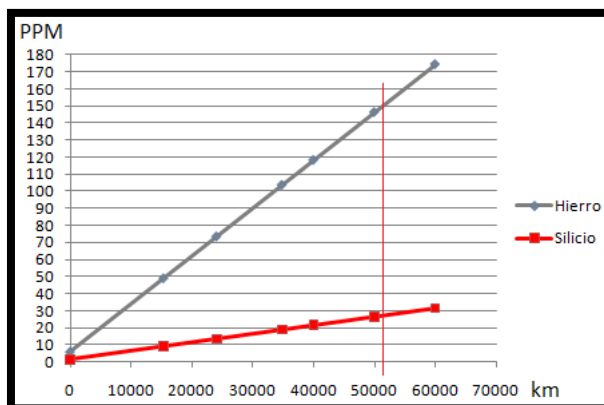


Figura 4.8: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad

La concentración de hierro llegaría a las 150 ppm a los 51500 km, el silicio se mantiene estable y fuera de las zonas de alarma. La información obtenida en los análisis del DP de la unidad 24 muestra que las ppm de hierro llegarían a zona de alarma a los 53500 km.

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		68861	77569	88319
km del Lubricante:		15361	24069	34819
Fecha de la Muestra:		6/7/2011	8/9/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,60	29,58	28,48
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	2.00%	3.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	1	1	2
Hierro (Fe)	150	56	78	94
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	1	0	0
Silicio (Si)	30	10	14	9

Tabla 4.18: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 24

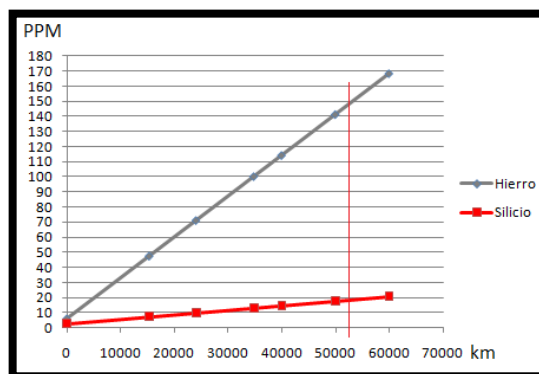


Figura 4.9: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 24

4.1.4 Vehículo 25

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	25
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805394
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.19: Información Unidad 25

La información obtenida en los análisis de motor es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		68993	70087	65090
Km. del Lubricante:		3422	4516	4960
Fecha de la Muestra:		30/06/2011	6/7/2011	24/05/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,52	12,42	11,90
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Hollín	100%	0.00%	0.00%	0.00%
Sulfatación	100%	0.00%	0.00%	3.00%
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	0.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	25	0	1	2
Hierro (Fe)	100	2	1	10
Cromo (Cr)	15	0	0	1
Plomo (Pb)	25	0	0	1
Silicio (Si)	20	0	1	2

Tabla 4.20: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 25

Los valores muestran descenso en la viscosidad en la muestra próxima a los 5000 km., no hay presencia de contaminantes y los porcentajes de saturación están dentro de límites seguros, al igual que los materiales de desgaste. Se asocia la presencia de una pequeña cantidad de hierro con el decremento de la viscosidad.

La información obtenida en los análisis de aceite de caja de cambios es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		76788	82336	88208
km del Lubricante:		12591	18499	24371
Fecha de la Muestra:		14/9/2011	25/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,75	13,89	13,80
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	2.00%	2.00	2.00
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	3	11	15
Hierro (Fe)	100	80	86	94
Cromo (Cr)	3	1	1	1
Plomo (Pb)	9	0	0	0
Silicio (Si)	20	29	25	24

Tabla 4.21: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 25

Se puede observar que desde el primer muestreo ya hubo una presencia importante de hierro y silicio, estos valores se mantienen estables en las siguientes muestras, además de forma directamente proporcional se incrementa la concentración de cobre. Se realizaron trabajos de correctivos en la caja durante el período de muestreo, y aunque no existe información clara sobre el tipo de mantenimiento que se realizó, se conoce que se cambió o agregó aceite nuevo al conjunto, lo que altera los resultados. Se recomienda cambiar el aceite y reiniciar el programa de muestreo.

La información obtenida en los análisis del DA es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		72093	80638	88208
km del Lubricante:		18115	26660	34230
Fecha de la Muestra:		3/8/2011	11/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	30,11	29,82	29,91
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	22	21	25
Hierro (Fe)	150	55	58	64
Cromo (Cr)	10	0	0	0
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	24	24	29

Tabla 4.22: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 25

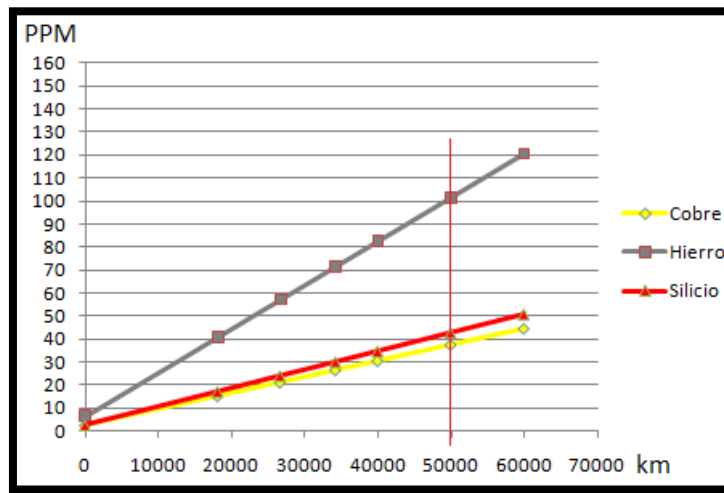


Figura 4.10: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 25

Las concentraciones de hierro están dentro de un marco seguro, a los 50000 km se tendrían valores aproximados de 38 ppm de cobre y 42 ppm de silicio.

Se tiene a continuación la información obtenida en los análisis del DP:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		72093	80638	88208
km del Lubricante:		18115	26660	34230
Fecha de la Muestra:		3/8/2011	11/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	30,48	29,99	30,01
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	2.00%	2.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	0	0	9
Hierro (Fe)	150	35	39	55
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	9	22	30

Tabla 4.23: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 25

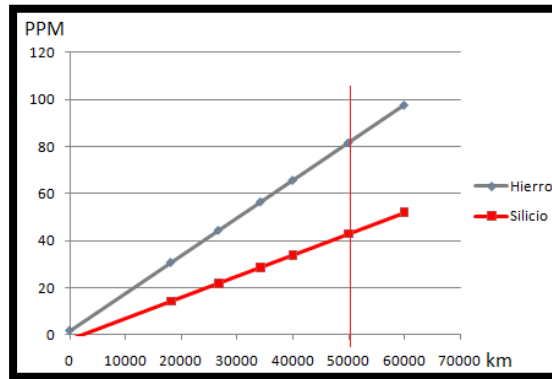


Figura 4.11: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 25

A los 50000 km. la proyección el hierro estaría muy por debajo de la zona de alarma, por otro lado el silicio estaría alrededor de 43 ppm, si bien este valor está un fuera del margen de seguridad no existe incremento en el desgaste de otros componentes, se recomienda es realizar trabajos de mantenimiento para limitar el ingreso de silicio en el sistema.

4.1.5 Vehículo 26

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	26
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805365
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.24: Información Unidad 26

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 26 es:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		69654	64753	65314	65788
Km. del Lubricante:		3150	5072	5633	6107
Fecha de la Muestra:		30/6/2011	31/5/2011	3/6/2011	7/6/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,12	12,49	12,52	12,39
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% de saturación)	LIMITE				
Hollín	100%	0.00%	0.00%	1.00%	4.00%
Sulfatación	100%	0.00%	0.00%	3.00%	7.00%
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	7.00%	10.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	0	1	1	1
Hierro (Fe)	100	4	5	4	4
Cromo (Cr)	15	0	0	0	0
Plomo (Pb)	25	0	0	0	0
Silicio (Si)	20	0	3	0	9

Tabla 4.25: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 26

Los valores muestran la viscosidad del aceite dentro de rango normal, ausencia de contaminantes, los porcentajes de saturación están dentro de límites seguros al igual que los materiales de desgaste incluso en la última muestra tomada a los 6000 Km.

La información de los análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 26:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		72491	77206	83794
km del Lubricante:		19722	24437	31025
Fecha de la Muestra:		21/7/2011	8/9/2011	26/10/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,88	12,88	12,96
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	4.00
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	3	3	4
Hierro (Fe)	100	62	102	120
Cromo (Cr)	3	1	1	2
Plomo (Pb)	9	0	0	0
Silicio (Si)	20	11	19	70

Tabla 4.26: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 26

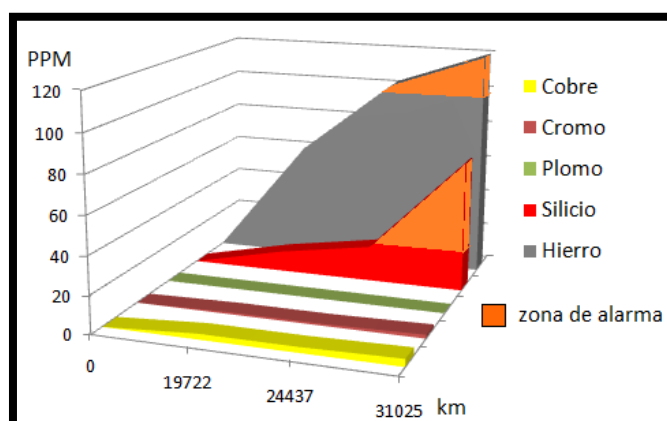


Figura 4.12: Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 26

Los valores muestran presencia de hierro en zona de alarma desde la segunda muestra tomada a los 24437 km., así como una contaminación importante de silicio en la tercera muestra.

La información obtenida en los análisis del DA de la unidad 26 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		70941	77206	83969
km del Lubricante:		18172	24437	31200
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	8/9/2011	6/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,19	28,83	28,38
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	1.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	1	3
Hierro (Fe)	150	53	73	79
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	3	0	5
Silicio (Si)	30	16	12	23

Tabla 4.27: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 26

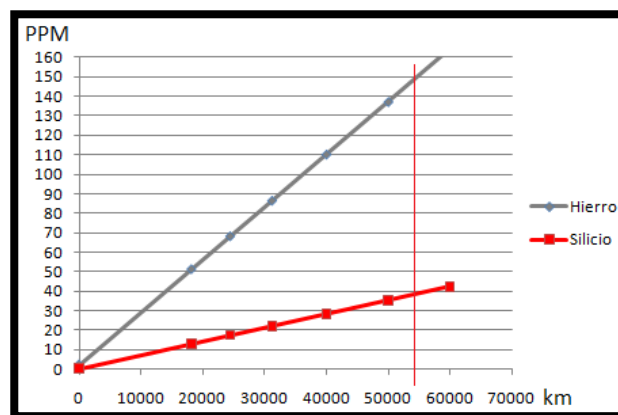


Figura 4.13: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 26

Las ppm de hierro en la proyección llegarían a su punto crítico a los 55000 km.

La información obtenida en los análisis del DP de la unidad 26 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		70941	77206	83969
km del Lubricante:		18172	24437	31200
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	8/9/2011	6/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,38	28,29	28,01
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	1.00%	2.00%	2.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	2	3
Hierro (Fe)	150	95	109	117
Cromo (Cr)	10	0	1	0
Plomo (Pb)	40	2	0	3
Silicio (Si)	30	23	19	24

Tabla 4.28: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 26

Ajustando los valores más elevados a una recta de tendencia tenemos:

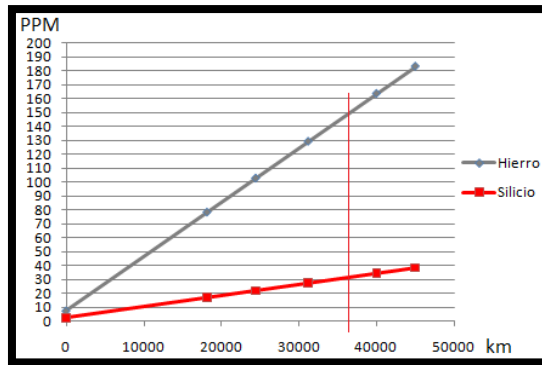


Figura 4.14: Tendencia de concentración de materiales del DP de la unidad 26

La tendencia muestra que la concentración de hierro llegaría a zona de alarma a los 36500 km, los niveles de silicio se mantendrían dentro de un marco seguro.

4.1.6 Vehículo 27

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	27
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805261
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.29: Información Unidad 27

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 27 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		69165	70634	71284
Km. del Lubricante:		3671	5149	5790
Fecha de la Muestra:		27/05/2011	7/6/2011	11/6/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13.00	12.7	12.66
Aqua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Hollín	>100%	0.00%	0.00%	2.00%
Sulfatación	>100%	0.00%	3.00%	7.00%
Oxidación	>100%	0.00%	3.00%	7.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	25	1	1	2
Hierro (Fe)	100	6	4	4
Cromo (Cr)	15	1	0	1
Plomo (Pb)	25	1	0	0
Silicio (Si)	20	5	3	2

Tabla 4.30: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 27

Los valores muestran la viscosidad del aceite dentro de rango normal, no existe presencia de contaminantes, los porcentajes de saturación están dentro de límites seguros al igual que los materiales de desgaste. Los resultados de análisis reflejan una situación buena del aceite en el intervalo extendido de 5790 km.

La información obtenida en los análisis de aceite de caja de cambios es:

INFORMACIÓN		1
km del Equipo:		80152
km del Lubricante:		26960
Fecha de la Muestra:		8/9/2011
RESULTADOS		LIMITE
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,51
Agua	POSITIVO	N
(% SATURACION)		LIMITE
Oxidación	>100%	2.00%
(ppm)		LIMITE
Cobre (Cu)	70	3
Hierro (Fe)	100	54
Cromo (Cr)	3	0
Plomo (Pb)	9	0
Silicio (Si)	20	13

Tabla 4.31: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 27

Se realizó solo un análisis de aceite de la caja de cambios de este vehículo puesto que a los 82016 km la caja se rompió, el único análisis muestreado a los 80152 km pone en evidencia que no hubo alteraciones en el aceite por contaminación, tampoco saturación ni presencia elevada de materiales de desgaste.

La información de los análisis de aceite del diferencial anterior de la unidad 27 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		71603	80152	84616
km del Lubricante:		18411	26960	31324
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	8/9/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,19	27,91	29,82
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	3.00%	4.00%	5.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	3	4
Hierro (Fe)	150	53	116	131
Cromo (Cr)	10	0	1	1
Plomo (Pb)	40	3	0	0
Silicio (Si)	30	16	21	20

Tabla 4.32: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 27

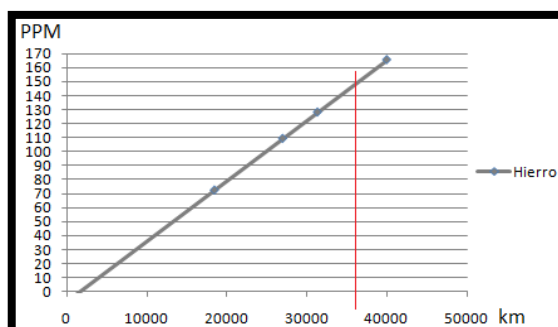


Figura 4.15: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 27

La concentración máxima de ppm de hierro se presentaría a los 37000 km. de uso del lubricante. La información de los análisis de aceite del DA de la unidad 27 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		71603	80152	84616
km del Lubricante:		18411	26960	31324
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	8/9/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28,64	27,41	28,44
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	1,00%	1,00%	1,00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	1	1
Hierro (Fe)	150	52	84	104
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	1	0	0
Silicio (Si)	30	12	10	15

Tabla 4.33: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 27

La concentración de ppm de hierro llegaría a su zona de alarma a los 45000 km.

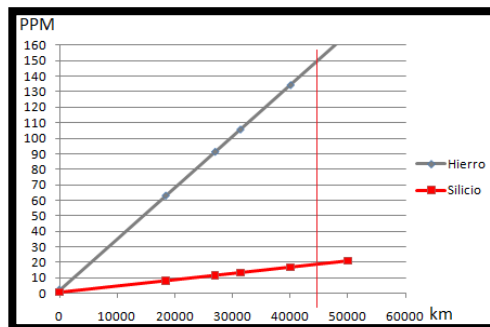


Figura 4.16: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 27

4.1.7 Vehículo 28

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	28
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		MODELO	International
		NUMERO	D08804800
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
		ACEITE	85w-140 / GL-5
		CARTER	5 Galones/C corona
		INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.34: Información unidad 28

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 28 es:

INFORMACIÓN		1	2
km del Equipo:		63400	79942
km. del Lubricante:		3031	5292
Fecha de la Muestra:		31/05/2011	25/10/2011
RESULTADOS		LIMITE	
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,75	9,73
Agua	POSITIVO	N	N
Combustible	POSITIVO	N	P
(% SATURACION)		LIMITE	
Hollín	100%	0.00%	0.00%
Sulfatación	100%	0.00%	0.00%
Oxidación	100%	3.00%	0.00%
(ppm)		LIMITE	
Cobre (Cu)	25	1	2
Hierro (Fe)	100	5	33
Cromo (Cr)	15	1	1
Plomo (Pb)	25	1	0
Silicio (Si)	20	2	3

Tabla 4.35: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 28

Se observa en la última muestra que existe contaminación por combustible, esto ha provocado que la viscosidad descienda a niveles de alarma, la concentración de hierro se ha incrementado un poco pero se mantiene en un rango seguro, por lo que no hay evidencia de una condición crítica de desgaste. El vehículo detuvo sus operaciones el último trimestre del año 2011 por reparaciones en la transmisión, situación que limitó tomar nuevas muestras para evaluación. Se sugiere monitorear el aceite ante esta situación y diagnosticar fallas antes de llegar a daños mayores.

La información de los análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 28 es:

INFORMACIÓN		1	2
km del Equipo:		70141	76171
km del Lubricante:		17607	23637
Fecha de la Muestra:		29/07/2011	26/09/2011
RESULTADOS		LIMITE	
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,90	14,00
Agua	POSITIVO	N	N
(% SATURACION)		LIMITE	
Oxidación	>100%	1.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE	
Cobre (Cu)	70	15	56
Hierro (Fe)	100	33	93
Cromo (Cr)	3	1	1
Plomo (Pb)	9	0	0
Silicio (Si)	20	29	49

Tabla 4.36: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 28

Se tomaron dos muestras para análisis de aceite, los resultados mostraron una tendencia a la alza de materiales de desgaste de cobre, hierro y sobre todo de silicio, la caja se ingreso a taller para reparación a los 82489 km. siendo la causa principal el desgaste de sincronizadores.

La información de los análisis de aceite del diferencial anterior de la unidad 28 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		69698	78499	82489
km del Lubricante:		17164	25965	29955
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	11/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,66	29,68	30,07
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	1.00%	1.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	3	2
Hierro (Fe)	150	104	110	100
Cromo (Cr)	10	1	1	0
Plomo (Pb)	40	1	1	0
Silicio (Si)	30	8	15	6

Tabla 4.37: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 28

Los resultados muestran que desde el primer muestreo existió una concentración importante de ppm de hierro, que se incrementó en la siguiente muestra; sin embargo, existe un alivio en la concentración de hierro y silicio en la tercera muestra, es probable que se agregó aceite nuevo en el conjunto. Ajustando los valores a una recta de tendencia tenemos:

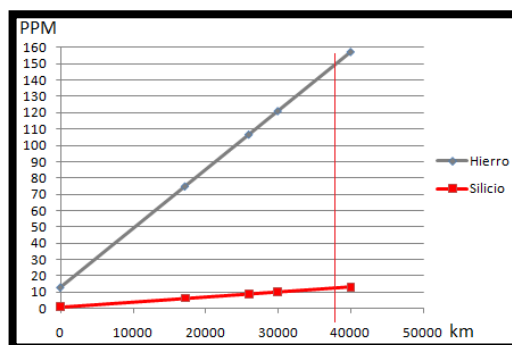


Figura 4.17: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 28

La tendencia muestra que el hierro llegaría a su valor de alarma a los 38300 km. La información de los análisis del diferencial posterior de la unidad 28 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		69698	78499	82489
km del Lubricante:		17164	25965	29955
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	11/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,94	29,48	29,98
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	3.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	1	1	1
Hierro (Fe)	150	101	104	97
Cromo (Cr)	10	1	1	1
Plomo (Pb)	40	1	0	0
Silicio (Si)	30	25	23	20

Tabla 4.38: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 28

Todos los resultados se encuentran fuera de zonas de alarma, al igual que en el caso anterior, desde la primera muestra se observa una concentración elevada de hierro que se mantiene estable, ajustando a una recta de tendencia tenemos:

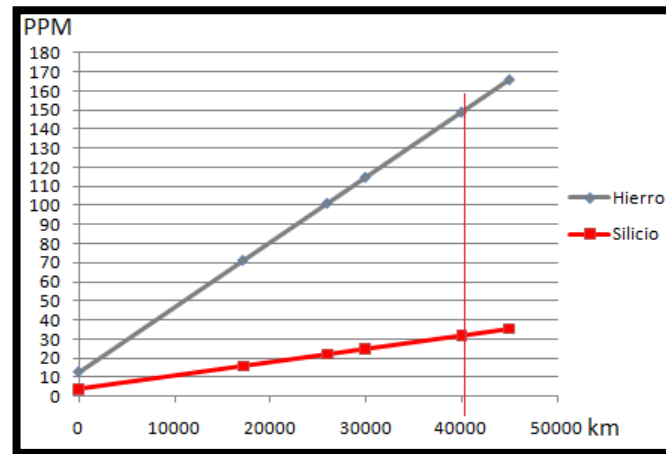


Figura 4.18: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 28

Se aprecia en la recta de tendencia que el hierro llegaría a su máximo valor permitido a los 40500 km.

4.1.8 Vehículo 29

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	29
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805483
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.39: Información unidad 29

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 29 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		64295	66188	81075
km. del Lubricante:		3374	5267	4936
Fecha de la Muestra:		27/05/2011	11/6/2011	20/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,58	12,40	12,46
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SAATURACION)		LIMITE		
Hollín	100%	0.00%	4.00%	5.00%
Sulfatación	100%	0.00%	7.00%	7.00%
Oxidación	100%	0.00%	7.00%	8.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	25	1	0	1
Hierro (Fe)	100	5	4	3
Cromo (Cr)	15	1	0	0
Plomo (Pb)	25	3	0	0
Silicio (Si)	20	3	0	3

Tabla 4.40: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 29

En los resultados se puede observar que los valores de viscosidad se encuentran dentro de límites seguros, no hay presencia de contaminantes, los porcentajes de saturación muy por debajo de las zonas de alarma al igual que la concentración de los materiales de desgaste. Puesto que se realizaban los cambios de lubricante en el concesionario dentro de un periodo de garantía, se limitó extender el intervalo de cambio para realizar la toma de muestras. No se pudo realizar el programa de muestreo de la caja de cambio de esta unidad debido a que el tapón de llenado estaba aislado. La información obtenida de los análisis de aceite del diferencial anterior es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		68157	75782	80437
km del Lubricante:		15905	23530	27885
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	8/9/2011	11/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,85	28,64	28,55
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	1.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	2	3
Hierro (Fe)	150	39	68	74
Cromo (Cr)	10	0	0	0
Plomo (Pb)	40	1	0	1
Silicio (Si)	30	8	14	22

Tabla 4.41: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 29

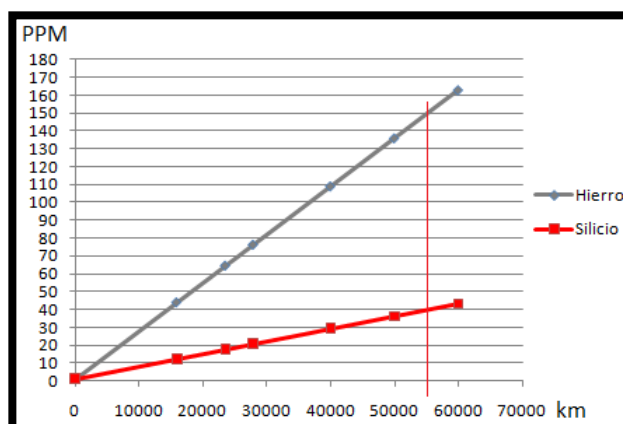


Figura 4.19: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 29

El hierro llegaría a su nivel de alarma a los 55500 km., en este punto el silicio se aproximara a las 40 ppm, lo que no presenta amenaza para el diferencial. La información de los análisis de aceite del diferencial posterior de la unidad 29 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		68157	75782	80437
km del Lubricante:		15905	23530	27885
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	8/9/2011	11/10/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	30,59	29,88	29,62
Aqua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	>100%	0.00%	0.00%	0.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	1	1	2
Hierro (Fe)	150	128	129	135
Cromo (Cr)	10	0	1	0
Plomo (Pb)	40	3	0	2
Silicio (Si)	30	17	14	22

Tabla 4.42: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 29

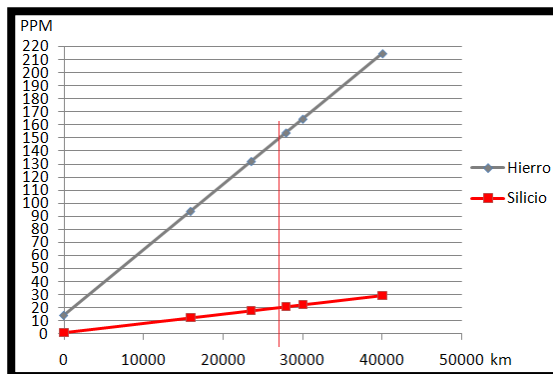


Figura 4.20: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 29

El valor crítico proyectado está por debajo de los 30000 km, se recomienda cambiar y monitorear el aceite para determinar si existe una condición inusual de desgaste.

4.1.9 Vehículo 30

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	30
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805463
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.43: Información unidad 30

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 30 es:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		63655	59995	70281	70865
km. del Lubricante:		3138	4279	4982	5566
Fecha de la Muestra:		18/06/2011	24/05/2011	30/08/2011	8/9/2011
RESULTADOS		LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,75	13,00	12,87	12,77
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE			
Hollín	100%	0.00%	0.00%	2.00%	3.00%
Sulfatación	100%	0.00%	3.00%	5.00%	5.00%
Oxidación	100%	0.00%	3.00%	6.00%	8.00%
(ppm)		LIMITE			
Cobre (Cu)	25	0	1	2	2
Hierro (Fe)	100	8	8	10	13
Cromo (Cr)	15	0	1	0	1
Plomo (Pb)	25	0	1	1	1
Silicio (Si)	20	2	5	4	6

Tabla 4.44: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 30

Los análisis mostraron que el aceite se encontraba en buenas condiciones en el intervalo extendido de 5566 km, sin embargo el motor del vehículo sufrió un desperfecto y fue reemplazado a los 81063 km. en el último trimestre del años 2011, lo que anula la utilidad de los resultados obtenidos.

La información obtenida de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 30 es:

INFORMACIÓN		1
km del Equipo:		71704
km del Lubricante:		19859
Fecha de la Muestra:		14/9/2011
RESULTADOS		LIMITE
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,05
Agua	POSITIVO	N
(% SATURACION)		LIMITE
Oxidación	100%	0.00%
(ppm)		LIMITE
Cobre (Cu)	70	7
Hierro (Fe)	100	144
Cromo (Cr)	3	3
Plomo (Pb)	9	0
Silicio (Si)	20	7

Tabla 4.45: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 30

La caja de cambios de este vehículo se rompió a los 74900 km., en el único análisis que se pudo realizar el valor de concentración de hierro mostró valores de alarma, la rotura de la caja pudo ocurrir por falla en los rodamientos o piñones, según la orden de trabajo del 5 de octubre la caja de cambios regresaba las marchas. La información de los análisis de aceite del diferencial anterior de la unidad 30 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		63123	68495	78206
km del Lubricante:		11278	16650	26364
Fecha de la Muestra:		15/06/2011	16/08/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,10	29,13	29,32
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	1.00%	3.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	2	2
Hierro (Fe)	150	56	74	84
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	12	14	9

Tabla 4.46: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 30

Los valores se encuentran dentro de los límites, ajustando a una recta tenemos:

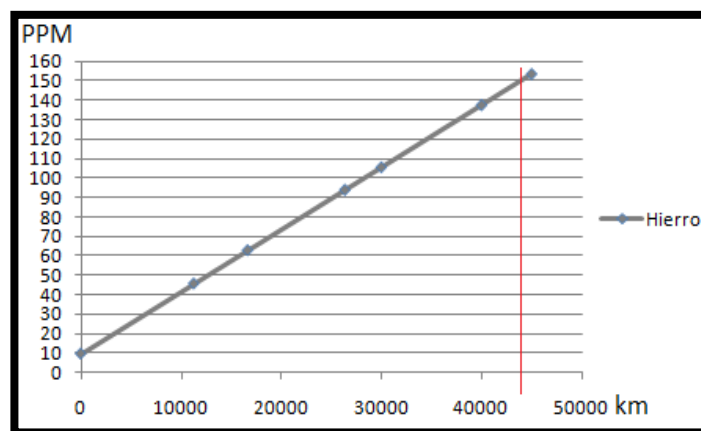


Figura 4.21: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 30

Como podemos apreciar en la recta la concentración de hierro llegaría a su valor máximo permitido a los 44000 km.

La información de los análisis de aceite del diferencial posterior de la unidad 30 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		63123	68495	78206
km del Lubricante:		11278	16650	26364
Fecha de la Muestra:		15/06/2011	16/08/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,44	29,20	29,29
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	0	1
Hierro (Fe)	150	22	34	101
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	0	1	0
Silicio (Si)	30	7	9	25

Tabla 4.47: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 30

Ajustando los valores a una recta de tendencia tenemos:

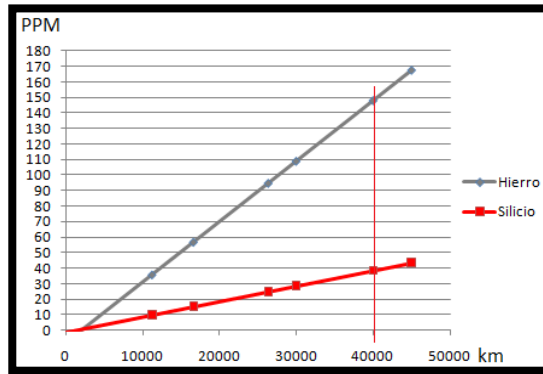


Figura 4.22: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 30

La concentración de hierro alcanzaría valores críticos a los 40500 km, el silicio se aproximaría a las 39 ppm en este kilometraje, monitorear permanentemente por la posibilidad de un incremento en las concentraciones de hierro.

4.1.10 Vehículo 31

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	31
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	MWM
		MODELO	International
		NUMERO	D08805484
		FILTRO	2T2115561
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	12 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	5 Galones	CARTER	5 Galones/C corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.48: Información unidad 31

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		50199	51243	71226
km. del Lubricante:		3631	4675	5593
Fecha de la Muestra:		11/6/2011	18/06/2011	25/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,66	13,34	11,51
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	P
(% SATURACION)		LIMITE		
Hollín	100%	0.00%	0.00%	0.00%
Sulfatación	100%	7.00%	0.00%	10.00%
Oxidación	100%	7.00%	0.00%	0.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	25	1	0	2
Hierro (Fe)	100	0	7	18
Cromo (Cr)	15	0	1	1
Plomo (Pb)	25	0	1	0
Silicio (Si)	20	0	2	4

Tabla 4.49: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 31

Se puede observar que existe descenso en la viscosidad a los 5593 km., producto de la contaminación detectada de combustible, así como un incremento en la concentración de hierro, el resto de resultados se encuentran muy por debajo de los valores de alarma.

El descenso en la viscosidad pone en peligro el motor, se recomienda realizar trabajos correctivos para limitar la contaminación por combustible.

La información de los análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 31 es:

INFORMACIÓN		1	2
km del Equipo:		61307	70121
km del Lubricante:		14739	23553
Fecha de la Muestra:		22/08/2011	17/10/2011
RESULTADOS		LIMITE	
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	12,12	13,84
Agua	POSITIVO	N	N
(% SATURACION)		LIMITE	
Oxidación	100%	1.00%	1.00
(ppm)		LIMITE	
Cobre (Cu)	70	16	15
Hierro (Fe)	100	139	153
Cromo (Cr)	3	2	3
Plomo (Pb)	9	2	0
Silicio (Si)	20	3	12

Tabla 4.50: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 31

La caja de cambios se dañó a los 73117 km., los resultados del análisis de aceite mostraron un valor de alarma por concentración de hierro a tan solo 14000 km de uso lo con tendencia al incremento en la siguiente muestra, sin tener presente valores de silicio elevados la falla posiblemente se produjo por desgaste en rodamientos y piñones.

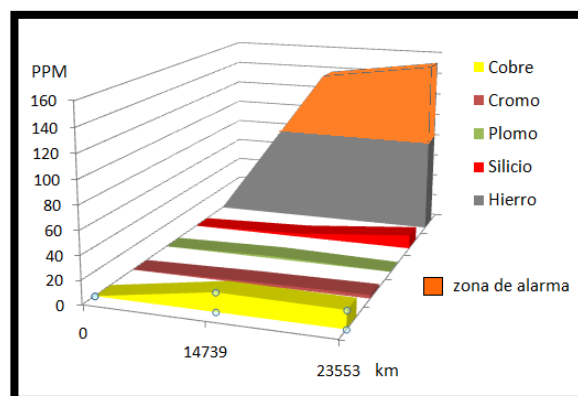


Figura 4.23: Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 30

Por la detención del vehículo a causa de la rotura de caja, solo se pudo tomar dos muestras de las coronas, la información correspondiente a los análisis de aceite del diferencial anterior de la unidad 31 es:

INFORMACIÓN		1	2
km del Equipo:		61307	70121
km del Lubricante:		14739	23553
Fecha de la Muestra:		22/08/2011	17/10/2011
RESULTADOS	LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	25,62	22,57
Aqua	POSITIVO	N	N
(% SATURACION)	LIMITE		
Oxidación	>100%	0.00%	2.00%
(ppm)	LIMITE		
Cobre (Cu)	40	5	5
Hierro (Fe)	150	154	124
Cromo (Cr)	10	1	1
Plomo (Pb)	40	1	0
Silicio (Si)	30	35	45

Tabla 4.51: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 31

Los resultados muestran concentraciones elevadas de hierro y silicio a tan solo 14739 km. y viscosidad disminuida, se recomienda realizar trabajos de mantenimiento para limitar la contaminación por silicio y revisar posibles daños que se estén presentando en el conjunto diferencial.

La información de los análisis de aceite del diferencial posterior de la unidad 31 es:

INFORMACIÓN		1	2
km del Equipo:		61307	70121
km del Lubricante:		14739	23553
Fecha de la Muestra:		22/08/2011	17/10/2011
RESULTADOS	LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	25,24	25,01
Aqua	POSITIVO	N	N
(% SATURACION)	LIMITE		
Oxidación	>100%	0.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE		
Cobre (Cu)	40	1	2
Hierro (Fe)	150	155	166
Cromo (Cr)	10	1	2
Plomo (Pb)	40	1	0
Silicio (Si)	30	33	51

Tabla 4.52: Resultado de análisis del DP de la unidad 31

Este conjunto muestra viscosidad y concentraciones de hierro y silicio fuera de rango, se recomienda realizar trabajos de mantenimiento correctivo para reducir la contaminación por polvo externo que podría estar generando daños y desgaste en los componentes de los diferenciales.

4.1.11 Vehículo 32

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	32
		SERVICIO	Transporte de materiales
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Internacional
		MODELO	A L 275 Turbo
		NUMERO	530GM2U0955550
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	8 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones C/corona
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.53: Información unidad 32

Los resultados obtenidos en los análisis del motor de la unidad 32 son:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km. del Equipo:		368413	366293	370384	382666
km. del Lubricante:		1903	2778	3874	4702
Fecha de la Muestra:		15/06/2011	24/05/2011	6/7/2011	16/11/2011
RESULTADOS		LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,56	13,33	12,26	11,96
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	P
(% SATURACION)		LIMITE			
Hollín	100%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sulfatación	100%	0.00%	13.00%	7.00%	17.00%
Oxidación	100%	0.00%	7.00%	3.00%	7.00%
(ppm)		LIMITE			
Cobre (Cu)	25	0	1	2	3
Hierro (Fe)	100	4	16	10	48
Cromo (Cr)	15	0	1	0	1
Plomo (Pb)	25	0	2	0	2
Silicio (Si)	20	1	3	2	3

Tabla 4.54: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 32

El motor de este vehículo se dañó a los 386264 km., en los análisis se puede comprobar que el aceite presentaba contaminación por combustible en la última muestra lo que redujo el rango de viscosidad, además se observa incremento de la concentración de hierro. La información de los análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 32 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		372289	375580	380684
km del Lubricante:		14873	18336	23368
Fecha de la Muestra:		23/07/2011	30/8/2011	20/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15,90	16,53	16,00
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	70	3	3	5
Hierro (Fe)	100	142	135	138
Cromo (Cr)	3	1	0	1
Plomo (Pb)	9	1	0	0
Silicio (Si)	20	80	60	67

Tabla 4.55: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 32

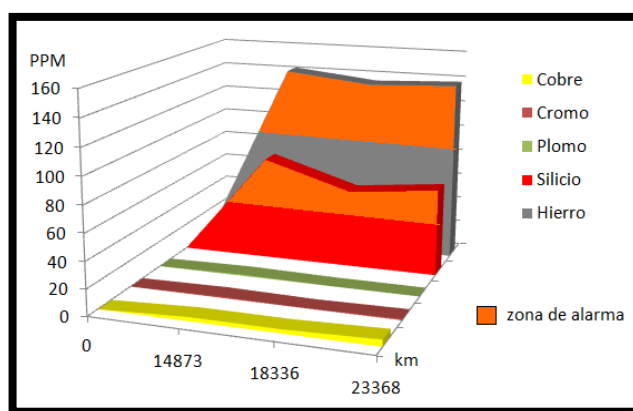


Figura 4.24: Valores de alarma en caja de cambios de la unidad 32

Los resultados muestran concentraciones importantes de hierro y silicio en valores de alarma desde la primera muestra, la tendencia se mantiene estable, se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y después reiniciar un programa de muestreo.

La información obtenida de los análisis del diferencial anterior de la unidad 32 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		372289	375580	380684
km del Lubricante:		14873	18336	23368
Fecha de la Muestra:		23/07/2011	30/8/2011	20/10/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	30,52	30,07	28,42
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	4.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	2	3
Hierro (Fe)	150	54	73	89
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	1	0	0
Silicio (Si)	30	23	16	25

Tabla 4.56: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 32

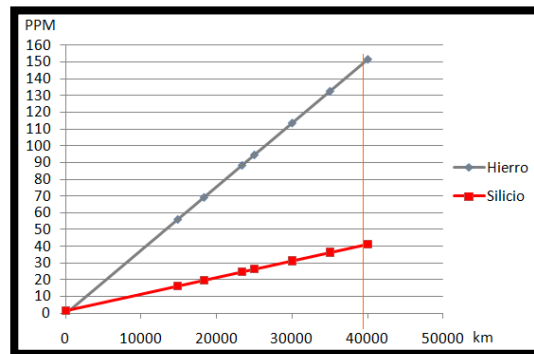


Figura 4.25: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 32

La proyección nos da como valor 39000 km. el punto donde la concentración de hierro llegaría a las 150 ppm y la de silicio alcanzaría 40 ppm, manteniendo un rango conservador se podría ampliar el intervalo de cambio de aceite a 25000 km. La información obtenida en los análisis del diferencial posterior de la unidad 32 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		372289	375580	380684
km del Lubricante:		14873	18336	23368
Fecha de la Muestra:		23/07/2011	30/8/2011	20/10/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	27.32	29.97	29.61
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	1.00%	0.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	1	1
Hierro (Fe)	150	61	77	97
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	21	24	29

Tabla 4.57: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 32

Los valores están dentro de los rangos seguros permitidos, ajustándolos a una recta de tendencia se tiene:

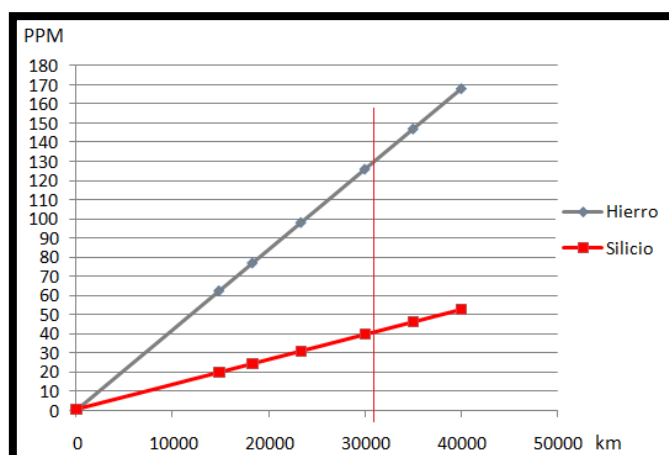


Figura 4.26: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DP de la unidad 32

Tenemos en la recta de proyección que a los 31000 km el hierro llega a las 130 ppm y el silicio a las 40 ppm, manteniendo un rango conservador se puede extender el intervalo de cambio a 25000 km.

4.1.12 Vehículo 37

	INFORMACIÓN GENERAL		
	CODIGO	37	
	SERVICIO	Recolección de basura	
	INFORMACIÓN DEL MOTOR		
	MARCA	Cummins	
	MODELO	ISB 225	
	NUMERO	46269411	
	FILTRO		
	ACEITE	15w-40 / CI-4	
	CARTER	5 galones	
INTERVALO		3000 km	
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.58: Información unidad 37

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		371305	369078	369575	376350
km. del Lubricante:		1750	3064	3561	4285
Fecha de la Muestra:		13/06/2011	27/05/2011	31/05/2011	16/07/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,57	15,09	15,04	15,33
Aqua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Hollín	100%	0.00%	1.00%	7.00 %	24.00%
Sulfatación	100%	0.00%	0.00%	0.00%	33.00%
Oxidación	100%	0.00%	3.00%	3.00%	27.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	0	0	0	0
Hierro (Fe)	100	3	4	4	8
Cromo (Cr)	15	0	0	0	1
Plomo (Pb)	25	0	3	1	2
Silicio (Si)	20	0	2	2	4

Tabla 4.59: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 37

Los valores de viscosidad se encuentran dentro de un rango normal, existe ausencia de contaminantes y los porcentajes de saturación están muy por debajo de los índices de alarma al igual que la concentración de materiales de desgaste. Según la información recopilada al motor de esta unidad se agregaba en promedio 1½ galones entre cambios de aceite, se recomienda realizar las correcciones pertinentes en el motor.

La información de los análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 37 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		377259	382486	385703
km del Lubricante:		14150	19377	22594
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	30/8/2011	26/09/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,64	15,33	14,68
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	3.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	70	2	3	2
Hierro (Fe)	100	34	42	29
Cromo (Cr)	3	0	3	1
Plomo (Pb)	9	1	0	0
Silicio (Si)	20	21	19	37

Tabla 4.60: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 37

Según los resultados el aceite se encontró en buenas condiciones en los tres análisis realizados, en la última muestra todos los metales bajan su concentración, por lo que se presume existió un agregado de aceite nuevo en la caja de cambios, sin embargo la información de inventario no registra ninguna descarga para este vehículo.

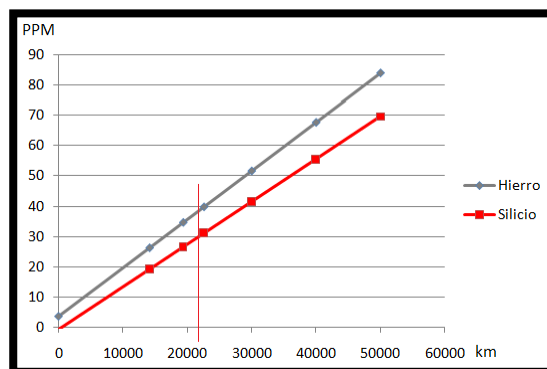


Figura 4.27: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 37

Existe una tendencia al incremento de concentración de silicio, el cual llegaría a las 30 ppm a los 22000 km, Se recomienda mantener el intervalo de cambio en 20000 km y realizar trabajos correctivos para limitar el ingreso de silicio al sistema. La información obtenida en los análisis de aceite del diferencial de la unidad 37 es:

La INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		377259	382486	385703
km del Lubricante:		14150	19377	22594
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	30/8/2011	26/09/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,33	28,07	26,68
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	2.00%	3.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	1	1	7
Hierro (Fe)	150	135	127	167
Cromo (Cr)	10	0	1	1
Plomo (Pb)	40	1	0	0
Silicio (Si)	30	125	72	77

Tabla 4.61: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 37

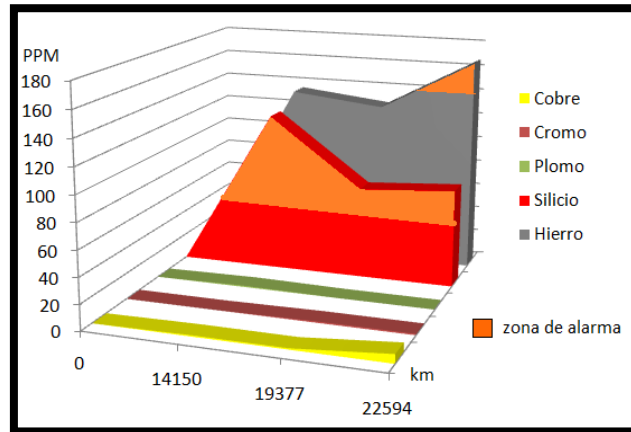


Figura 4.28: Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 37

Según el inventario se descargo dos galones de aceite 85 W 140 para este vehículo el 10 de septiembre de 2011, es decir entre la segunda y tercera muestra, lo que evidencia que el conjunto tiene fugas de aceite que ha generado incremento en el desgaste producto de esta irregularidad, concentraciones altas de hierro y silicio se han manifestado en niveles críticos desde la primera muestra, se sugiere realizar reparaciones definitivas en el diferencial y monitorear el aceite para determinar intervalos apropiados de cambio.

4.1.13 Vehículo 38

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	38
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Cummins
		MODELO	ISB 225
		NUMERO	46269458
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.62: Información unidad 38

Los resultados obtenidos en los análisis de aceite de motor de la unidad 38 son:

		1	2	3	4
km del Equipo:		326514	327640	335614	336084
Km. del Lubricante:		2039	3165	3845	4315
Fecha de la Muestra:		18/06/2011	25/06/2011	16/08/2011	22/08/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15,69	15,64	14,94	15,12
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Hollín	100%	1.00%	5.00%	10.00%	12.00%
Sulfatación	100%	13.00%	17.00%	20.00%	23.00%
Oxidación	100%	3.00%	7.00%	13.00%	17.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	0	0	0	0
Hierro (Fe)	100	7	3	10	12
Cromo (Cr)	15	0	0	0	0
Plomo (Pb)	25	0	0	0	0
Silicio (Si)	20	1	0	1	5

Tabla 4.63: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 38

Los valores de viscosidad se encuentran dentro de un rango normal, existe ausencia de contaminantes y los porcentajes de saturación están muy por debajo de los índices de alarma al igual que la concentración de materiales de desgaste. Los resultados son óptimos y se puede considerar una extensión del intervalo de cambio del lubricante a 4500 km.

La información de los análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 38 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		329886	333711	336833
km del Lubricante:		13506	17331	20337
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	3/8/2011	30/8/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,51	13,51	14,28
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Sulfatación	100%	0.00%	1.00%	1.00%
Oxidación	100%	0.00%	1.00%	1.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	19	20	18
Hierro (Fe)	100	112	113	115
Cromo (Cr)	3	0	0	1
Plomo (Pb)	9	4	1	0
Silicio (Si)	20	59	46	41

Tabla 4.64: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 38

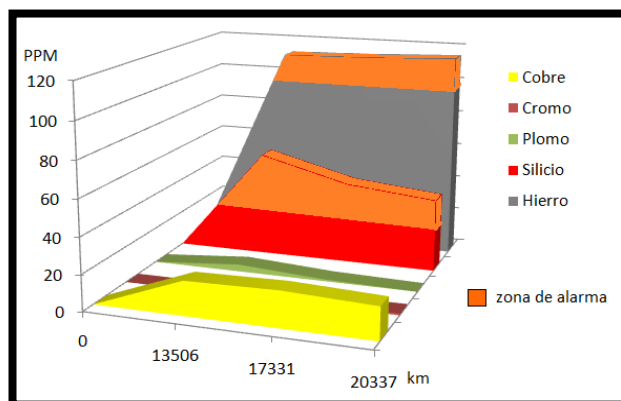


Figura 4.29 Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 38

Según la información de inventario, se agregó 1.5 galones de aceite en la caja de cambios el día 28/06/2011 y 0,5 galones el 16/08/2011, esto representa el 66% de la cantidad de aceite utilizado, esto evidencia la existencia de fugas en el conjunto, los resultados de concentración de hierro y silicio están fuera de rango en los tres análisis, con estas irregularidades se sugiere realizar trabajos correctivos que limiten la contaminación por silicio, reemplazar componentes defectuosos y eliminar fugaz de lubricante. La información obtenida en los análisis de aceite del diferencial de la unidad 38 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		329886	333711	336833
km del Lubricante:		13506	17331	20337
Fecha de la Muestra:		9/7/2011	3/8/2011	30/8/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,07	28,11	28,59
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	0.00%	3.00%	4.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	1	1	1
Hierro (Fe)	150	134	130	128
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	3	0	0
Silicio (Si)	30	11	19	12

Tabla 4.65: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 38

El hierro se encuentra elevado y se mantiene estable en las 3 muestras, por esta situación se recomienda no modificar el intervalo de cambio de aceite y realizar trabajos correctivos en el conjunto de la corona.

4.1.14 Vehículo 39

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	39
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Cummins
		MODELO	ISB 225
		NUMERO	46269502
		FILTRO	
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5 galones
		INTERVALO	3000 km
		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.66: Información Unidad 39

La información obtenida de los análisis de aceite de motor es:

		1	2	3	4
km del Equipo:		339780	347131	347717	355026
km. del Lubricante:		1605	3054	3640	4255
Fecha de la Muestra:		27/05/2011	31/07/2011	5/8/2011	1/9/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,08	14,17	13,05	13,55
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Hollín	100%	3,3%	11,00%	8,00%	13,00%
Sulfatación	100%	7,00%	20,00%	23,00%	32,00%
Oxidación	100%	10,00%	13,00%	17,00%	22,00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	0	0	0	0
Hierro (Fe)	100	8	9	10	13
Cromo (Cr)	15	1	0	0	0
Plomo (Pb)	25	0	0	0	0
Silicio (Si)	20	2	2	8	11

Tabla 4.67: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 39

Todos los valores se encuentran dentro de límites permitidos, no existe presencia de contaminantes, los niveles de saturación están en porcentajes bajos y de igual forma la concentración de materiales de desgaste. Dado esta circunstancia resultaría viable extender el intervalo de cambio de aceite a 4500 km.

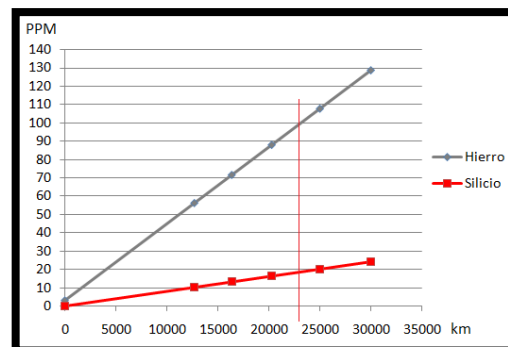
La información de los análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 39 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		350871	354538	358449
km del Lubricante:		12696	16363	20274
Fecha de la Muestra:		30/8/2011	20/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,62	14,69	14,68
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	2,00%	3,00%	3,00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	3	3	3
Hierro (Fe)	100	62	74	81
Cromo (Cr)	3	1	1	1
Plomo (Pb)	9	0	0	0
Silicio (Si)	20	10	13	15

Tabla 4.68: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 39

Los valores se encuentran dentro de los límites seguros, ajustando a una recta tenemos:

Figura 4.30: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 39



Según la proyección, cuando el aceite alcance los 23200 km. la concentración de hierro llegaría a su valor crítico, se recomienda mantener el intervalo actual de cambio de aceite para este conjunto.

La información obtenida de los análisis de aceite del diferencial de la unidad 39 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		350871	354538	358449
km del Lubricante:		12696	16363	20274
Fecha de la Muestra:		30/8/2011	20/10/2011	21/11/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28,38	27,95	29,62
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	0.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	2	2	2
Hierro (Fe)	150	163	161	167
Cromo (Cr)	10	3	2	2
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	92	110	133

Tabla 4.69: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 39

Los resultados muestran niveles muy elevados de concentración de hierro y silicio, se constata según la información de inventario de aceites que la corona de este vehículo tiene agregados de aceite nuevo recurrentemente por fugas y trabajos de mantenimiento correctivo. Se recomienda realizar correctivos en el conjunto para evitar daños definitivos y posteriormente muestrear el aceite para establecer el intervalo de cambio adecuado.

4.1.15 Vehículo 40

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	40
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Cummins
		MODELO	ISB 225
		NUMERO	46269454
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.70: Información unidad 40

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 40 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		316520	317104	321131
km. del Lubricante:		2369	2953	3576
Fecha de la Muestra:		11/6/2011	15/06/2011	13/07/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,99	13,41	15,02
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Hollín	100%	11.00%	11.00%	17.00%
Sulfatación	100%	13.00%	18.00%	23.00%
Oxidación	100%	13.00%	13.00%	20.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	25	0	2	0
Hierro (Fe)	100	4	3	10
Cromo (Cr)	15	0	0	1
Plomo (Pb)	25	0	1	3
Silicio (Si)	20	0	2	2

Tabla 4.71: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 40

Los resultados están dentro de los límites permitidos, la viscosidad se mantiene estable, no existe presencia de contaminantes, los porcentajes de saturación están bajos al igual que la concentración de materiales de desgaste. Los resultados obtenidos en los análisis de caja de cambios de la unidad 40 son:

INFORMACIÓN		1
km del Equipo:		326700
km del Lubricante:		14213
Fecha de la Muestra:		16/8/2011
RESULTADOS	LIMITE	
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15,01
Agua	POSITIVO	N
(% SATURACION)	LIMITE	
Oxidación	100%	0.00%
(ppm)	LIMITE	
Cobre (Cu)	70	7
Hierro (Fe)	100	103
Cromo (Cr)	3	1
Plomo (Pb)	9	0
Silicio (Si)	20	43

Tabla 4.72: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 40

El vehículo quedó fuera de operación en septiembre por problemas mecánicos, por los que solo se pudo tomar una muestra a los 14213 km, la cual presentó porcentajes elevados de hierro y silicio.

Los resultados obtenidos en los análisis del diferencial de la unidad 40 son:

INFORMACIÓN		1
km del Equipo:		326700
km del Lubricante:		14048
Fecha de la Muestra:		16/8/2011
RESULTADOS	LIMITE	
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,11
Agua	POSITIVO	P
(% SATURACION)	LIMITE	
Oxidación	100%	3.00%
(ppm)	LIMITE	
Cobre (Cu)	40	1
Hierro (Fe)	150	172
Cromo (Cr)	10	1
Plomo (Pb)	40	1
Silicio (Si)	30	97

Tabla 4.73: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 40

La única muestra porcentajes elevados de hierro y silicio en la corona, además de contaminación con agua, se sugiere realizar trabajos correctivos.

4.1.16 Vehículo 43

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	43
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Cummins
		MODELO	ISB 225
		NUMERO	46269481
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.74: Información unidad 43

INFORMACION		1	2	3	4
km. del Equipo:		313303	320110	315867	329712
km. del Lubricante:		1866	3808	4430	5304
Fecha de la Muestra:		15/06/2011	31/7/2011	30/06/2011	8/11/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15.17	15.41	13.83	15.60
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Hollín	100%	1.00%	6.00%	15.00%	36.00%
Sulfatación	100%	7.00%	20.00%	27.00%	37.00%
Oxidación	100%	3.00%	27.00%	17.00%	23.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	0	0	1	1
Hierro (Fe)	100	2	10	3	22
Cromo (Cr)	15	0	0	1	2
Plomo (Pb)	25	0	0	0	0
Silicio (Si)	20	2	6	2	5

Tabla 4.75: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 43

Los resultados muestran todos los valores dentro de un rango significativamente seguro, se observa en la última muestra tomada a los 5304 km. que el aceite se ha degradado mínimamente, solo la concentración de hierro se ha incrementado al doble con respecto a los análisis anteriores. Según estos resultados y manteniendo un margen de seguridad conservador el aceite podría extenderse a un intervalo de cambio de 4500 km.

La información de los análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 43 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		317555	320658	323113
km del Lubricante:		17585	20688	23143
Fecha de la Muestra:		13/07/2011	3/8/2011	14/9/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,87	14,67	14,56
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	1.00%	2.00	3.00
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	70	4	5	6
Hierro (Fe)	100	31	37	45
Cromo (Cr)	3	1	0	1
Plomo (Pb)	9	1	1	1
Silicio (Si)	20	18	22	27

Tabla 4.76: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 43

La concentración de materiales de desgaste se mantiene dentro de los rangos permitidos, a excepción del silicio que está ligeramente por encima del umbral aceptado, ajustando los valores a una curva de tendencia se tiene:

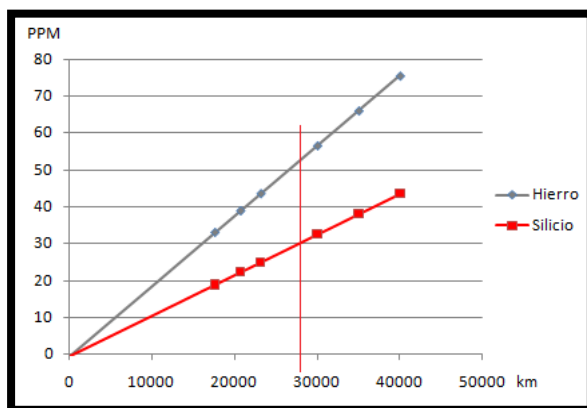


Figura 4.31: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 43

La tendencia muestra que el punto crítico se daría a los 28000 km cuando el silicio estuviera próximo a las 30 ppm. Manteniendo un rango conservador el intervalo de cambio se puede cambiar hasta 25000 km.

La información de análisis de aceite del diferencial de la unidad 43 es:

INFORMACIÓN		1
km del Equipo:		312758
km del Lubricante:		22940
Fecha de la Muestra:		11/6/2011
RESULTADOS		LIMITE
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	31,51
Agua	POSITIVO	N
(% SATURACION)		LIMITE
Oxidación	100%	5.00%
(ppm)		LIMITE
Cobre (Cu)	40	2
Hierro (Fe)	150	336
Cromo (Cr)	10	2
Plomo (Pb)	40	0
Silicio (Si)	30	147

Tabla 4.77: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 43

Los resultados muestran la concentración de hierro y silicio excesivamente elevados, el vehículo ha estado trabajando irregularmente por fallas en el diferencial, no se pudo realizar un seguimiento debido a constantes paradas para arreglo de fugas y cebados de aceite nuevo de forma permanente, se recomienda realizar una reparación integral del conjunto y posteriormente establecer el intervalo de cambio de lubricante.

4.1.17 Vehículo 44

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	44
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Cummins
		MODELO	ISB 225
		NUMERO	46269528
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.78: Información unidad 44

La información de los análisis de aceite de motor de la unidad 44 es:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		343709	344948	352285	352775
km. del Lubricante:		1984	3223	3739	4229
Fecha de la Muestra:		3/6/2011	11/6/2011	31/7/2011	3/8/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15,26	14,94	14,44	14,32
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Hollín	100%	9.00%	19.00%	15.00%	17.00%
Sulfatación	100%	20.00%	30.00%	26.00%	30.00%
Oxidación	100%	17.00%	23.00%	20.00%	20.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	0	0	0	0
Hierro (Fe)	100	5	9	9	11
Cromo (Cr)	15	0	0	1	1
Plomo (Pb)	25	0	0	0	2
Silicio (Si)	20	3	2	11	12

Tabla 4.79: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 44

La viscosidad se encuentra dentro de los rangos aceptados, no existen contaminantes, los porcentajes de saturación se encuentran dentro de los límites permitidos así como la concentración de materiales de desgaste. Bajo estas condiciones, resultaría viable

incrementar el intervalo de cambio hasta 4500 km sin presentar riesgos para el motor. La información de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 44 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		343023	351264	354791
km del Lubricante:		15313	23554	26788
Fecha de la Muestra:		31/05/2011	25/07/2011	30/8/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15.86	15.48	15.43
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	0.00%	2.00%	2.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	3	4	4
Hierro (Fe)	100	68	62	100
Cromo (Cr)	3	1	2	1
Plomo (Pb)	9	3	1	0
Silicio (Si)	20	6	19	27

Tabla 4.80: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 44

Se realizó un cebado de 1 galón de aceite en la caja de cambios el día 6/07/2012 lo que explica porque la segunda muestra presenta un alivio en la concentración de los materiales de desgaste comparada con la primera muestra, teniendo este precedente resulta inútil estimar una variación en el intervalo de cambio de aceite, se sugiere no modificar el intervalo de cambio de aceite, además, realizar trabajos de mantenimiento para eliminar las fugas de lubricante.

La información obtenida de los análisis de aceite del diferencial de la unidad 44 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		343023	351264	354791
km del Lubricante:		15313	23554	26788
Fecha de la Muestra:		31/05/2011	25/07/2011	30/8/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28.46	28.92	28.01
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	3.00%	3.00%	3.00
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	1	4	2
Hierro (Fe)	150	231	191	157
Cromo (Cr)	10	0	1	2
Plomo (Pb)	40	2	1	0
Silicio (Si)	30	15	116	60

Tabla 4.81: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 44

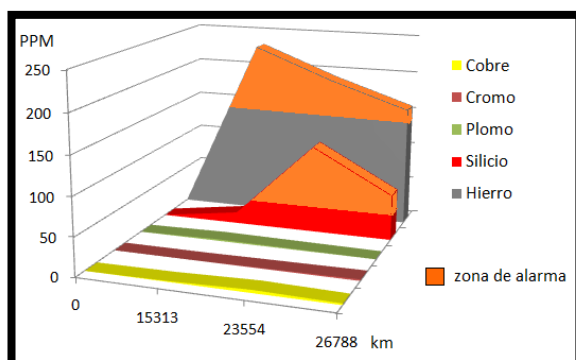


Figura 4.32: Valores de alarma en el diferencial de la unidad 44

Se observa desde la primera muestra concentraciones muy alarmantes de hierro y silicio. Se recomienda tomar medidas correctivas inmediatas en el conjunto.

4.1.18 Vehículo 45

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	45
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Cummins
		MODELO	ISB 225
		NUMERO	46269494
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	3 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.82: Información unidad 45

La información obtenida en los análisis de aceite de motor de la unidad 45 es:

INFORMACION		1	2	3	4	5
km del Equipo:		315505	321281	317705	334200	335577
km. del Lubricante:		1697	3353	3897	4109	5486
Fecha de la Muestra:		27/05/2011	31/07/2011	6/7/2011	25/10/2011	8/11/2011
RESULTADOS	LIMITE					
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15.71	15.01	16.11	14.80	15.25
Agua	POSITIVO	N	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE					
Hollín	100%	2.7%	13.00%	9.00%	18.00%	30.00%
Sulfatación	100%	3.00%	23.00%	23.00%	23.00%	30.00%
Oxidación	100%	10.00%	17.00%	13.00%	10.00%	20.00%
(ppm)	LIMITE					
Cobre (Cu)	25	0	0	1	0	1
Hierro (Fe)	100	6	9	4	14	20
Cromo (Cr)	15	0	0	0	1	1
Plomo (Pb)	25	0	1	0	0	0
Silicio (Si)	20	3	4	0	2	1

Tabla 4.83: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 45

Los valores de viscosidad se encuentran dentro de los rangos aceptados, no existe presencia de contaminantes, los porcentajes de saturación están muy por debajo de los valores de alarma al igual que la concentración de materiales de desgaste. Según estos resultados y manteniendo un margen de seguridad conservador resultaría posible ampliar el intervalo de cambio hasta los 4500 km.

La información obtenida en los resultados de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 45 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		316145	318628	324089
km del Lubricante:		17622	20195	25566
Fecha de la Muestra:		31/05/2011	13/07/2011	16/08/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,07	12,70	13,93
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	0.00%	2.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	13	12	11
Hierro (Fe)	100	169	131	147
Cromo (Cr)	3	2	0	1
Plomo (Pb)	9	1	2	1
Silicio (Si)	20	12	47	68

Tabla 4.84: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 45

Los resultados muestran información errónea sin ningún tipo de tendencia, esto se debe a que se realizaron constantemente agregados de aceite nuevo en la caja de cambios, existen problemas de contaminación de silicio, como ya se vio anteriormente resulta imposible establecer un intervalo de cambio según los resultados obtenidos, se recomienda realizar mantenimiento en el conjunto, limitar la contaminación y reiniciar un programa de muestreo.

La información obtenida en los análisis de aceite del diferencial de la unidad 45 es:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		316145	324089	327255	328932
km del Lubricante:		17622	7800	10921	12598
Fecha de la Muestra:		31/05/2011	16/08/2011	14/09/2011	26/09/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29,79	29,17	28,03	29,20
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	40	2	1	1	1
Hierro (Fe)	150	423	156	149	171
Cromo (Cr)	10	2	0	2	1
Plomo (Pb)	40	1	1	0	1
Silicio (Si)	30	45	92	96	112

Tabla 4.85: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 45

Los resultados muestran concentraciones de hierro y silicio elevadas, en todos los análisis se observa valores de alarma, se recomienda tomar acciones correctivas en el conjunto, limitar la contaminación de los conjuntos y en esta nueva situación muestrear el aceite para establecer intervalos de cambio óptimos.

4.1.19 Vehículo 46

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	46
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Mack
		MODELO	
		NUMERO	3J0213
		FILTRO	MACK 485GB3191C
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	9,5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	4,5 galones	CARTER	5 galones C/corona
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.86: Información unidad 46

Los resultados obtenidos en los análisis de motor de la unidad 46 son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		343297	358671	362039
km. del Lubricante:		1777	2761	3794
Fecha de la Muestra:		30/06/2011	17/10/2011	15/11/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	15,01	15,25	15,12
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Hollín	100%	35.00%	105.00%	135.00%
Sulfatación	100%	50.00%	80.00%	90.00%
Oxidación	100%	37.00%	63.00%	110.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	25	0	2	2
Hierro (Fe)	100	3	32	90
Cromo (Cr)	15	0	1	2
Plomo (Pb)	25	2	2	1
Silicio (Si)	20	2	12	3

Tabla 4.87: Resultados de análisis de aceite de motor de la unidad 46

Los resultados muestran la viscosidad dentro del rango aceptado, ausencia de contaminantes, existe una tendencia de incremento en los porcentajes de saturación del aceite, los materiales de desgaste están dentro de los límites permitidos. Se puede entender que el aceite está sufriendo una degradación elevada por oxidación, sulfatación y principalmente por el hollín, el cual ha saturado en un 105% la muestra tomada a los 2761 km., en este punto los demás valores se encuentran todavía dentro de los límites permitidos, se recomienda reducir el intervalo de cambio de aceite a 2500 km y monitorear frecuentemente la condición del aceite.

La información de los análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 46 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		348496	353344	356574
km del Lubricante:		16002	20850	24085
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	22/08/2011	3/10/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,51	14,25	14,37
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	3.00%	4.00%	4.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	5	5	5
Hierro (Fe)	100	10	12	15
Cromo (Cr)	3	0	0	0
Plomo (Pb)	9	3	1	1
Silicio (Si)	20	4	5	7

Tabla 4.88: Resultados de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 46

Todos los resultados se encuentran dentro de valores seguros, las concentraciones de hierro y silicio son las más elevadas, ajustando a una recta de tendencia obtenemos:

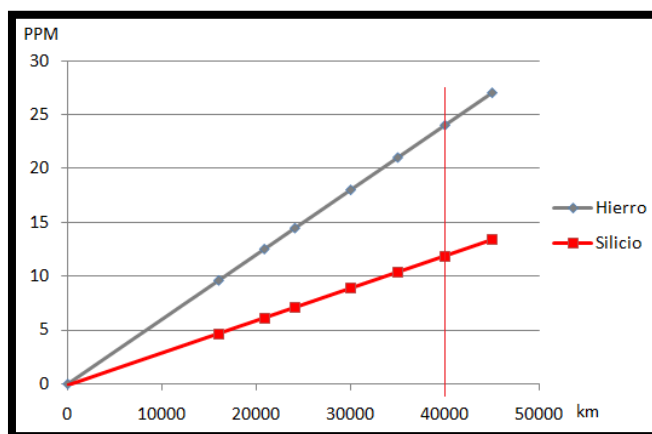


Figura 4.33: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 46

Según la proyección, a los 40000 km. la concentración de hierro y silicio no superarían las 25 ppm y 15 ppm respectivamente, manteniendo un rango conservador se sugiere extender el intervalo de cambio de aceite a 25000 km.

La información obtenida de los análisis del diferencial anterior de la unidad 46 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		348496	353344	356574
km del Lubricante:		16002	20850	24085
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	22/08/2011	3/10/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28,68	28,55	28,66
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	4.00%	5.00%	5.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	0	1
Hierro (Fe)	150	42	71	91
Cromo (Cr)	10	0	0	1
Plomo (Pb)	40	1	1	1
Silicio (Si)	30	8	33	33

Tabla 4.89: Resultados de análisis de aceite del DA de la unidad 46

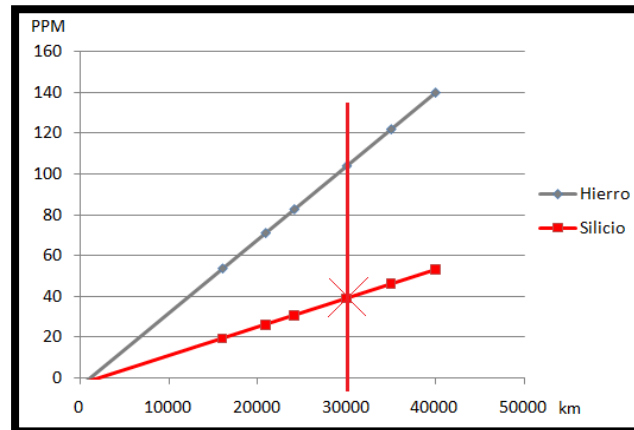


Figura 4.34: Tendencia de concentración de materiales en el aceite del DA de la unidad 46

El límite según la tendencia llegaría a los 31000 km cuando el silicio se aproxime a las 40 ppm, la concentración de hierro estaría recién superando las 100 ppm, se aconseja extender el intervalo de cambio a 25000 km.

La información obtenida de los análisis del diferencial posterior de la unidad 46 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		348496	353344	356574
km del Lubricante:		16002	20850	24085
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	22/08/2011	3/10/2011
RESULTADOS				
LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	29.86	29.69	29.72
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)				
LIMITE				
Sulfatación	100%	2.00%	3.00%	3.00%
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	3.00%
(ppm)				
LIMITE				
Cobre (Cu)	40	0	0	1
Hierro (Fe)	150	68	101	112
Cromo (Cr)	10	1	0	1
Plomo (Pb)	40	1	1	1
Silicio (Si)	30	11	53	42

Tabla 4.90: Resultados de análisis de aceite del DP de la unidad 46

El silicio que se ha incrementado por encima del límite aceptado. No existe evidencia de desgaste elevado principalmente de hierro, se recomienda ajustar en 25000 km el intervalo de cambio, y realizar trabajos correctivos para minimizar la contaminación por silicio.

4.1.20 Vehículo 47

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	47
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	Mack
		MODELO	
		NUMERO	3J0296
		FILTRO	MACK 485GB3191C
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	9,5 galones
		INTERVALO	3000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	4,5 galones	CARTER	5 galones C/corona
INTERVALO	20000 km	INTERVALO	20000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.91: Información unidad 47

Los resultados obtenidos en los análisis de motor de la unidad 47 son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		295794	296507	287195
km. del Lubricante:		2027	2740	3947
Fecha de la Muestra:		26/09/2011	3/10/2011	15/07/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,53	14,54	14,66
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Hollín	100%	48.00%	72.00%	78.00%
Sulfatación	100%	43.00%	63.00%	100.00%
Oxidación	100%	27.00%	43.00%	80.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	25	1	1	1
Hierro (Fe)	100	10	13	10
Cromo (Cr)	15	0	0	2
Plomo (Pb)	25	2	2	4
Silicio (Si)	20	6	8	3

Tabla 4.92: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 47

Los resultados muestran la viscosidad dentro del rango permitido en las tres muestras, no existe presencia de contaminantes, los porcentajes de saturación se encuentran elevados, se observa en la tercera muestra que la sulfatación a llegado a 100%, si bien no se manifiesta concentraciones elevadas de materiales de desgaste, el aceite a perdido gran parte de los aditivos, se recomienda mantener el intervalo de cambio de aceite en 3000 km.

La información obtenida en los análisis de caja de cambios de la unidad 47 es:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		293901	283618	286851	290537
km del Lubricante:		6706	21577	24810	28496
Fecha de la Muestra:		14/09/2011	11/6/2011	13/07/2011	16/08/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,97	14,51	14,64	14,32
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Oxidación	100%	3.00%	1.00%	3.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	70	5	8	19	17
Hierro (Fe)	100	27	38	64	59
Cromo (Cr)	3	0	0	1	1
Plomo (Pb)	9	0	1	12	1
Silicio (Si)	20	5	21	12	20

Tabla 4.93: Resultado de análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 47

Existe una tendencia de crecimiento de concentración de cobre, ajustando a una recta de tendencia tenemos que el límite de vida del aceite se daría por saturación de silicio en el aceite a los 42000 km, los valores de hierro y cobre todavía estarían en límites seguros, manteniendo un margen de seguridad se podría extender en intervalo de cambio hasta 25000 km.

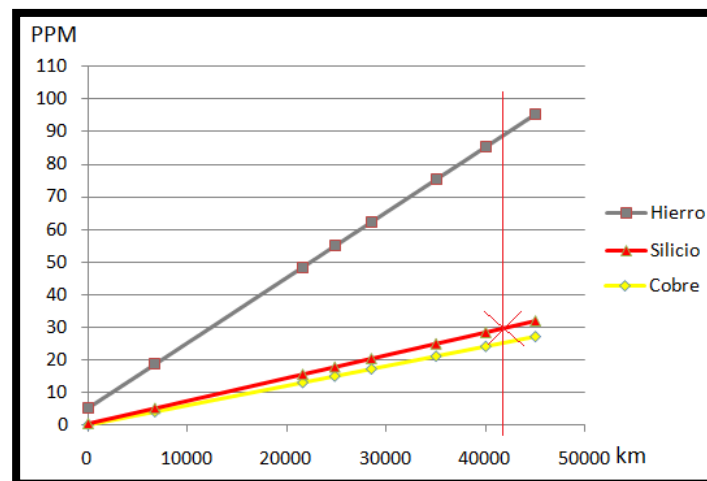


Figura 4.35: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 47

La información del diferencial anterior de la unidad 47 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		293901	300466	283618
km del Lubricante:		6706	13271	21577
Fecha de la Muestra:		14/09/2011	21/11/2011	11/6/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	27,75	28,33	30,09
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	2.00%	3.00%	5.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	0	0
Hierro (Fe)	150	79	89	107
Cromo (Cr)	10	0	0	0
Plomo (Pb)	40	0	0	0
Silicio (Si)	30	8	33	54

Tabla 4.94: Resultado de análisis de aceite del DA de la unidad 47

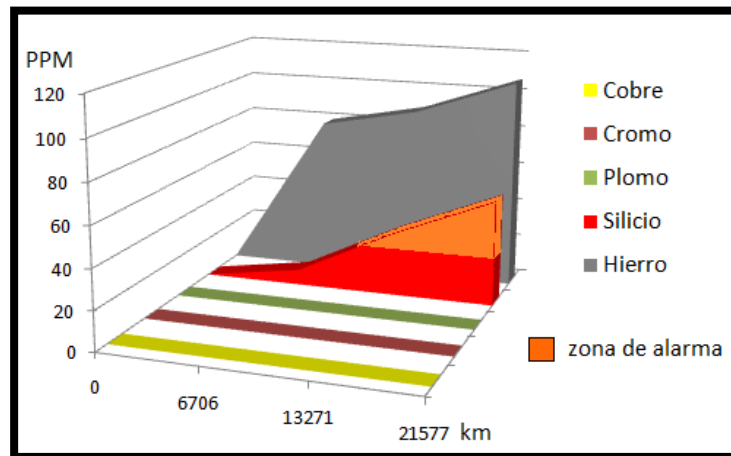


Figura 4.36: Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 47

Los valores de viscosidad se encuentran dentro de rango, los porcentajes de saturación están dentro de los rangos permitidos y los metales de desgaste están en niveles óptimos de concentración. El silicio se encuentra en valores de alarma en la segunda y tercera muestra, manténgase en 20000 km el intervalo de cambio.

La información de los análisis de aceite del diferencial posterior de la unidad 47 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		293901	300466	283618
km del Lubricante:		6706	13271	21577
Fecha de la Muestra:		14/09/2011	21/11/2011	11/6/2011
RESULTADOS				
LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28,59	28,66	28,64
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)				
LIMITE				
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	2.00%
(ppm)				
LIMITE				
Cobre (Cu)	40	0	1	1
Hierro (Fe)	150	102	144	195
Cromo (Cr)	10	0	0	0
Plomo (Pb)	40	0	1	0
Silicio (Si)	30	16	38	66

Tabla 4.95: Resultado de análisis de aceite del DP de la unidad 47

Se observa en este caso, igual que en el diferencial anterior de esta unidad, que persiste la contaminación por silicio, aunque esta vez se ve acompañado de una concentración elevada de hierro, no se aconseja variar el intervalo de cambio hasta minimizar la contaminación por silicio.

4.1.21 Vehículo 50

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	50
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	
		MODELO	
		NUMERO	
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	4 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	2 galones	CARTER	3,5 galones C/corona
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.96: Información unidad 50

Los resultados obtenidos en los análisis de motor de la unidad 50 muestran un buen desempeño, se puede ajustar el intervalo de cambio a 6000 km:

INFORMACIÓN		1	2	3	4
km del Equipo:		242770	243354	243831	267404
km. del Lubricante:		4063	4547	5124	6067
Fecha de la Muestra:		30/06/2011	6/7/2011	9/7/2011	8/11/2011
RESULTADOS	LIMITE				
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,32	14,25	14,02	14,35
Agua	POSITIVO	N	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE				
Hollín	100%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sulfatación	100%	3.00%	7.00%	3.00%	13.00%
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	0.00%	3.00%
(ppm)	LIMITE				
Cobre (Cu)	25	1	1	1	1
Hierro (Fe)	100	2	4	5	19
Cromo (Cr)	15	0	0	0	1
Plomo (Pb)	25	0	0	0	0
Silicio (Si)	20	3	6	8	1

Tabla 4.97: Resultados de análisis de aceite de motor de la unidad 50

Los resultados de los análisis de aceite de la caja de cambios de la unidad 50 son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		248000	252889	259138
km del Lubricante:		21189	26078	32140
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	22/08/2011	26/09/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	16,00	16,37	16,10
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	0.00%	0.00%	0.00
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	132	163	174
Hierro (Fe)	100	130	141	142
Cromo (Cr)	3	1	1	1
Plomo (Pb)	9	0	1	0
Silicio (Si)	20	17	20	20

Tabla 4.98: Resultados de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 50

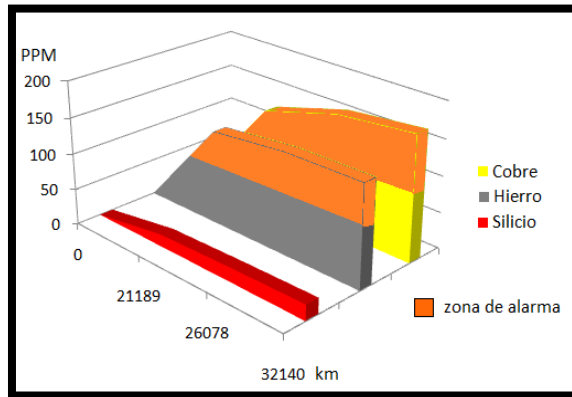


Figura 4.37: Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 50

Existen concentraciones muy elevadas de hierro y cobre, además considerando la ausencia de silicio, se recomienda reducir el intervalo de cambio a 20000 km y realizar trabajos correctivos, el cobre indica desgaste de sincronizadores.

Los resultados obtenidos en los análisis del diferencial anterior de la unidad 50 son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		248000	252889	259138
km del Lubricante:		21189	26078	32140
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	22/08/2011	26/09/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	25,66	26,94	25,99
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	3.00%	3.00%	4.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	0	2
Hierro (Fe)	150	45	43	46
Cromo (Cr)	10	0	0	0
Plomo (Pb)	40	0	1	0
Silicio (Si)	30	44	54	54

Tabla 4.99: Resultados de análisis de aceite del DA de la unidad 50

Los resultados presentan contaminación por silicio desde la primera muestra, aunque no se evidencia tendencia de desgaste. La información obtenida de los análisis del diferencial posterior de la unidad 50 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		248000	252889	259138
km del Lubricante:		21189	26078	32140
Fecha de la Muestra:		25/07/2011	22/08/2011	26/09/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28,33	28,45	28,26
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	4.00%	4.00%	5.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	40	0	0	1
Hierro (Fe)	150	117	134	147
Cromo (Cr)	10	1	1	2
Plomo (Pb)	40	1	1	0
Silicio (Si)	30	144	151	131

Tabla 4.100: Resultados de análisis de aceite del DP de la unidad 50

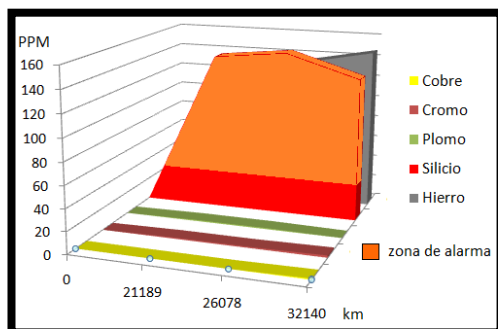


Figura 4.38: Valores de alarma en la caja de cambios de la unidad 50

Los resultados muestran, que existe presencia de contaminación por silicio, a esto se suma niveles elevados de hierro, se recomienda reducir el intervalo de cambio de las dos coronas a 20000 km y realizar trabajos correctivos para reducir la contaminación por silicio.

4.1.22 Vehículo 51

		INFORMACIÓN GENERAL	
		CODIGO	51
		SERVICIO	Recolección de basura
		INFORMACIÓN DEL MOTOR	
		MARCA	
		MODELO	
		NUMERO	
		FILTRO	
		ACEITE	15w-40 / CI-4
		CARTER	5,75 galones
		INTERVALO	5000 km
INFORMACIÓN DE CAJA DE CAMBIOS		INFORMACIÓN GRUPO CONICO Y DIFERENCIAL	
ACEITE	80w-90 / GL-4	ACEITE	85w-140 / GL-5
CARTER	2,5 galones	CARTER	5 galones
INTERVALO	40000 km	INTERVALO	40000 km
OBSERVACIONES			
VEHICULO OPERA EN CONDICIONES NORMALES.			

Tabla 4.101: Información unidad 51

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		211177	216540	222394
km. del Lubricante:		2817	5015	5854
Fecha de la Muestra:		31/05/2011	30/06/2011	1/8/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	13,90	14,46	13,98
Agua	POSITIVO	N	N	N
Combustible	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Hollín	100%	1,6%	1,00%	2,00%
Sulfatación	100%	3,00%	7,00%	19,00%
Oxidación	100%	10,00%	3,00%	5,00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	25	1	1	2
Hierro (Fe)	100	6	3	35
Cromo (Cr)	15	1	1	1
Plomo (Pb)	25	2	1	1
Silicio (Si)	20	3	4	5

Tabla 4.102: Resultado de análisis de aceite de motor de la unidad 51

Se observa buenas condiciones del aceite, la viscosidad esta dentro de rango y no existe presencia de contaminantes, además los porcentajes de saturación están fuera de los valores de alarma al igual que la concentración de materiales de desgaste. Según estos resultados se podría extender en intervalo de cambio de aceite a 6000 km.

La información obtenida de los análisis de la caja de cambios de la unidad 51 es:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		230321	236921	211177
km del Lubricante:		18766	25366	45589
Fecha de la Muestra:		14/09/2011	21/11/2011	5/31/2011
RESULTADOS	LIMITE			
Viscosidad cSt @ 100°C	>12 - <17	14,24	13,44	12,30
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)	LIMITE			
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	2.00%
(ppm)	LIMITE			
Cobre (Cu)	70	6	9	14
Hierro (Fe)	100	28	50	86
Cromo (Cr)	3	0	1	1
Plomo (Pb)	9	0	2	3
Silicio (Si)	20	7	8	6

Tabla 4.103: Resultado de análisis de aceite de caja de cambios de la unidad 51

Los resultados se encuentran dentro de los rangos de seguridad permitidos, ajustando a una recta de tendencia tenemos:

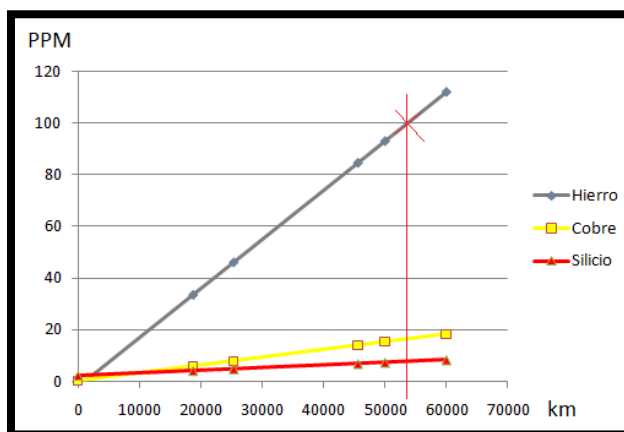


Figura 4.39: Tendencia de concentración de materiales en el aceite de la caja de cambios de la unidad 51

Se observa en la línea de tendencia que la concentración de hierro llegaría a las 100 ppm a los 54000 km, el silicio y el cobre se mantendrían dentro de un límite seguro. En función de estos resultados y manteniendo un margen de seguridad conservador se podría ampliar el intervalo de cambio a 45000 km.

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio del aceite del diferencial de la unidad 51 son:

INFORMACIÓN		1	2	3
km del Equipo:		230321	236921	211177
km del Lubricante:		18766	25366	45589
Fecha de la Muestra:		14/09/2011	21/11/2011	5/31/2011
RESULTADOS		LIMITE		
Viscosidad cSt @ 100°C	>27 - <34	28,14	29,02	29,39
Agua	POSITIVO	N	N	N
(% SATURACION)		LIMITE		
Oxidación	100%	2.00%	2.00%	4.00%
(ppm)		LIMITE		
Cobre (Cu)	40	1	1	1
Hierro (Fe)	150	131	172	247
Cromo (Cr)	10	1	1	2
Plomo (Pb)	40	0	2	3
Silicio (Si)	30	16	20	20

Tabla 4.104: Resultado de análisis de aceite del diferencial de la unidad 51

Se puede observar en estos resultados que existe una concentración elevada de hierro desde la primera muestra, y que ingresa en los límites de alarma a partir de la segunda muestra, sin tener contaminación de silicio y considerando que todos los demás valores se encuentran bien, se recomienda reducir el intervalo de cambio de aceite a 20000 km ya que se está presentando una concentración anormal de hierro por el uso extendido del aceite.

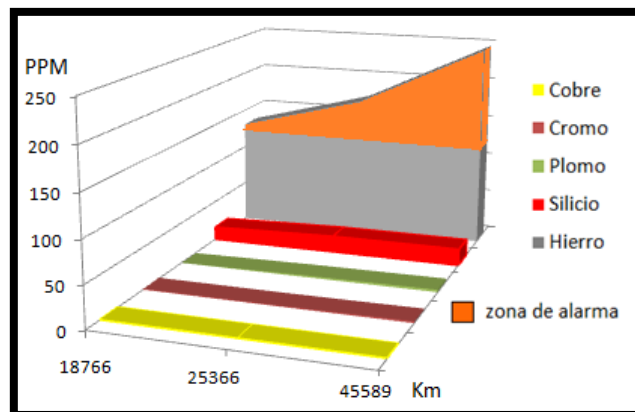


Figura 4.40: Valores de alarma en el diferencial de la unidad 51

4.1.23 Vehículos fuera de operación

En los vehículos detallados a continuación no se realizó el programa de muestro debido a varios factores, que se detallan a continuación:

Vehículo 1: Esta unidad estuvo detenida por varios meses debido a la falta de repuestos.



Figura 4.41: Unidad 1

Vehículo 2: Esta unidad estuvo detenida por varios meses debido a la falta de repuestos.



Figura 4.42: Unidad 2

Vehículo 8: Esta unidad funciona irregularmente, no se pudo realizar un seguimiento para muestrear los aceites.



Figura 4.43: Unidad 8

Vehículo 10: Esta unidad funciona irregularmente, no se pudo muestrear los aceites



Figura 4.44: Unidad 10

Vehículo 12: No se realizó un programa de muestreo de aceites en esta unidad debido a que la misma opera fuera de la planta.



Figura 4.45: Unidad 12

Vehículo 19: Esta unidad sufrió un desperfecto en el motor en el mes de agosto, anulando el seguimiento que se venía haciendo.



Figura 4.46: Unidad 19

Vehículo 20: Este vehículo estuvo detenido por fallas mecánicas por lo que no se pudo realizar un programa de muestreo.



Figura 4.47: Unidad 20

Vehículo 21: Este vehículo estuvo detenido por fallas mecánicas.



Figura 4.48: Unidad 21

Vehículo 33: La unidad 33 opera fuera de la planta, por lo que no se pudo realizar un programa de muestreo.



Figura 4.49: Unidad 33

Vehículo 36: La unidad 36 ha estado fuera de operación por varios meses.



Figura 4.50: Unidad 36

Vehículo 41: Esta unidad ha estado detenida por varios meses por problemas mecánicos.



Figura 4.51: Unidad 41

Vehículo 42: Esta unidad se detuvo por desperfectos mecánicos a mediados del año 2011.



Figura 4.52: Unidad 42

4.2 Resultados flota Volkswagen 31370

La flota en general muestra una tendencia de viscosidad baja del aceite de motor, en la siguiente gráfica se clasifican las muestras tomadas, tenemos:

ZONA			1	2	3	4	5	6
Vehículo	Kilometraje	Viscosidad	< 5000 km.		> 5000 y <5500 km.		>5500 km.	
			> 12 cSt	< 12 cSt	> 12 cSt	< 12 cSt	> 12 cSt	< 12 cSt
28	3031	12.75	12.75	11.89				
30	3138	12.75	12.75					
26	3150	13.12	13.12					
29	3374	12.58	12.58					
24	3413	12.89	12.89					
25	3422	12.52	12.52					
23	3573	13.37	13.37					
31	3631	13.66	13.66					
27	3671	13.00	13.00					
22	3716	11.89						
30	4279	13.00	13.00					
25	4516	12.42	12.42					
31	4675	13.34	13.34					
24	4716	13.01	13.01					
23	4755	11.92						
29	4936	12.46	12.46					
25	4960	11.90						
30	4982	12.87	12.87					
# muestras		18	15	3				
porcentaje parcial		56,25 %	46,87 %	9.38%				
26	5072	12.49			12.49	11.93		
27	5149	12.70			12.70			
22	5220	11.93						
29	5267	12.40			12.40			
28	5292	9.73						
22	5535	11.02						
# muestras		6			3	3		
porcentaje parcial		18,75 %			9.38 %	9.38 %		
30	5566	12.77					12.77	11.51
31	5593	11.51						
24	5606	11.24						11.24
26	5633	12.52					12.52	11.90
23	5682	11.90						
27	5790	12.66					12.66	11.88
26	6107	12.39					12.39	
23	6141	11.88						
# muestras		8					4	4
porcentaje parcial		25%					12,5 %	12,5 %
# muestras total								
porcentaje total								
# muestras total			32					
porcentaje total			100%					

Tabla 4.105: Clasificación de viscosidad de aceite de motor de la flota Volkswagen 31370.

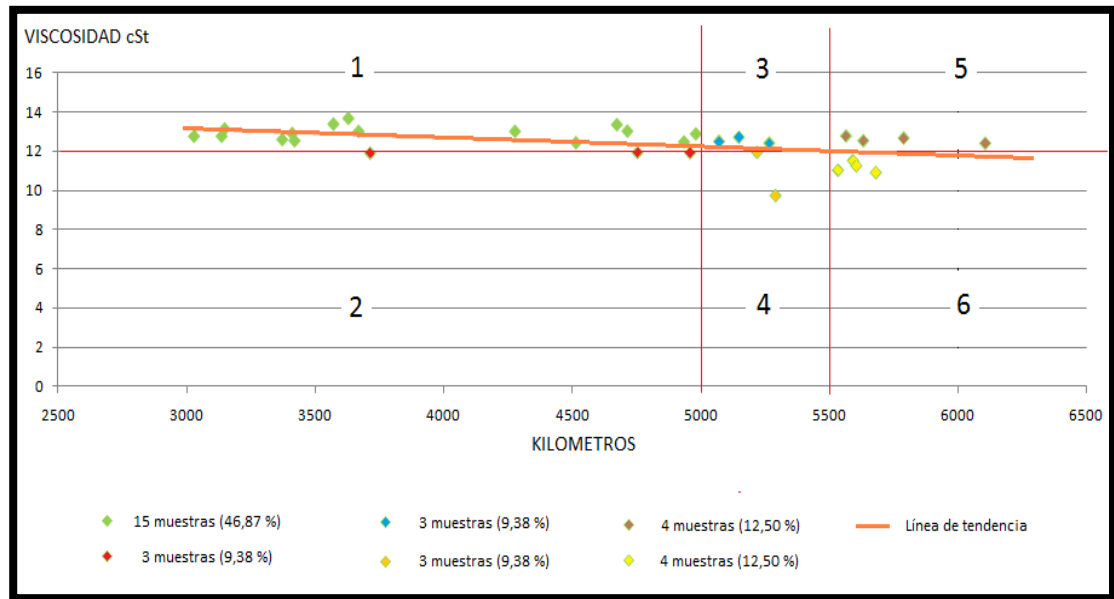


Figura 4.53: Viscosidad de aceite de motor de la flota Volkswagen 31370.

En la zona 1 de la figura se ubica el 46,87 % de las muestras que tienen valores apropiados de viscosidad por debajo de los 5000 km, las zonas 3 y 5 corresponden a las muestras que presentan viscosidad dentro de rango sobre los 5000 km y representan un 21,88% del total.

La zona 2 corresponde al 9,38 % de las muestras que tuvieron la viscosidad fuera de rango antes de los 5000 km. y en la zona 4 y 6 están las muestras que presentaron viscosidad disminuida después de los 5000 km.

En la siguiente gráfica, se presenta la línea de tendencia de viscosidad de la flota:

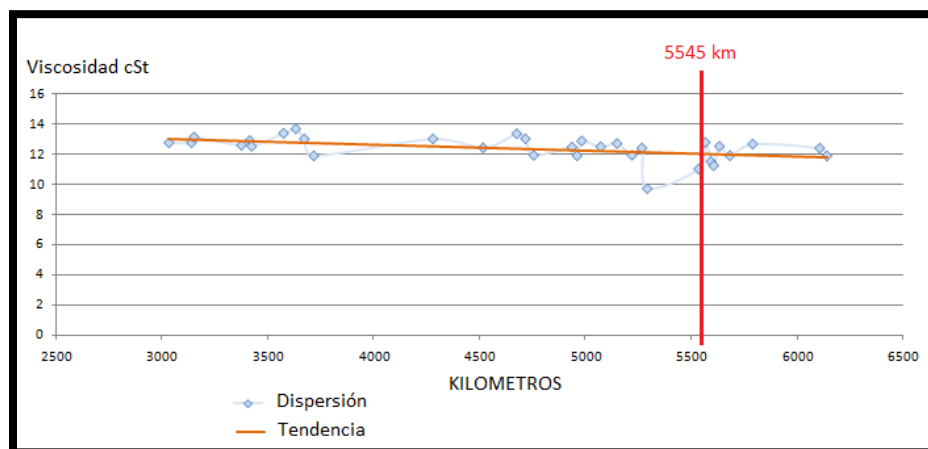


Figura 4.54: Tendencia de viscosidad de aceite de motor de la flota Volkswagen 31370.

Por medio de esta línea de tendencia ($[y = -0,0004x + 14,219]$, donde $[x]$ representa la línea de los kilómetros y $[y]$ la viscosidad), podemos identificar un valor donde la viscosidad de la flota baja de 12 cSt, siendo éste punto 5545 km., esto quiere decir que el aceite comienza a perder sus cualidades óptimas en este kilometraje, considerando que el intervalo de cambio de aceite actual es de 5000 km, se estaría extendiendo el uso de lubricante cerca de su máxima capacidad, el coeficiente de seguridad (η) sería:

$$\eta = \frac{5545}{5000} = 1,11$$

Por lo tanto solamente un 11 % es el margen de seguridad. Los fabricantes normalmente recomiendan intervalos de cambio de aceite manejando un coeficiente de seguridad $\eta = 3$ o más con la finalidad de asegurar que no se tienda a extender demasiado el uso del aceite y aumentar la confiabilidad de sus equipos, con esta consideración se recomienda aumentar el coeficiente de seguridad, considerando $\eta = 1,3$ tenemos:

$$\frac{5545}{1,3} = 4265,38$$

En conclusión, sería más seguro para la flota ajustar el intervalo de cambio de aceite de motor a un estándar de 4250 km.

En general los análisis de las cajas de cambios de la flota no han dado resultados óptimos, si bien los valores de viscosidad se mantienen dentro de rango en el total de los análisis, los parámetros críticos son las concentraciones elevadas de hierro y silicio, en algunos casos, sin existir mucho recorrido el aceite ya presenta niveles de desgaste fuera de rango, adicional a esto se han dado roturas completas del conjunto en algunos vehículos, lo que dificulta establecer un intervalo de cambio de apropiado.

En la siguiente tabla se clasifican las muestras según las concentraciones de hierro y silicio, tenemos:

Vehículo	kilometraje	hierro PPM		Silicio PPM	
		< 100	> 100	< 20	> 20
25	12591	80			29
31	14739		139	3	
23	17193	76			28
28	17607	33			29
25	18499	86			25
22	18674		112		53
26	19722	62		11	
30	19859		144	7	
24	20410	80			27
23	23369	51			23
31	23553		153	12	
28	23637	93			49
25	24371	94			24
22	24394		112		56
26	24437		102	19	
24	25646	59		16	
23	26553	71		17	
27	26960	54		13	
22	29816		120		58
26	31025		120		70
24	31160	80		18	
# muestras		13	8	9	12
Porcentaje		61,90 %	38,10 %	42,85 %	57,15 %

Tabla 4.106: Clasificación de muestras de aceite de caja de cambios de la flota Volkswagen 31370.

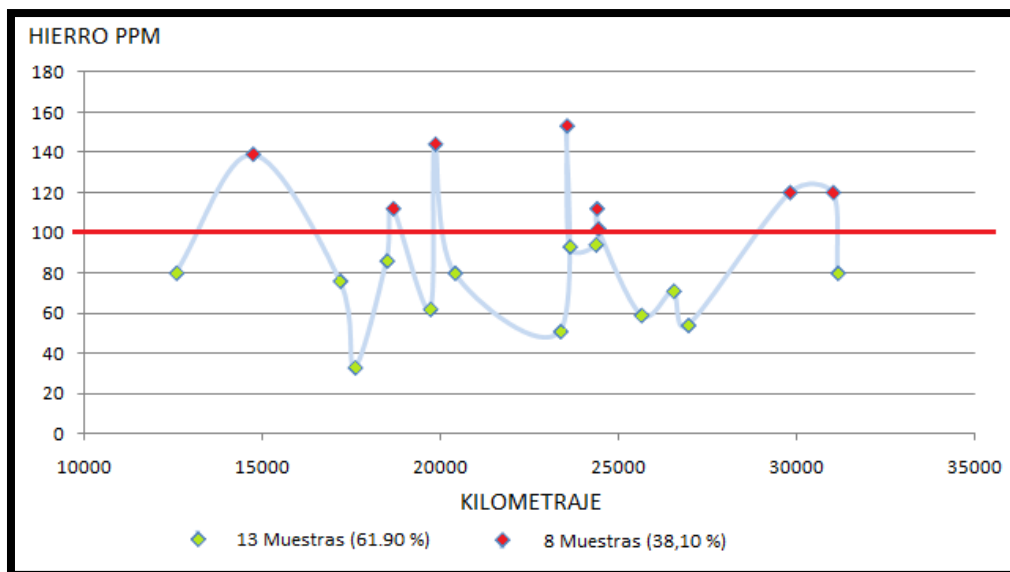


Figura 4.55: Concentración de hierro en aceite de caja de cambios de la flota Volkswagen 31370.

Podemos observar que existe un número elevado de muestras con concentración de hierro fuera de rango, representan el 38,10 % del muestreo.

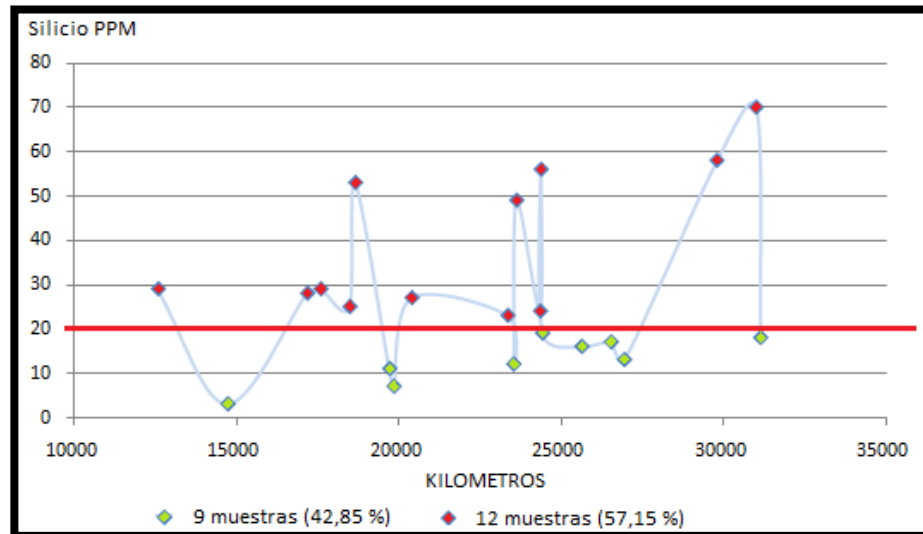


Figura 4.56: Concentración de silicio en aceite de caja de cambios de la flota Volkswagen 31370.

Las muestras con concentración de silicio fuera de rango representan el 57,15 % del muestreo, por lo que se entiende existe una tendencia elevada de ingreso de silicio en los conjuntos.

Los análisis de aceite de diferenciales de la flota muestran los siguientes datos:

Vehículos	Kilómetros	Hierro PPM		Silicio PPM	
		< 150	> 150	< 30	> 30
30 da	11278	56		12	
30 dp	11278	22		7	
31 da	14739		154		35
31 dp	14739		155		33
24 da	15361	56		9	
24 dp	15361	56		10	
29 da	15905	39		8	
29 dp	15905	128		17	
23 da	16410	70		12	
23 dp	16410	54		8	
30 da	16650	74		14	
30 dp	16650	34		9	
28 da	17164	104		8	
28 dp	17164	101		25	
25 da	18115	55		24	
25 dp	18115	35		9	
26 da	18172	53		16	
26 dp	18172	95		23	
27 da	18411	53		16	
27 dp	18411	52		12	
22 da	18674	99		14	
22 dp	18674	72		11	
29 da	23530	68		14	
29 dp	23530	129		14	
31 da	23553	124			45
31 dp	23553		166		51
24 da	24069	81		20	
24 dp	24069	78		14	
22 da	24394	97		22	
22 dp	24394	77		30	
26 da	24437	73		12	

26 dp	24437	109		19	
23 da	24577	59		8	
23 dp	24577	69		10	
28 da	25965	110		15	
28 dp	25965	104		23	
30 da	26364	84		9	
30 dp	26364	101		25	
25 da	26660	58		24	
25 dp	26660	39		22	
27 da	26960	116		21	
27 dp	26960	84		10	
29 da	27885	74		22	
29 dp	27885	135		22	
28 da	29955	100		6	
28 dp	29955	97		20	
22 da	29816	100		22	
22 dp	29816	89			38
23 da	30645	85		9	
23 dp	30645	92		6	
26 da	31200	79		23	
26 dp	31200	117		24	
27 da	31324	131		20	
27 dp	31324	104		15	
25 da	34230	64		29	
25 dp	34230	55		30	
24 da	34819	95		16	
24 dp	34819	94		9	
# muestras		55	3	53	5
Porcentaje		94,82 %	5,18 %	91,37 %	8,63 %

Tabla 4.107: Clasificación de muestras de aceite de diferencial de la flota Volkswagen 31370.

Se observa que son muy pocos los resultados de concentraciones fuera de rango, esto indica que en general se tiene un buen desempeño del aceite, se observa:

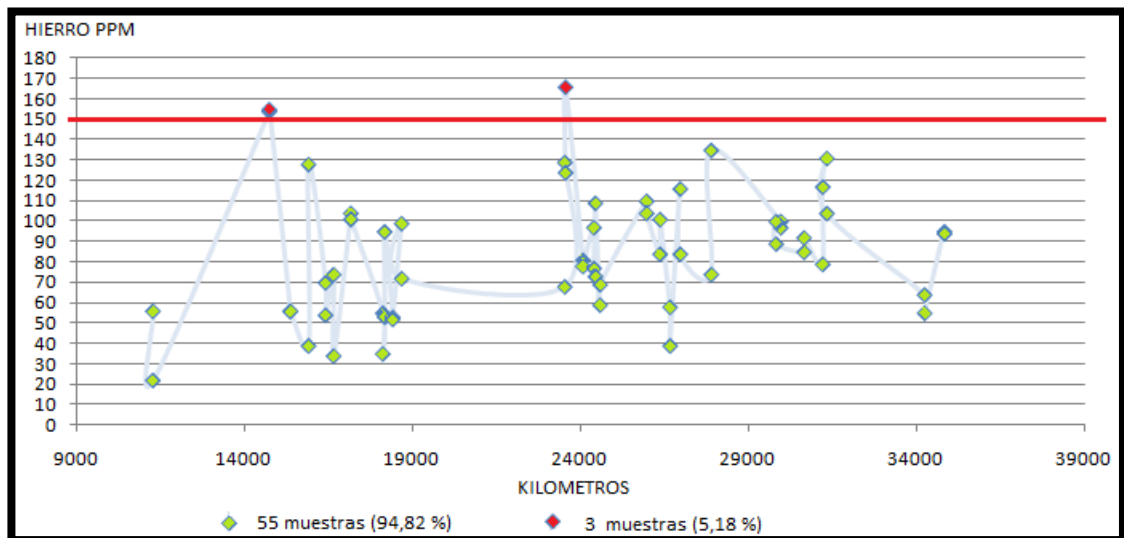


Figura 4.57: Concentración de hierro en aceite de diferencial de la flota Volkswagen 31370.

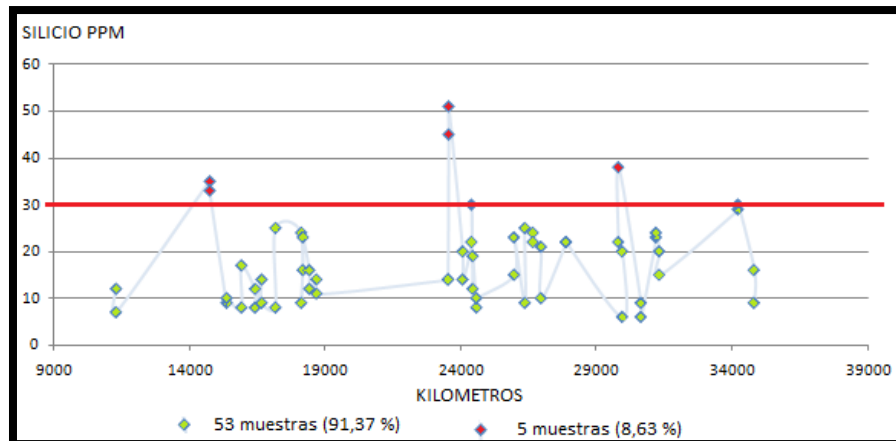


Figura 4.58: Concentración de silicio en aceite de diferencial de la flota Volkswagen 31370.

En las Figuras 4.54 y 4.55 observamos que el porcentaje de muestras con concentraciones de hierro fuera de rango corresponden a tan solo al 5,18 %, y las de silicio al 8,63 % de su total respectivo.

En la siguiente tabla se muestran los kilometrajes máximos proyectados para uso del aceite de diferencial de cada vehículo, con sus respectivos valores de hierro y silicio, esta información se obtuvo en el numeral 4.1, tenemos:

Vehículo	km proyectado	Hierro	Silicio
22 ANTERIOR	40000	130	50
22 POSTERIOR	39175	150	30
23 ANTERIOR	55000	150	18
23 POSTERIOR	51500	150	10
24 ANTERIOR	51500	150	28
24 POSTERIOR	53500	150	18
25 ANTERIOR	50000	100	42
25 POSTERIOR	50000	80	43
26 ANTERIOR	55000	150	40
26 POSTERIOR	36500	150	30
27 ANTERIOR	37500	150	20
27 POSTERIOR	45000	150	20
28 ANTERIOR	38300	150	12
28 POSTERIOR	40500	150	30
29 ANTERIOR	55000	150	40
29 POSTERIOR	27000	150	20
30 ANTERIOR	44000	150	14
30 POSTERIOR	40500	150	39
MEDIA	44998,61	142,22	28

Tabla 4.108: Proyección de kilometraje máximo en función del hierro y silicio máximo para diferenciales de la flota Volkswagen 31370.

La unidad 31 se excluyó de la tabla porque no se tiene una proyección para ese vehículo, en la siguiente figura se grafican los valores proyectados y la media:

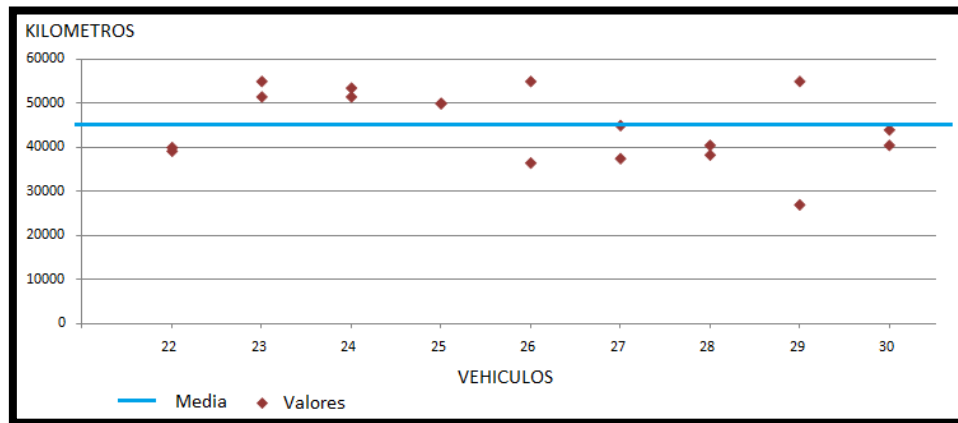


Figura 4.59: Media de kilometrajes proyectados por aceite de diferencial de la flota Volkswagen 31370.

En la siguiente figura de igual forma se grafican los valores proyectados de hierro y silicio, tenemos:

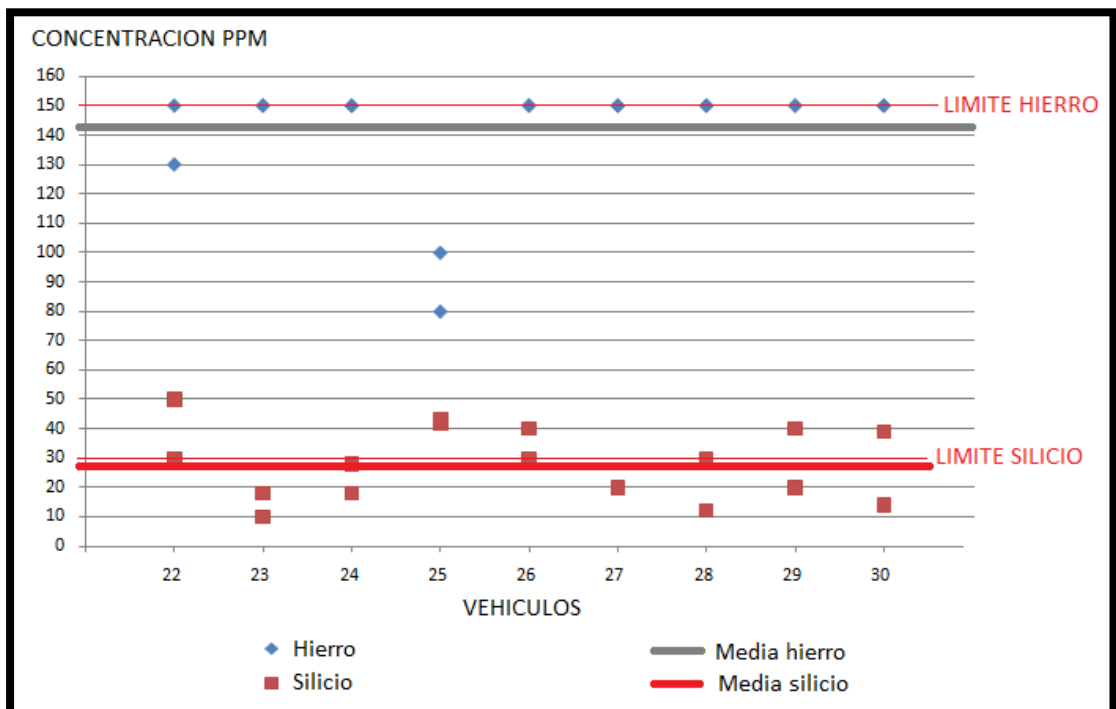


Figura 4.60: Proyección de concentración máxima de hierro y silicio en aceite de motor de la flota Sterling.

En conclusión, el kilometraje medio proyectado para cambio de aceite es 45000 km., teniendo un valor promedio aproximado de 142 ppm de hierro y 28 ppm de silicio. Considerando que el intervalo de cambio actual es de 40000 km, el coeficiente de seguridad (η) sería:

$$\eta = \frac{45000}{40000} = 1,12$$

Se tiene un 12 % de margen de seguridad, teniendo presente esto y los buenos resultados que se han dado en los análisis (Figuras 4.54 y 4.55) es viable aumentar el intervalo de cambio de aceite de diferencial a 45000 km.

4.3 Resultados flota Sterling

Esta flota presenta una buena tendencia en la viscosidad, el 100% de los resultados están dentro de rango, se observa en la siguiente figura:

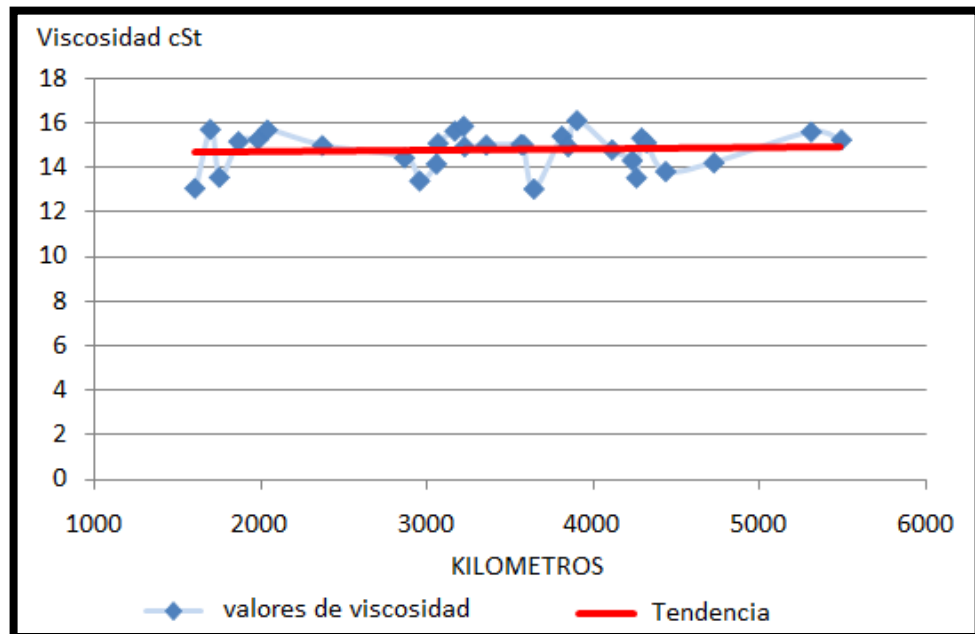


Figura 4.61: Promedio de viscosidad de aceite de motor de la flota Sterling.

Como la tendencia de la viscosidad se mantiene en rangos apropiados, alrededor de 15 cSt. Considerando que la concentración de materiales de desgaste mantiene un porcentaje bajo en los análisis, el aceite llegaría a su punto de condensación en función de la saturación: sea por hollín, sulfatación u oxidación, ajustando todos los de la flota valores a una curva tenemos la siguiente proyección:

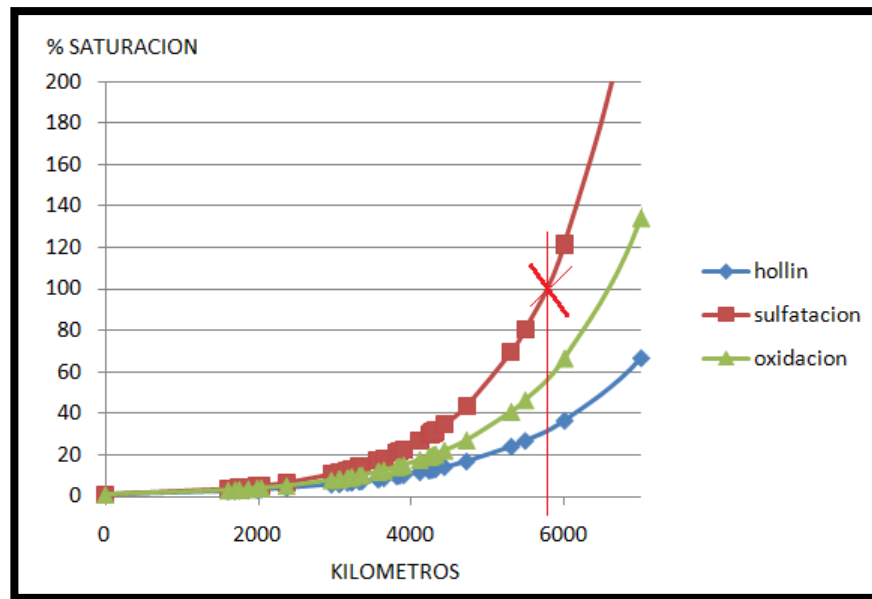


Figura 4.62: Tendencia de saturación de aceite de motor de la flota Sterling.

Se observa que en promedio el aceite de motor podría extenderse hasta 5750 km. para toda la flota ya que en este punto la sulfatación alcanzaría el límite permitido (100 %), es decir, existiría un desgaste total del aceite base y los aditivos. Teniendo presente que el intervalo actual de cambio de aceite de motor de la flota Sterling es a los 3000 km de uso del aceite, tenemos que el coeficiente de seguridad (η) es:

$$\eta = \frac{5750}{3000} = 1,91$$

Considerando los resultados óptimos que se han obtenido en los análisis, podría ajustarse el coeficiente de seguridad $\eta = 1,3$, así tenemos:

$$\frac{5750}{1,3} = 4423,07$$

Por lo tanto se puede ajustar el estándar de cambio de aceite de motor de la flota Sterling a 4500 km.

Los análisis realizados en los aceites de transmisión (caja de cambios y diferenciales) de la flota Sterling no han presentado buenos resultados, se entiende que los conjuntos no están operando en buenas condiciones dadas las condiciones

particulares equipos descritas en el numeral 4.1, como son: fugas de aceite, concentraciones elevadas de materiales de desgaste, limitaciones durante el muestreo porque los vehículos estaban en el taller, etc. Este manifiesto se aprecia mejor en la siguiente tabla:

VEHÍCULO	CAJA DE CAMBIOS	DIFERENCIAL
37	Estado bueno, mantener intervalo de cambio de aceite	Fugas de aceite y concentraciones elevadas de materiales de desgaste
38	Fugas de aceite y concentraciones elevadas de materiales de desgaste	Fugas de aceite
39	Estado bueno, mantener intervalo de cambio de aceite	Fugas de aceite y concentraciones elevadas de materiales de desgaste
40	Limitaciones en el muestreo, vehículo parado por fallas	Limitaciones en el muestreo, vehículo parado por fallas
43	Estado bueno, extender intervalo de cambio de aceite (25000 km.)	Concentraciones elevadas de materiales de desgaste, fallas en la corona
44	Fugas de aceite	Concentraciones elevadas de materiales de desgaste
45	Fugas de aceite y concentraciones elevadas de materiales de desgaste	Concentraciones elevadas de materiales de desgaste

Tabla 4.109: Estado de los conjuntos de transmisión de la flota Sterling.

Se observa que solamente las cajas de cambios de los vehículos 37, 39 y 43 operan regularmente, se recomienda seguir las recomendaciones particulares de estos conjuntos. No se puede establecer un estándar de cambio de aceite para la flota.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considero que el presente trabajo realizado es una importante contribución para la empresa EMAC EP y que en el desarrollo se ha manejado la información de una manera confiable y veráz, en función de los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. La flota de vehículos Volkswagen 31370 presenta un descenso general en la viscosidad de motor, considerando que no existen datos obvios como exceso de sulfatación o contaminación, se concluye que este efecto es producto de una dilución del aceite por diesel en pequeñas cantidades, que obedece probablemente a las condiciones de trabajo de los equipos: largos períodos de funcionamiento en ralentí, y por arranques y paradas continuas. Se recomienda reducir el intervalo de cambio de aceite de motor de la flota a un estándar de 4250 km.
2. Para las cajas de cambios de la flota Volkswagen 31370, se recomienda cambiar el aceite de la flota y reiniciar un programa de muestreo, ya que durante el periodo de toma de muestras del presente trabajo los equipos estuvieron sujetos a trabajos de mantenimiento de forma frecuente, por lo que los resultados fueron erróneos, escasos y sin una tendencia específica.
3. Los análisis demuestran que sí habría como extender el intervalo de cambio de aceite para las coronas de los vehículos Volkswagen 31370 hasta 45000 km., además se constata que la mayoría de los conjuntos están trabajando en buenas condiciones.
4. Para los vehículos Sterling se hizo constancia de que sí sería posible incrementar el intervalo de cambio de aceite de motor hasta 4500 km. manteniendo un margen de seguridad alto. Al contrario, los análisis de aceite muestran que los conjuntos de transmisión de la flota no se encuentra en buenas condición, por esto se recomienda realizar un mantenimiento correctivo general y reiniciar un programa de análisis de aceites.

5. Se recomienda aplicar y dar seguimiento permanente a las recomendaciones planteadas individualmente para los vehículos que no pertenecen a una flota establecida.
6. En la empresa EMAC EP, la información de consumo de lubricantes e historial de trabajos de mantenimiento es limitada y no muy precisa, se recomienda optimizar el acceso a ésta información para facilitar la ejecución de futuros programas de muestreo.
7. Se recomienda capacitar a todo el personal involucrado en la planta (técnicos, conductores, administración, etc.) sobre la importancia de la lubricación en los vehículos y además establecer una política de mejora continua en la logística de mantenimiento.
8. La principal ventaja de los análisis de aceite como herramienta del mantenimiento preventivo es la capacidad de identificar anticipadamente una condición de alarma en los conjuntos, sin embargo, si solamente se conoce la situación y no se toman medidas correctivas, no se obtiene mayores beneficios. Tomando como ejemplo la caja de cambios de la unidad 30, el resultado del único análisis realizado presentaba valores de alarma, situación que desencadenó en una rotura de la caja, si se hubiera tomado medidas a tiempo los costos de la reparación habrían sido mucho menores de lo que fueron. En función de esto se recomienda a la administración la implementación de un programa proactivo de monitoreo y mejoramiento continuo en el programa de lubricación, lo que permitirá ir ajustando periódicamente los intervalos de uso de lubricantes de acuerdo a las condiciones de la maquinaria, y principalmente, mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
9. Es evidente que existe un ahorro significativo al acceder a los análisis de aceite gratuitamente por ser un servicio post venta que ofrece el proveedor, por lo tanto la implantación de un programa de mantenimiento proactivo requeriría una inversión menor, considerando únicamente como gasto el sueldo del personal y la inversión necesaria para la capacitación e implementación de la normativa del programa.

BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas

- **BUDYNAS, R; NISBETT K.** Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, octava edición, México, 2008.
- **HERMOGENES, G.** Manual del Automóvil reparación y mantenimiento, España, Editorial Cultural, S.a., 2002.
- **GERSCHLER, H.** Tecnología del automóvil tomo 2, 20va edición, España, Editorial Reverté, 2001.
- **GISPERT, C.** Estadística enciclopedia didáctica Océano, 1 edición, Barcelona, 2001.
- **Manual Técnico Valvoline**, Lubrival S.A., Guayaquil, 2011.
- **Productos de mantenimiento y lubricación SKF.** Mindrecht, 2003
- **TOALONGO, M.** Métodos y Técnicas de Investigación, Ecuador, 2004.
- **TORMOS, B.** diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado. España, Editorial Reverté, 2005.
- **VARGAS, J.** Guía práctica de mecánica automotriz, Colombia, Editorial Intermedio, 2003.
- **VENTURA, J.** Bases lubricantes, 2011.
- **VERA, G.** Manual de producción más limpia para mecánicas automotrices y lubricadoras. Quito, 2005.

Referencias electrónicas

- **Boston Lubricantes**, Lubricantes de engranajes para caja y diferencial. <<http://www.bostonlubricantes.com/info03.htm>>.
- **CAL (Cámara Argentina de Lubricantes)**, Clasificación de los Lubricantes, <<http://www.cal.org.ar/clasificacion.pdf>>.
- **Cámara Argentina de Lubricantes**, Clasificación de lubricantes, <http://www.cal.org.ar/system/contenido.php?id_cat=8>, Argentina, 2011.
- **Clasificación API para motores Diesel**, <http://www.cal.org.ar/system/contenido.php?id_cat=8>, Argentina, 2001.

- **CEPSA (Compañía Española de Petróleo S.A.)**, Glosario de lubricación, <http://www.cepsa.com/cepsa/Que_ofrecemos/Lubricantes/Glosario_de_lubricacion/>, España, 2010.
- **Exfako**, Consejos Técnicos, <http://taho.servidoraweb.net/exfakoc/consejos_tecnicos.html>.
- **Exxon Mobil**, Esteban Echeverria, Indice de Viscosidad, <[http://taho.servidoraweb.net/~exfakoc/Consejo-093-Indice deVicosidad.pdf](http://taho.servidoraweb.net/~exfakoc/Consejo-093-Indice_deVicosidad.pdf)>. Argentina, 2009.
- **Instituto Ecuatoriano de Normalización**, reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 014:2006 para aceites lubricantes <www.inen.gov.ec>, Ecuador, 2011
- **Machinery Lubrication**, interpretación sistemática del análisis de aceite, <http://www.machinerylubrication.com/sp/ed_dicene_2007_Interpretacionsis_tematicadelanalisisdeaceite.asp>, 2006.
- **Motul Lubricantes**, fichas técnicas, <http://www.motul-lubricantes.com/eftm/fichas_tecnicas.htm>, octubre 2008.
- **Oilven**, Clasificación de viscosidades SAE para engranajes automotrices, <http://www.oilven.com/tables/5_48.pdf>, Venezuela, 2011.
- **PÉREZ, J.** Los aceites lubricantes, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:j8jKW_yzbr4J:www.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/21/aceites_lubricantes>España 2009.
- **Siero's Valley**, Aceites lubricantes aplicación de aditivos, <<http://members.fortunecity.es/100pies/Lubricantes/lubricantes4.htm>>, España, 2007.
- **SKF Lubricantes**, aceites sintéticos, <<http://es.scribd.com/doc/6615453/SKF-Lubricantes>>.
- **Widman international SRL**, <<http://www.widman.biz/>>, Bolivia, marzo 2009.
- **World Climate**, promedio de precipitaciones. <<http://www.worldclimate.com/cgi-bin/data.pl?ref=S02W078+2100+84239W>>, 2011.

ANEXO A

MODELO DE INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



PROGRESSIVE OIL SAMPLE TESTING

Prueba Progresiva de Muestra de Aceite

Informe del cliente

Maquinaria No.	22
Serie	22 M
Marca	Desconocida
Modelo	
Compartimento	Motor
Fecha Proceso	13-12-2011
Evaluación	REPORTABLE

Código Cliente	500440
Nombre Cliente	EMAC
Dirección	

Lab. No.	Desgaste/Metales en p.p.m.					Condiciones de aceite					Marca (Tipo/Aceite)	Hrmt.	Aceite	Fe. Muestra	
4156	CU	FE	CR	PB	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VISC	VALVODIESEL SAE 15W40	75918	5535	20-10-2011
	4	36	1	0	3	0%	0%	7%	N	N	11.02				
NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. VISCOSIDAD DEL ACEITE HA DISMINUIDO LIGERAMENTE. TOME OTRA MUESTRA PARA COMPARAR RESULTADOS Y TENDENCIAS.															
2597	CU	FE	CR	PB	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VISC	VALVODIESEL SAE 15W40	60796	5220	07-06-2011
	1	3	0	0	0	3%	7%	3%	N	N	11.93				
NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. VISCOSIDAD DEL ACEITE HA DISMINUIDO LIGERAMENTE. TOME OTRA MUESTRA PARA COMPARAR RESULTADOS.															
2043	CU	FE	CR	PB	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VISC	VALVODIESEL 15W40	59292	3716	27-05-2011
	1	6	0	2	4	0%	0%	0%	N	N	11.89				
LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. VISCOSIDAD LIGERAMENTE BAJA. ACEITE EN BUENAS CONDICIONES.															

AL = ALUMINIO PB = PLOMO OX = OXIDACION CMB = COMBUSTIBLE

CR = CROMO SI = SILICIO P = POSITIVO ANT = ANTICONGELANTE

CU = COBRE H = HELLIN N = NEGATIVO

FE = HIERRO AZU = AZUFRE H2O = AGUA



Gusmo Norte Av. Galo Lasso y calle Pública

P.B.X. 2484550 – 2480980

Fax 2484803

NOTA: La confiabilidad de los resultados de este reporte dependen de la forma de toma de la muestra, la cantidad necesaria y la correcta información escrita en la etiqueta. Este análisis sirve para detectar desgastes mecánicos del sistema a analizar, no debe entenderse como garantía de que no ocurrirá alguna falla del equipo o sus componentes.