



Universidad
Nacional de
Ingeniería

Facultad de Tecnología de la Industria

Análisis del lubricante marca PEACK SAE 15W40 API CI-4 PLUS utilizado en una flota de camiones con motores Diesel DETROIT SERIE 60

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Elaborado por:

Br. Inti Atahualpa
Alcocer Pastora
Carnet: 2015-0010E

Br. Mario José
Hernández Castillo
Carnet: 2015-0616U

Br. Wilber Adolfo
Quintero Bello
Carnet: 2015-0977U

Tutor:

Ing. Wilmer José
Ramírez Velásquez

28 de October de 2024
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

A Dios que nos guio por este camino, nos brindó sabiduría y salud para culminar nuestros estudios universitarios, a nuestros padres por su apoyo en todo durante nuestra carrera, tanto como económico y emocional, a nuestros familiares por su apoyo incondicional y nuestros profesores que fueron una gran guía.

INDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	1
2	OBJETIVO GENERAL	2
3	OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
4	MARCO TEORICO	3
4.1	LUBRICANTES	3
4.1.1	Definición de Lubricantes	3
4.1.2	Definición de Tribología	3
4.1.3	Tribología en motores Diesel	3
4.2	REQUERIMIENTOS DE LUBRICACIÓN EN MOTORES DIÉSEL	4
4.3	FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES	11
4.3.1	Lubricación	11
4.3.2	Refrigeración	11
4.3.3	Protección contra la corrosión	11
4.3.4	Mantenimiento de la limpieza	11
4.3.5	Sellado	12
4.4	CARACTERISTICAS DE LOS LUBRICANTES	12
4.4.1	Viscosidad	12
4.4.2	Índice de viscosidad	12
4.4.3	Flujo a baja temperatura / Punto de Fluidez	14
4.4.4	T.B.N.	14
4.4.5	Viscosidad de Alta Temperatura/Alto Corte	14
4.4.6	Ceniza Sulfatada y Número de Base Total	15
4.5	PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES	15
4.5.1	Estabilidad térmica	15
4.5.2	Estabilidad química	15
4.5.3	Transferencia de calor	16
4.5.4	Corrosividad	16
4.5.5	Demulsificación	17
4.5.6	Inflamabilidad	18
4.5.7	Compatibilidad	18
4.6	CLASIFICACION DE LOS LUBRICANTES	19
4.6.1	Clasificación de la Viscosidad	19
4.6.2	Grados de Invierno y Grados de Verano	19

4.6.3	Aceites Monogrados y Multigrados	20
4.7	COMPOSICION DE LOS LUBRICANTES	20
4.7.1	Aceites bases y aditivos	20
4.7.2	Aceites bases.....	21
4.8	ADITIVOS	23
4.8.1	Aditivos que modifican el desempeño de un lubricante.....	23
4.8.2	Aditivos que protegen el lubricante	24
4.8.3	Aditivos que protegen la superficie lubricada.....	27
4.9	CALIDAD DE LOS LUBRICANTES PARA MOTORES DIESEL.....	29
4.9.1	API:	30
4.9.2	Categorías de servicio para motores Diésel.....	30
4.9.3	Desempeño de los lubricantes para motores Diésel	31
4.10	CONSTANTE DIELÉCTRICA DEL LUBRICANTE.....	31
4.11	LA FILTRACIÓN: FILTROS Y DEPURADORAS.....	32
4.11.1	La filtración del aire	32
4.11.2	La filtración del aceite	36
4.11.3	La filtración del combustible	36
4.12	LA CONTAMINACIÓN DEL LUBRICANTE.....	37
4.12.1	Efectos sobre la viscosidad.....	38
4.12.2	Problemática asociada a la contaminación con silicio	39
4.12.3	Efectos del agua sobre el lubricante.....	40
4.12.4	Dilución	42
4.12.5	Insolubles y materia carbonosa	43
4.12.6	Contaminación por glicol.....	45
5	DISEÑO METODOLOGICO	47
5.1	ENFOQUE DE INVESTIGACION	47
5.2	TIPO DE INVESTIGACION	47
5.3	UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	47
5.4	MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	48
5.5	TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS.....	48
6	DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO	49
6.1	INTERPRETACION DE ANALISIS.....	49
6.2	DESGASTE DE METALES EN MOTORES DIESEL.....	50
6.3	SKF TEMH1	51

6.4	FICHA TECNICA PEAK PERFORMANCE 15W40 CI-4 PLUS HEAVY DUTY MOTOR OIL	
		52
6.5	DETROIT	54
6.5.1	Requisitos del Aceite Lubricante	54
6.5.2	Propiedades Típicas	55
6.5.3	Intervalos de Drenado de Aceite	56
6.5.4	Análisis de Lubricante Usado	58
6.5.5	Filtración	59
6.5.6	Filtros de Combustible y de Aceite Lubricante	59
6.5.7	Requisitos mínimos de filtro de aceite y filtro de combustible:	61
6.6	FICHA TÉCNICA DIÉSEL CENTRO AMÉRICA	62
6.7	COMPARATIVA DEL LUBRICANTE UTILIZADO VS LO RECOMENDADO POR DETROIT	
		64
6.8	ANALISIS DE DEGRADACION	65
6.9	ANALISIS DE LABORATORIO	67
6.9.1	CABEZAL 10	67
6.9.2	CABEZAL 11	68
6.9.3	MIXER 04	69
6.9.4	MIXER 08	70
6.9.5	MIXER 12	71
6.9.6	MIXER 14	72
6.9.7	MIXER 16	73
6.9.8	MIXER 26	74
6.9.9	MIXER 30	75
6.10	INTERPRETACION DE ANALISIS	76
6.11	Cabezal 10	76
6.12	Cabezal 11	78
6.13	Mixer 4	79
6.14	Mixer 8	81
6.15	Mixer 12	83
6.16	Mixer 14	84
6.17	Mixer 16	85
6.18	Mixer 26	87
6.19	Mixer 30	88

6.20	MATRIZ DE FALLAS	89
7	CONCLUSIONES.....	90
8	RECOMENDACIONES	91
9	BIBLIOGRAFIA.....	92
10	CRONOGRAMA DE EJECUCION	93

1 INTRODUCCION

En el presente trabajo se realizó un análisis de degradación y análisis de laboratorio del lubricante usado, como herramienta de diagnóstico predictivo, a los equipos de maquinaria pesada con motores Detroit Serie 60 utilizados por la empresa Concretos y Mas, ubicada en Managua.

Los análisis de lubricantes son fundamentales para determinar el deterioro del mismo, la presencia de contaminantes y partículas de desgaste, sean de origen externo o producto de la combustión misma. La contaminación puede ser permisible o crítica y los efectos de estos contaminantes pueden llevar a una considerable merma de la vida útil del motor o bien una falla crítica inesperada.

El objetivo es anticipar las fallas en los equipos mediante la implementación de un programa de mantenimiento predictivo, que nos permita tener un control de contaminación en sus unidades y de esta manera aumentar la vida útil de los equipos, así como disminuir costos de reparación y aumentar su disponibilidad.

Para la presente investigación se establecen los siguientes pasos: identificación de los equipos con motores Detroit Serie 60, realizar muestreo del lubricante usado a fin de realizar análisis de degradación del lubricante mediante el equipo de diagnóstico SKF TEMH1 y posterior análisis de laboratorio. El reporte generado por el laboratorio nos permitirá determinar el estado actual de los motores en términos de elementos contaminantes presentes en el lubricante, para proceder a recomendar las correcciones necesarias. De esta manera evitamos una merma de la vida útil del motor, así como altos costos de reparación por fallas críticas o paros no programados.

2 OBJETIVO GENERAL

Analizar la degradación del lubricante marca Peak, SAE 15W40, API CI-4 Plus utilizado en una flota de camiones con motores diésel, Marca Detroit Serie 60 de la empresa Concreto y Mas.

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer las especificaciones técnicas del lubricante marca Peak, SAE 15W40, API CI-4 Plus
- Analizar la degradación y las propiedades del lubricante mediante el equipo SKF TEMH1 y análisis de laboratorio.
- Analizar los resultados del laboratorio.

4 MARCO TEORICO

4.1 LUBRICANTES

4.1.1 Definición de Lubricantes

Son sustancias líquidas, gaseosas, sólidas o semisólidas de origen animal, vegetal, mineral o sintético, que se utiliza para reducir la fricción y el desgaste entre piezas y mecanismos en movimiento.

4.1.2 Definición de Tribología

La tribología es la ciencia que estudia la interacción de superficies en movimiento y los fenómenos relacionados. Es considerada una ciencia interdisciplinaria puesto que comprende temas como materiales, fricción, desgaste, lubricación, diseño, mantenimiento, entre otras.

4.1.3 Tribología en motores Diesel

Según (TORMOS, 2005, pág. 7) La lubricación tiene por finalidad la reducción de la fricción entre dos superficies que se encuentran en movimiento y contacto entre sí. Reduciendo la fricción también se reduce el desgaste de las piezas y aumentamos la vida útil de las mismas. Los lubricantes tienen como objetivo principal disminuir la fricción y el desgaste, pero también cumplen con otras funciones, tales como: Reducir el consumo de energía, eliminar el calor generado, proteger contra la herrumbre y la corrosión, así como contribuir al arrastre de los contaminantes.

La fricción entre dos cuerpos sin lubricación provoca la adhesión y deformación de los mismos, por tal razón, la principal exigencia de la lubricación es reducir las fuerzas de cizallamiento en las uniones que se forman entre las asperezas de las superficies.

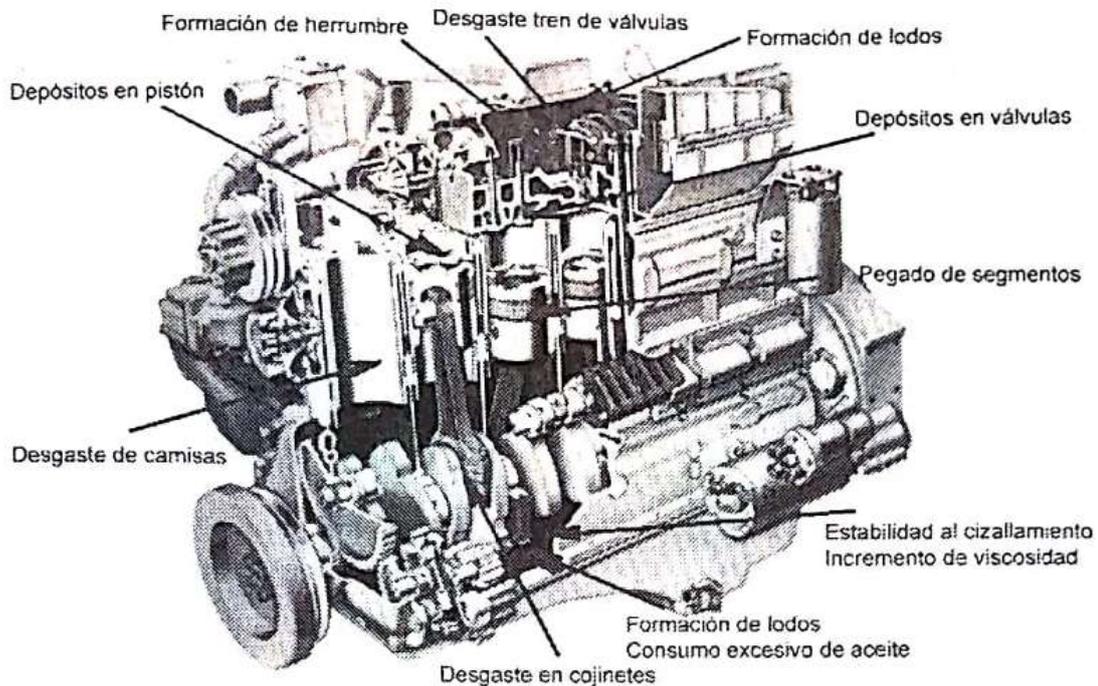
El material interpuesto entre las asperezas puede estar en diferentes fases: sólido, líquido o gaseoso. Cuando el material está en estado sólido nos encontramos con la llamada lubricación sólida, en los otros casos se denomina lubricación fluida. Esta última es el método más empleado actualmente y se caracteriza por el reemplazamiento de la fricción adhesiva por la fricción viscosa originada por la fuerza necesaria para cizallar el fluido.

4.2 REQUERIMIENTOS DE LUBRICACIÓN EN MOTORES DIÉSEL

Según (TORMOS, 2005, pág. 8) En los motores de combustión interna, donde el combustible es quemado a lo interno del motor, la lubricación se ve enormemente dificultada debido a los fenómenos adicionales y más exigentes a los que se debe enfrentar, altas temperaturas, productos de la combustión y residuos que pueden contaminar el lubricante, altos esfuerzos de cizalladura, etc.

El tipo y calidad del combustible utilizado, así como el tipo de ciclo de motor van a ser parámetros importantes en la lubricación. Las altas temperaturas a las que se verá sometido el lubricante en este tipo de motores es la característica básica que diferenciará la lubricación de estos equipos frente a otro tipo de maquinaria o motores de combustión externa. En la figura1 se presentan los problemas clave asociados a la lubricación en un típico motor de combustión interna.

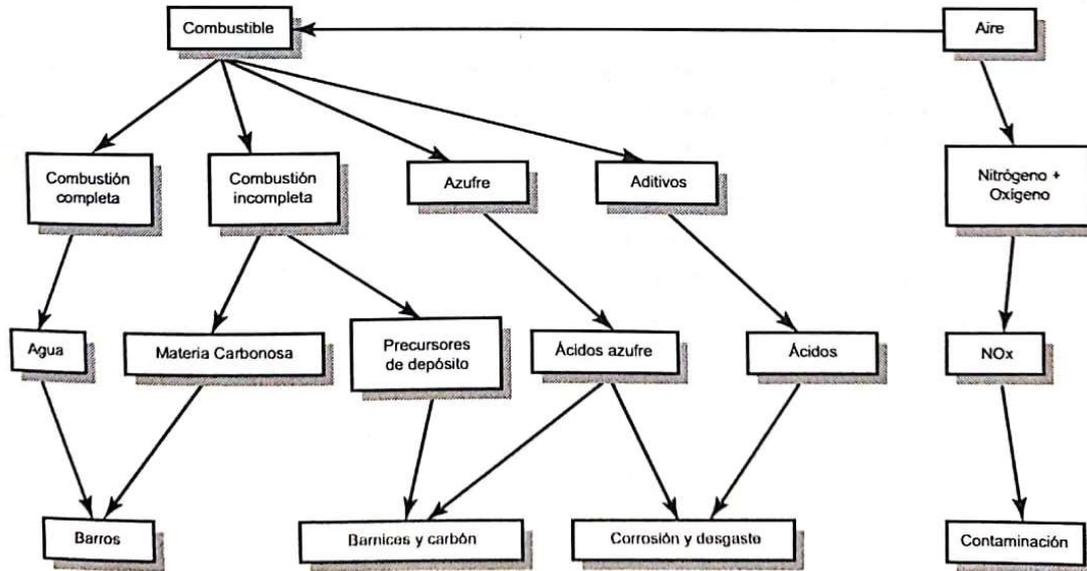
Figura 1 *Requerimientos sobre el lubricante en motores de combustión interna*



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 9)

El grado de refinado de los combustibles, la presencia de impurezas o de aditivos beneficiosos son parámetros importantes con relación a cómo va a quemar el combustible y por ende el efecto que va a tener sobre el lubricante. La mayor parte de los productos de la combustión son evacuados a la atmósfera vía el sistema de escape, pero una significativa proporción de los mismos puede fugar a través de la holgura entre segmentos y camisa contaminando el aceite y pudiendo causar efectos adversos. En general podemos encontrarnos con los efectos que se presentan en la figura 2. Este paso de los productos de la combustión hacia el cárter es conocido con el término de blow-by, y es particularmente significativo en los pequeños motores. Estos están diseñados para que tengan un tamaño reducido, así como su costo, con lo cual el control de tolerancias en la línea de producción es menor, aún cuando en los procesos productivos se ha mejorado ampliamente estos controles. (pág. 9)

Figura 2 Productos de la combustión en motores de combustión interna



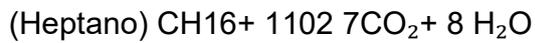
Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 9)

La conexión directa entre pistón y cigüeñal mediante el bulón del pistón y la biela es un problema, especialmente en los motores de carrera corta, y que ello conlleva la imposición de cargas laterales en el pistón y por tanto un sellado defectuoso por parte de los segmentos, con lo cual existe una tendencia creciente al paso de gases de la combustión al cárter.

Los motores dotados con el sistema de ventilación positiva de carter (Positive Crankcase Ventilation: "PCV") recirculan una cierta proporción este blow-by hacia la cámara de combustión vía el sistema de admisión, pero de todas formas una gran parte de dichos gases quedan atrapados por el aceite del cárter.

Generados como productos de la combustión y que aparecen en los gases del blow-by, tenemos: dióxido de carbono (CO₂), agua, componentes ácidos e hidrocarburos parcialmente quemados, así como óxidos de nitrógeno.

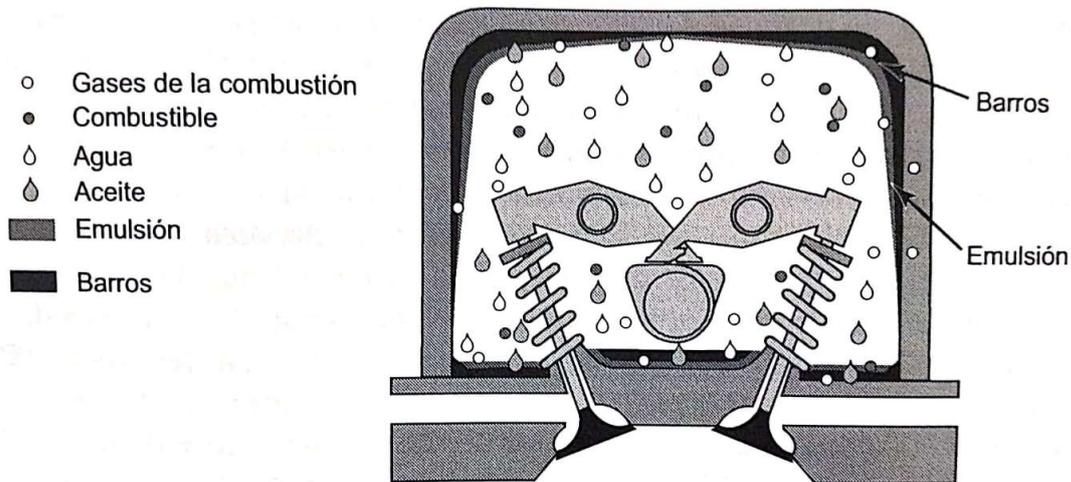
El dióxido de carbono y el agua provienen de la combustión de los combustibles:



Puede verse a partir de las ecuaciones presentadas anteriormente la gran cantidad de agua que se produce en una reacción de combustión de un hidrocarburo. Naturalmente, cuando el motor está operando en una temperatura normal, el agua permanece en estado vapor y es eliminada por el sistema de escape, pero el vapor de agua presente en los gases del blow-by pasa al carter relativamente más frío y puede condensarse en el mismo. El agua líquida puede fijarse en diversos mecanismos del motor causando oxidación en los mismos o bien mezclarse con el mismo aceite creando una especie de barro (sludge). La parte relativamente más fría del motor suele ser la tapa de balancines y es allí donde también suele condensarse el agua formando el barro anteriormente mencionado.

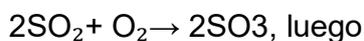
La utilización de aditivos dispersantes en el aceite trata de evitar que se produzcan estas condensaciones llevando en suspensión el agua hasta partes más calientes donde permita a la misma evaporarse y ser eliminada vía el sistema de ventilación. El equilibrio de la proporción de agua que existe en el aceite depende en parte de las temperaturas de funcionamiento del mismo, así como del diseño general del motor.

Figura 3 Producción de barro en la tapa de balancines



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 11)

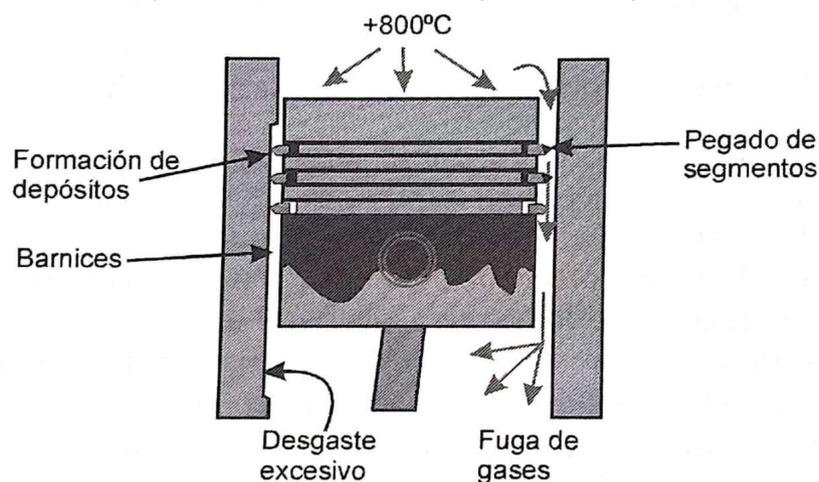
El dióxido de carbono producido, aun teniendo características de un ácido débil, puede ser desestimado como sustancia peligrosa para el motor y el lubricante. Por otra parte, los combustibles que contienen impurezas pueden conducir a más serios problemas debido a la formación de ácidos. El petróleo crudo contiene cantidades significativas de azufre (S), el cual no es totalmente eliminado durante el proceso de refinado del mismo, particularmente importante resulta esto en los combustibles para motores Diésel, en los cuales el azufre residual presente en el combustible se quema en la cámara de combustión y produce ácidos sulfuroso y sulfúrico.



Hasta no hace mucho tiempo, las gasolinas para motores de encendido provocado (MEP) tenían un contenido en azufre mucho menor que los combustibles para Diésel, en el caso de las gasolinas con plomo existían aditivos utilizados para evitar la

formación de los depósitos de óxidos de plomo formados a su vez por los compuestos en base plomo utilizados como mejoradores del índice de octano, estos aditivos solían ser cloruro y bromuro de etileno, los cuales pueden reaccionar en la cámara de combustión formando complejos oxiácidos de cloro y bromo y también ácidos hidroclicórico e hidrobromico. Todos estos ácidos son capaces de producir corrosión y desgaste corrosivo en el motor, así como actuar de catalizadores tanto para la degradación del aceite como para la formación de barnices y gomas a partir de dicho aceite. Estas gomas o depósitos tipo laca pueden producir el agarrotamiento de determinadas partes del motor, y resultan como consecuencia de combustiones parciales del combustible, en las cuales se producen sustancias reactivas, conocidas como "precursores de depósitos" y que aparecen en el blow-by. Estos, junto con otros productos de la degradación del lubricante, polimerizan en presencia de ácidos para formar depósitos (gomas), que en el caso de las partes calientes del motor como la falda del pistón pueden depositarse formando barnices marrones o amarillos. La formación continuada de estos barnices llevará finalmente a la producción de depósitos duros de carbón.

Figura 4 Formación de depósitos en pistón



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 12)

Los aditivos alcalinos se utilizan en el aceite para la neutralización de estos ácidos y de esta manera prevenir sus peligrosos efectos tanto sobre el motor como sobre el aceite. El espectacular aumento de la vida útil de los motores en estas últimas décadas se debe principalmente a la utilización de estos aditivos en los aceites. La introducción de las gasolinas sin plomo y las continuas reducciones en las cantidades máximas de azufre permitidas en los combustibles para motores Diésel han llevado a una gran reducción en la formación de estos ácidos conduciendo a nuevos tipos de formulación de aceites y probables incrementos en las vidas útiles tanto de los aceites como de los motores.

Otro importante contaminante que aparece en mucha mayor medida en motores Diesel es la materia carbonosa. Proveniente de la combustión incompleta del combustible en las partes más frías de la cámara de combustión, así como debido a otros contaminantes, aparece en cierta proporción en el blow-by. Antes de la aparición de los aditivos dispersantes, la materia carbonosa y el agua en el lubricante eran los responsables de la aparición de grandes cantidades de barro gris y negro (grey and black sludge) en el cárter y en los conductos de lubricación, llevando a problemas de lubricación si el aceite no era cambiado con frecuencia. La materia carbonosa además puede adherirse a los depósitos de barniz acelerando la formación de depósitos carbonosos si la tendencia a la formación de barnices no está lo suficientemente controlada.

Como resumen, un moderno lubricante no sólo debe ser estable a altas temperaturas y mantener la viscosidad adecuada en un amplio rango de temperaturas para el correcto funcionamiento del motor, sino que además debe contrarrestar los perniciosos efectos de los contaminantes comentados anteriormente. Ello incluirá aditivos para la dispersión del agua, materia carbonosa y otros constituyentes del blow-by, así como la capacidad de mantener estas sustancias en suspensión en el aceite. Otros aditivos reaccionaran y neutralizaran los diversos contaminantes ácidos que en caso de no ser así provocarían oxidación, corrosión o problemas debidos a la formación de depósitos.

4.3 FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES

Según (SHELL, s.f., pág. 10) Los lubricantes no solo deben lubricar, sino también realizar otras funciones como refrigerar, proteger, mantener la limpieza, entre otras funciones.

4.3.1 Lubricación

La principal función de un lubricante es hacer que una superficie se deslice sobre otra de manera más fácil. Debido a esto, se disminuye la fricción, ahorra energía y reduce el desgaste.

4.3.2 Refrigeración

Al reducir la fricción, los lubricantes también reducen el calor generado por las superficies en rozamiento. Además de prevenir el sobrecalentamiento entre las superficies en rozamiento, debido a la circulación del mismo en los motores de combustión interna, los lubricantes transfirieren el calor de las áreas más calientes a las áreas más frías.

4.3.3 Protección contra la corrosión

La mezcla de agentes externos y la combustión misma de los motores genera agentes químicos que causan corrosión en las piezas. Los lubricantes deben de proveer de una capa protectora en la superficie de los diferentes metales, así como tener la capacidad de encapsular y neutralizar estos agentes, inhibiendo así cualquier daño que pueda ser causado por el agua, ácidos u otros agentes dañinos que contaminen el sistema.

4.3.4 Mantenimiento de la limpieza

Los motores de combustión interna son fácilmente contaminados ya sea por agentes externos o por productos de la combustión misma, esto reduce su eficiencia de operación, provoca desgastes y muchas otras consecuencias dañinas para la salud del motor, tales como la obstrucción de las tuberías internas, las cuales pueden provocar una deficiente lubricación y posibles daños catastróficos. Es por esta razón que un lubricante debe de tener la capacidad de encapsular, remover y extraer todas

las impurezas de los mecanismos, evitando así la acumulación y depósito en los mismos.

4.3.5 Sellado

El aceite utilizado en motores de combustión interna debe proveer un sellado efectivo entre los anillos del pistón y las paredes del cilindro.

4.4 CARACTERISTICAS DE LOS LUBRICANTES

4.4.1 Viscosidad

Según (SHELL, s.f., pág. 24) La viscosidad se define como la resistencia interna que opone cualquier fluido a fluir bajo la acción de una fuerza externa. La viscosidad se considera como la propiedad de mayor importancia en los lubricantes debido a que es la que determina la capacidad del producto para formar una película lubricante entre las superficies en movimiento, para mantenerlas separadas y minimizar así el contacto entre estas.

Todo mecanismo debe de ser lubricado para su óptimo desempeño, con el propósito primordial de reducir la fricción y el desgaste. Si estos factores no son controlados, se puede presentar una baja eficiencia en la operación, daños en los sistemas críticos y finalmente el deterioro de la máquina. En este sentido, la viscosidad de los lubricantes es fundamental.

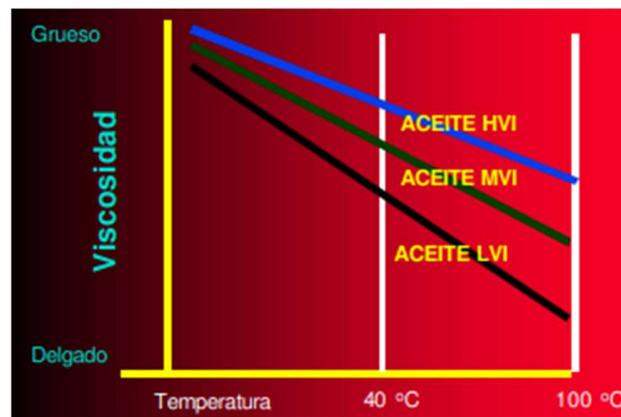
4.4.2 Índice de viscosidad

Según (SHELL, s.f., pág. 24) La selección de un lubricante adecuado requiere no solo conocer su viscosidad, sino también, entender la forma como ésta cambia con la temperatura. La viscosidad de cualquier líquido disminuye a medida que la temperatura aumenta, por lo tanto, un aceite con una viscosidad apropiada a temperatura ambiente, puede ser muy delgado a la temperatura de operación, un aceite con viscosidad adecuada a la temperatura de operación puede llegar a ser tan viscoso a bajas temperaturas que impide el arranque en frío del mecanismo lubricado.

El índice de viscosidad de un lubricante describe el efecto de la temperatura en su viscosidad. Los aceites con una viscosidad muy sensible a los cambios de la temperatura se dice que tienen un bajo índice de viscosidad, los aceites de alto índice de viscosidad son menos afectados por los cambios de temperatura. El índice de viscosidad de un aceite está determinado por su viscosidad a 40°C y 100°C.

El rango normal de índice de viscosidad para aceites minerales es de 0 a 100. Aceites con índice de viscosidad mayor de 85, son llamados aceites de alto índice de viscosidad (HVI). Aquellos con índices menores a 30 son conocidos como aceites de bajo índice de viscosidad (LVI), los situados en el rango intermedio son conocidos como aceites de mediano índice de viscosidad (MVI). Como veremos en la siguiente sección, es posible incrementar el índice de viscosidad de un aceite mineral adicionando un mejorador del índice de viscosidad. Esto, unido a las más modernas técnicas de refinación, permite la producción de aceites de motor multigrados con índices de viscosidad de 130 o más.

Figura 5 Variación de la viscosidad con la temperatura.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 24)

4.4.3 Flujo a baja temperatura / Punto de Fluides

Cuando las máquinas están operando en condiciones frías es importante que los aceites usados para lubricarlas retengan la habilidad para fluir a bajas temperaturas. La temperatura más baja a la cual un aceite fluirá, es conocida como su punto de fluides. En la práctica, los lubricantes deben tener un punto de fluides de menos 10°C por debajo de la temperatura a la cual se espera trabajar. (SHELL, s.f., pág. 26)

4.4.4 T.B.N.

Según (GULF, s.f., pág. 27) La detergencia es una de las propiedades que deben tener los lubricantes para motores. Su misión reside en mantener en suspensión las partículas contaminantes en el seno del aceite, evitando que entren en contacto con las partes metálicas. Estos aditivos tienen, total o parcialmente, una naturaleza químicamente básica y confieren al aceite una reserva alcalina denominada TBN (Total Base Number) que permite al aceite neutralizar el ácido sulfúrico formado en la combustión del gasóleo debido al azufre presente en la composición de éste. Este hecho tiene relevancia en motores diésel.

El TBN, por ser una reserva alcalina, es una medida de componentes del aceite químicamente activos, que proporcionan elevados contenidos en cenizas metálicas, y que pueden ser tan perjudiciales como los ácidos de la combustión, si están presentes en exceso. Por ello, no es conveniente utilizar un lubricante de elevado TBN en aquellos motores que no vayan a hacer uso de él, pues podrían sufrir un ataque químico innecesario.

4.4.5 Viscosidad de Alta Temperatura/Alto Corte

Viscosidad de Alta Temperatura/Alta Corte (HT/HS) se mide a 150 °C (302 °F) en condiciones de tensión de corte similares a zonas de lubricación de película muy fina como las que se encuentran en la interfaz de la pared del aro del pistón al cilindro. El valor obtenido de esta prueba proporciona una indicación de estabilidad temporal de corte del mejorador del índice de viscosidad usado aceites multigrados. Una viscosidad de HT/HS abajo de 3.7 cP indica que el aceite no responderá como

un aceite de grado 40 en condiciones de funcionamiento del motor. (DETROIT, s.f., pág. 9)

4.4.6 Ceniza Sulfatada y Número de Base Total

Ceniza sulfatada es una propiedad lubricante medida por una prueba de laboratorio (ASTM D 874) para determinar el potencial de formación de ceniza metálica. El residuo de ceniza se relaciona con la composición de aditivo de aceite y es significativo en la predicción de lubricantes que pueden causar desgaste de la válvula, raspaduras del kit de cilindro o tapado del catalizador del escape bajo ciertas condiciones de funcionamiento. El aceite aprobado API FA-4, CK-4 y CJ-4 no puede exceder de 1.0% en peso de cenizas sulfatadas, y aceite aprobado CI-4 PLUS no puede exceder de 2.0% en peso. Número de Base Total (TBN), el cual mide una alcalinidad de aceite y la capacidad de neutralizar el ácido usando una prueba de laboratorio (ASTM D 2896 o D 4739), se relaciona con nivel de cenizas sulfatadas y desempeña un papel importante en el control de depósitos en motores diésel de cuatro tiempos. Típicamente un aceite de motor de calidad tendrá un TBN fresco de más de 8.0 mg KOH/g de acuerdo a ASTM D 2896. (DETROIT, s.f., pág. 9)

4.5 PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES

4.5.1 Estabilidad térmica

Si un aceite se calienta en su uso, es importante que no se descomponga hasta el extremo de no poder lubricar adecuadamente, o que productos inflamables o peligrosos sean liberados. (SHELL, s.f., pág. 26)

4.5.2 Estabilidad química

Según (SHELL, s.f., pág. 26) Los lubricantes pueden entrar en contacto con una variedad de sustancias, por lo tanto, deben ser capaces de soportar el ataque químico de éstas o de lo contrario serán inadecuados para su uso.

La oxidación, por reacción con el oxígeno del aire, es la causa más importante del deterioro de los aceites minerales. Esto genera productos de tipo ácido que pueden

corroer las superficies y formar depósitos de gomas sobre partes que operan a altas temperaturas. La oxidación también produce lodos que alteran el flujo del aceite.

4.5.3 Transferencia de calor

Según (SHELL, s.f., pág. 27) Los lubricantes que son buenos conductores de calor deben ser usados donde sea necesario extraer calor de un cojinete. La habilidad de un material para conducir calor es su conductibilidad térmica. Usualmente, los aceites con baja viscosidad son mejores conductores de calor que los aceites de mayor viscosidad.

Figura 6 Formación de depósitos en los pistones-un resultado de la oxidación de películas delgadas de aceite a altas temperaturas.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 27)

Un sistema donde la refrigeración depende de la circulación del aceite, el calor específico del aceite es una propiedad importante. Esta determina la cantidad de calor que el aceite puede extraer.

4.5.4 Corrosividad

Según (SHELL, s.f., pág. 28) Un lubricante no debe corroer la superficie metálica con al cual entra en contacto. Muchos aceites minerales tienen pequeñas cantidades de ácidos débiles, los cuales usualmente no son nocivos. Sin embargo, los aceites minerales que están en contacto con el aire a altas temperaturas son oxidados

produciendo compuestos ácidos. El aceite entonces puede volverse corrosivo a los metales.

Figura 7 Un cojinete corroído posee ácidos formados en la oxidación del aceite.



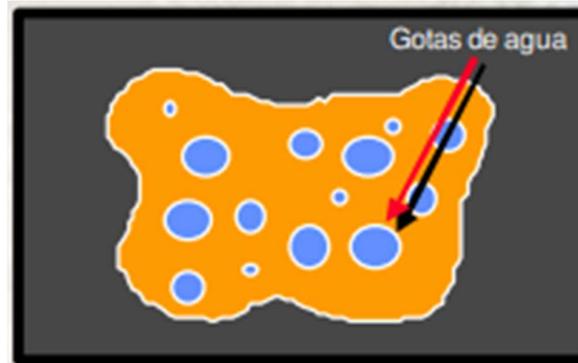
Fuente: (SHELL, s.f., pág. 28)

La acidez o basicidad de un lubricante puede ser expresada en términos de la cantidad del álcali o ácido necesario para neutralizarlo. La evaluación de este número de neutralización da una indicación del deterioro de un aceite en servicio.

4.5.5 Demulsificación

Según (SHELL, s.f., pág. 28) Cuando se adiciona agua al aceite, normalmente se forma una capa separada debido a que es insoluble. En algunos casos, sin embargo, es posible dispersar agua en aceite o aceite en agua, en forma de pequeñas gotas. Estas mezclas son conocidas como emulsiones. En la mayoría de las aplicaciones industriales la formación de emulsiones debe ser evitada. Las emulsiones tienen un efecto dañino sobre la habilidad del aceite a lubricar y pueden promover la corrosión de las superficies lubricadas.

Figura 8 Emulsión de agua en aceite



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 28)

4.5.6 Inflamabilidad

No debe haber ningún riesgo de que el aceite se incendie a las condiciones en que está siendo usado. Una indicación a la resistencia al fuego de un aceite puede ser obtenida determinando su punto de chispa. Este es la temperatura más baja a la cual los vapores sobre el líquido pueden ser encendidos por una llama abierta. Vale la pena anotar que el riesgo de fuego en el punto de chispa es muy pequeño. No solo el aceite debe ser calentado a esa temperatura, sino que la llama debe estar muy cerca para que se queme el aceite. Los aceites minerales livianos usualmente tienen puntos de chispa por encima de 120°C. (SHELL, s.f., pág. 29)

4.5.7 Compatibilidad

Un lubricante no puede tener ningún efecto indeseable sobre los demás componentes del sistema. Por ejemplo, debe ser compatible con cualquier sello usado para confinar el lubricante, con mangueras utilizadas para transferir el lubricante de un campo neutro y con cualquier pintura, plástico o adhesivo con el cual pueda entrar en contacto. (SHELL, s.f., pág. 29)

4.6 CLASIFICACION DE LOS LUBRICANTES

4.6.1 Clasificación de la Viscosidad

La Sociedad de Ingenieros Automotrices de los Estados Unidos (SAE, en inglés), estableció una clasificación de viscosidad para los lubricantes desarrollados para su uso en motores de combustión interna (diésel, gasolina y gas). Esta clasificación de lubricantes está definida según la especificación SAE J-300-09. (ver Tabla 1) y en la actualidad contempla 11 grados de viscosidad, divididos en grados de invierno y grados de verano. (Noria, s.f.)

Figura 9 Tabla actualidad contempla 11 grados de viscosidad, divididos en grados de invierno y grados de verano.

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

Fuente: (Noria, s.f.)

4.6.2 Grados de Invierno y Grados de Verano

Los grados de viscosidad para invierno van acompañados por la letra “W”, haciendo referencia a la estación climatológica de invierno (“Winter”, en inglés) y se basan

principalmente en el cumplimiento de requerimientos de comportamiento a baja temperatura, aunque también deben cumplir con requerimientos a alta temperatura. Los grados de verano no van acompañados por alguna letra y sus requisitos de comportamiento son a altas temperaturas. (Noria, s.f.)

4.6.3 Aceites Monogrados y Multigrados

Según (Noria, s.f.) Cuando un lubricante es formulado para cumplir con sólo uno de los requisitos de la tabla, es decir, baja temperatura (W, invierno) o alta temperatura (verano), se dice que este aceite es un “monogrado” (por ejemplo: SAE 30). Por otro lado, cuando un aceite cumple con un grado de invierno y uno de verano, se dice que es “multigrado” (por ejemplo: SAE 10W-30); es decir, este aceite se comporta como un SAE 10W a bajas temperaturas y como un SAE 30 en altas temperaturas.

Para lograr este comportamiento, los aceites multigrados suelen ser formulados con aditivos que le permiten fluir a bajas temperaturas evitando la formación de geles o ceras, denominados *depresores de punto de fluidez* (PPD, en inglés), y aditivos que le mejoran el índice de viscosidad (IV, relación del cambio de viscosidad por efecto de la temperatura) para poder mantener la viscosidad a altas temperaturas, llamados *mejoradores del índice de viscosidad* (VII, en inglés). En algunos países tropicales existe la creencia de que, por no existir cambios de temperatura extremos, solamente se deben usar aceites monogrados y no multigrados. Esto podría aplicar para aquellos motores estacionarios que generalmente operan a velocidades y cargas constantes.

4.7 COMPOSICION DE LOS LUBRICANTES

4.7.1 Aceites bases y aditivos

Según (SHELL, s.f., pág. 32) La gran mayoría de los lubricantes son fabricados con aceites minerales, estos son aceites obtenidos del petróleo crudo.

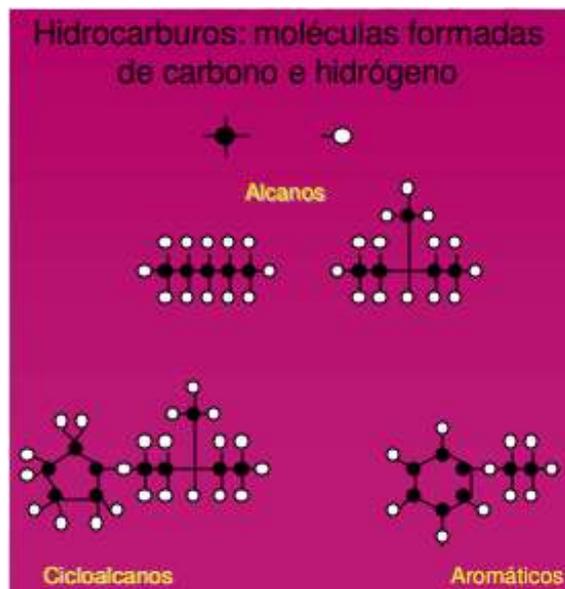
Los aceites bases por sí mismos no son capaces de llevar acabo todas las funciones requeridas para un lubricante. Por lo tanto, se le deben agregar aditivos al aceite

base para lograr el lubricante final. Los aditivos deben mejorar las propiedades del lubricante o impartirle completamente unas nuevas características.

4.7.2 Aceites bases

Según (SHELL, s.f., pág. 33) Los aceites bases lubricantes son producidos a partir de la refinación del petróleo crudo y la mezcla con productos refinados. Los aceites crudos son mezclas complejas de compuestos químicos. Sus composiciones varían considerablemente dependiendo de sus orígenes. Las propiedades de aceites bases producidas de diferentes crudos varían también considerablemente. Combinando aceites bases en varias proporciones, es posible producir un gran número de mezclas con una gran variedad de viscosidades y propiedades químicas.

Figura 10 Hidrocarburos: moléculas formadas de carbono e hidrógeno.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 33)

“Todos los aceites minerales consisten principalmente de hidrocarburos, compuestos químicos formados por elementos de carbono e hidrógeno solamente. Hay tres tipos de básicos de hidrocarburos: Alcanos, cicloalcanos y aromáticos.”

4.7.2.1 Alcanos

“Estos compuestos, anteriormente llamados parafinas, están conformados por cadenas rectas o ramificadas de átomos de carbono. Son muy estables al calor y a la oxidación. Tienen alto índice de viscosidad, pero relativamente malas propiedades de flujo a bajas temperaturas.” (SHELL, s.f., pág. 33)

4.7.2.2 Cicloalcanos (nafténicos)

Los tipos de hidrocarburos más frecuentemente encontrados en los aceites lubricantes, son los cicloalcanos (anteriormente llamados nafténicos), tienen moléculas en las cuales algunos de sus átomos de carbono están configurados en anillos. Estos compuestos son menos estables que los alcanos y sus viscosidades son más sensibles a los cambios de temperatura. Sin embargo, tienen muy buenas propiedades de flujo a bajas temperaturas. Son igualmente buenos solventes y buenos lubricantes de capa límite, esto es, que son capaces de lubricar superficies que están en contacto bajo cargas pesadas. (SHELL, s.f., pág. 33)

4.7.2.3 Aromáticos

Según (SHELL, s.f., pág. 34) Como los cicloalcanos, los aromáticos contienen anillos de átomos de carbono. Sin embargo, tienen una baja proporción de hidrógeno. Los aromáticos son buenos solventes y buenos lubricantes de capa límite, pero tienen pobres características de viscosidad y son más fácilmente oxidados para crear ácidos y lodos.

Además de su contenido de hidrocarburos, los aceites minerales pueden tener pequeñas cantidades de compuestos tales como oxígeno, nitrógeno y azufre. Muchos de estos compuestos no son estables al calor y a la oxidación y pueden promover la formación de lacas, barniz y otros depósitos.

4.8 ADITIVOS

Según (SHELL, s.f., pág. 38) Los motores modernos presentan altos requerimientos en cuanto a lubricación se refiere y los aceites bases por si solos no son capaces de cumplir estos requerimientos. Por tal razón es necesario agregarles aditivos que les brinden propiedades adicionales para poder cumplir sus objetivos. A continuación 3 grandes categorías de aditivos:

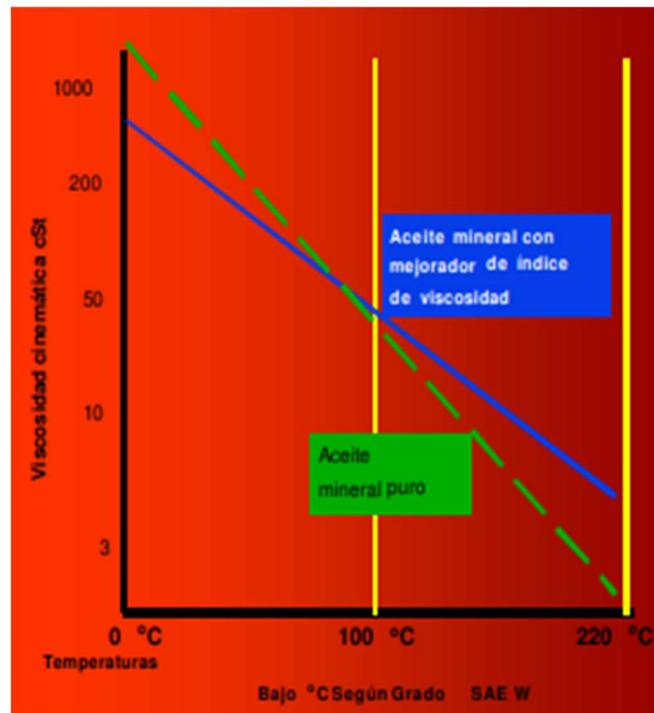
- **Aditivos que modifican el desempeño del lubricante:** Aquí se incluyen los mejoradores de índice de viscosidad y los depresores del punto de fluidez.
- **Aditivos que protegen el lubricante:** Comprenden los agentes antioxidantes y antiespumantes.
- **Aditivos que protegen la superficie lubricada:** A este grupo pertenecen los inhibidores de corrosión, los inhibidores de herrumbre, los detergentes, dispersantes y aditivos antidesgaste.

4.8.1 Aditivos que modifican el desempeño de un lubricante

Según (SHELL, s.f., pág. 39) **Mejoradores de índice de viscosidad** son agregados a los aceites bases para reducir los cambios de viscosidad con la temperatura. Son útiles donde un lubricante tiene que desempeñarse satisfactoriamente sobre un rango de temperaturas. Por ejemplo, los aceites de motor utilizados en climas fríos, deben ser lo suficientemente "delgados" para permitir que la máquina arranque fácilmente y lo suficientemente "gruesos" para lubricar eficientemente a las altas temperaturas generadas durante el trabajo del motor.

“La mayoría de los aceites multigrados son tratados con mejoradores de índice de viscosidad y son capaces de desempeñarse mejor en una mayor variedad de temperaturas que los aceites sin tratar. ”

Figura 11 Variación de la viscosidad con la temperatura.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 39)

“**Depresores de punto de fluidez** Son utilizados para minimizar la tendencia del aceite mineral a congelarse o solidificarse cuando se enfría. Son aditivos necesarios para la mayoría de aceites operando a bajas condiciones de temperatura.”

4.8.2 Aditivos que protegen el lubricante

Según (SHELL, s.f., pág. 41) **Agentes antiespuma** previenen la formación de espumas en el aceite, los lubricantes altamente refinados usualmente no forman espuma. Sin embargo, ésta no se puede desarrollar en presencia de ciertos contaminantes, especialmente en máquinas donde hay exceso de batido y agitación. La espuma incrementa la exposición de un aceite al aire y promueve la oxidación. También puede causar que se pierda aceite del sistema a través de los ductos de venteo y más seriamente reduce la eficiencia en lubricación ya que una película de espuma es un lubricante menos efectivo que una capa continua de aceite.

“**Antioxidantes** mejoran la estabilidad a la oxidación del lubricante y son particularmente importantes en aceites que se calientan durante su operación. Son ampliamente usados; virtualmente todos los aceites que contienen aditivos contienen algún antioxidante.”

Cuando un aceite mineral es expuesto al oxígeno del aire, éste reacciona formando ácidos orgánicos, lacas adhesivas y lodos. Los ácidos pueden causar corrosión, las lacas pueden ocasionar que las partes móviles se adhieran una contra la otra, y los lodos espesan el aceite y pueden taponar orificios, tuberías, filtros y otros componentes del sistema de lubricación. Las reacciones de oxidación dependen de la cantidad de oxígeno que entra en contacto con el aceite. Eso tiene lugar más rápidamente a altas temperaturas y son también promovidas por la humedad y otros contaminantes presentes en el aceite tales como el polvo, partículas de metal, herrumbre y otros productos de la corrosión.

Los antioxidantes bloquean las reacciones de oxidación y disminuyen el deterioro de un lubricante. Tienen una acción específica la cual continúa mientras esté presente en el aceite, aún en pequeñas concentraciones. Pero una vez haya terminado, el aceite empieza a oxidarse rápidamente. Por lo tanto, es esencial que un aceite sea cambiado antes que sus propiedades antioxidantes se terminen.

Figura 12 La oxidación de aceite.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 42)

Figura 13 Reacción de anti-oxidantes.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 42)

4.8.3 Aditivos que protegen la superficie lubricada

Según (SHELL, s.f., pág. 41) **Los inhibidores de corrosión** protegen las superficies del ataque químico ejercido por los ácidos (corrosión), que se encuentran como contaminantes en el lubricante y provienen principalmente de la oxidación del aceite y de los combustibles quemados en los motores de combustión interna.

“**Inhibidores de herrumbre** son inhibidores de corrosión especialmente diseñados para inhibir la acción del agua en metales ferrosos. Son necesarios en aceites de turbinas y aceites hidráulicos ya que estos tipos de aceite se contaminan inevitablemente con agua.”

Detergentes son aplicados a los aceites de motor para cumplir las siguientes funciones: Reducir la formación de depósitos de carbón y lacas de altas temperaturas, evitar el pegamiento del anillo del pistón y proveer una reserva de basicidad para neutralizar los ácidos formados durante la combustión.

“**Dispersantes** son agregados a los aceites para mantener en suspensión cualquier contaminante, tales como, hollín y productos de degradación.”

“Por lo tanto, inhiben la formulación de conglomerados de partículas que puedan bloquear los conductos y los filtros, además evitan que sean depositados sobre las superficies donde pueden interferir con la lubricación y la transferencia de calor.”

“**Agentes anti desgaste** son necesarios cuando la lubricación hidrodinámica no puede ser mantenida y se presenta algún tipo de contacto metal-metal entre las superficies móviles.”

Es usual distinguir dos tipos de agentes anti desgaste: **Aditivos anti abrasivos y aditivos de extrema presión.**

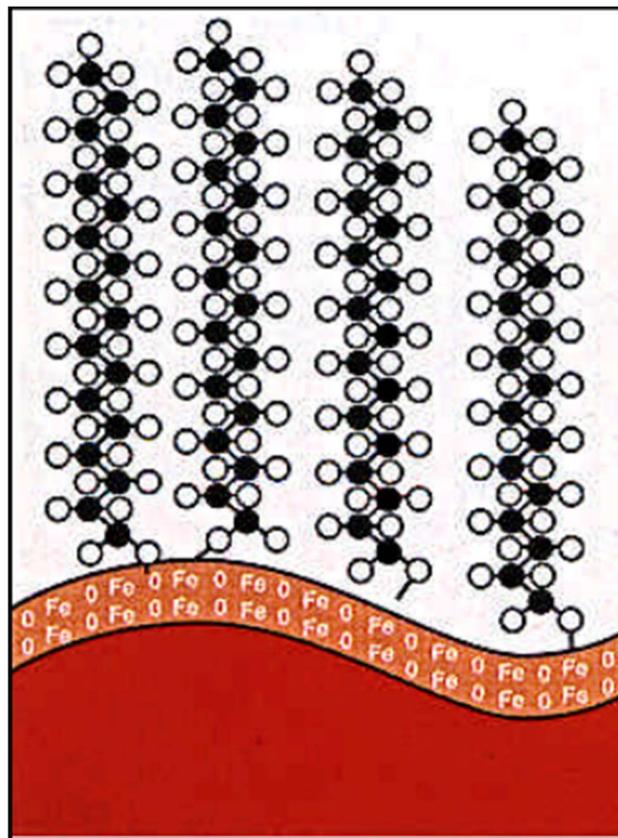
Los aditivos anti abrasivos son compuestos absorbidos por las superficies metálicas para formar una película protectora que previene el contacto directo metal-metal y reduce considerablemente la fricción y el desgaste.

Los aditivos de extrema presión o EP son requeridos en situaciones de carga severa, cuando los aditivos anti abrasivos no son efectivos. Tales condiciones son

frecuentemente encontradas en los dientes de los engranajes de acero-sobre-acero altamente cargados.

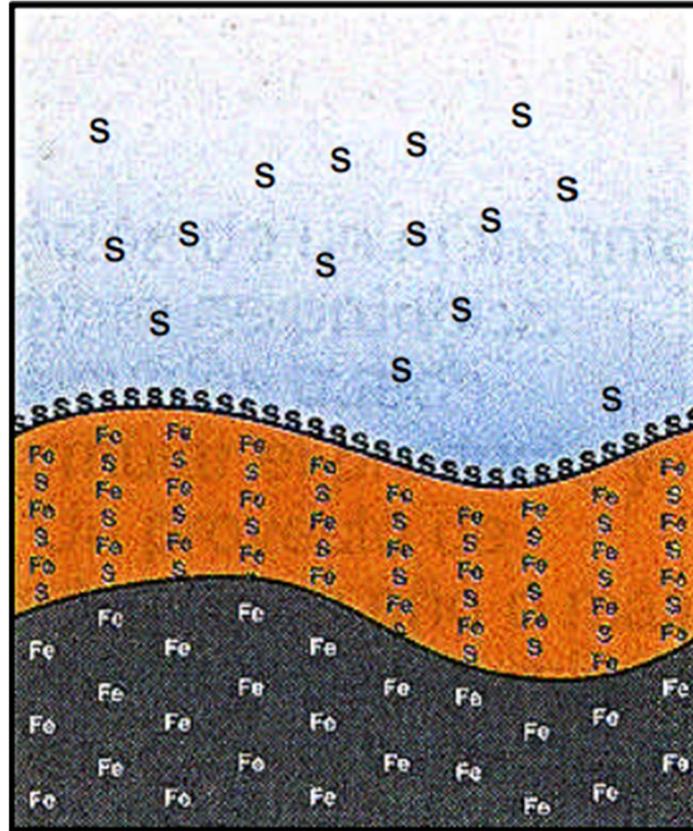
Los aditivos EP son estables a las temperaturas que se generan, por ejemplo, (API, s.f.) cuando dos dientes se deslizan uno sobre el otro, se descomponen formando productos que reaccionan con el metal creando una película protectora de aceite.

Figura 14 Formación de una capa orgánica sobre una superficie de hierro por adsorción de un compuesto antidesgaste.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 45)

Figura 15 Formación de una película química después de la reacción de un aditivo de EP con una superficie de hierro.



Fuente: (SHELL, s.f., pág. 45)

4.9 CALIDAD DE LOS LUBRICANTES PARA MOTORES DIESEL

El nivel de calidad de un lubricante se determina por las aprobaciones emitidas por organismos internacionales tales como API (American Petroleum Institute) y ACEA (European Automobile Manufacturers Association).

Adicionalmente existen certificaciones propias emitidas por los diferentes fabricantes de motores, tales como Mercedes Benz, Cummins, Detroit, Volvo, etc.

4.9.1 API:

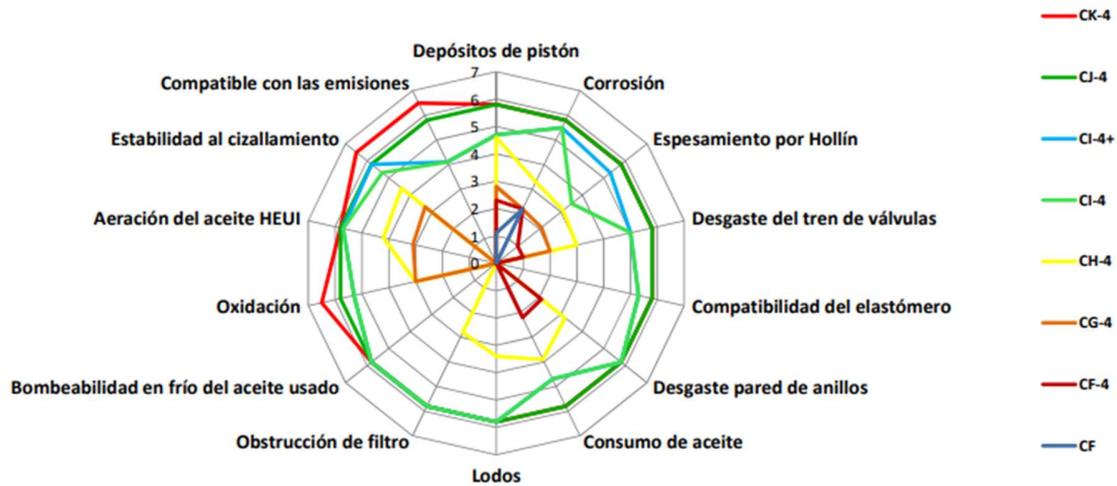
4.9.2 Categorías de servicio para motores Diésel

LOS MOTORES DIÉSEL (siga las recomendaciones del fabricante sobre niveles de desempeño del aceite)		
Categoría	Estado	Servicio
CK-4	Actual	La categoría de servicio CK-4 del API describe el aceite que se utiliza en motores diésel con ciclo de cuatro tiempos de alta velocidad diseñados para cumplir con los estándares de emisiones de escape del año modelo 2017 en carretera y fuera de carretera de nivel 4, así como también para los motores diésel de modelos previos. Estos aceites se formulan para ser utilizados en todas las aplicaciones con combustibles diésel, con un contenido de azufre de hasta 500 ppm (0,05 % por peso). Sin embargo, el uso de estos aceites con combustibles de azufre con más de 15 ppm (0,0015 % por peso) puede impactar en la durabilidad del sistema de tratamiento posterior de los gases de escape o en el intervalo entre cambios de aceite. Estos aceites son especialmente efectivos para mantener la durabilidad del sistema de control de emisiones, en los que se utilizan filtros de partículas y otros sistemas de tratamiento posterior avanzados. Los aceites CK-4 del API fueron diseñados para proporcionar una protección mejorada contra la oxidación del aceite, la pérdida de viscosidad debido al cizallamiento y a la aireación del aceite, además de protección contra el envenenamiento del catalizador, el bloqueo del filtro de partículas, el desgaste del motor, los depósitos en el pistón, la degradación de propiedades a baja y alta temperatura, y el aumento de la viscosidad relacionada con el hollín. Los aceites CK-4 del API superan los criterios de desempeño de las normas de los CJ-4, CI-4 con CI-4 PLUS y CH-4 del API, y pueden lubricar motores de manera efectiva respetando esas categorías de servicio del API. Cuando use un aceite CK-4 con combustible de azufre mayor que 15 ppm, consulte al fabricante del motor para conocer las recomendaciones de intervalos de mantenimiento.
CJ-4	Actual	Incorporado en 2010. Para motores diésel de ciclos de cuatro tiempos de alta velocidad diseñados para cumplir con los estándares de emisiones de escape del año modelo 2010 en carretera y fuera de carretera de nivel 4, así como también para los motores diésel de años modelo previos. Estos aceites se formulan para ser utilizados en todas las aplicaciones con combustibles diésel, con un contenido de azufre de hasta 500 ppm (0,05 % por peso). Sin embargo, el uso de estos aceites con combustibles de azufre con más de 15 ppm (0,0015 % por peso) puede impactar en la durabilidad del sistema de tratamiento posterior de los gases de escape o en el intervalo entre cambios de aceite. Los aceites CJ-4 del API superan los criterios de desempeño de los CI-4 con CI-4 PLUS, CI-4, CH-4, CG-4 y CF-4 del API, y pueden lubricar motores de manera efectiva respetando esas categorías de servicio del API. Cuando use un aceite CJ-4 con combustible de azufre mayor que 15 ppm, consulte al fabricante del motor para conocer los intervalos de mantenimiento.
CI-4	Actual	Incorporado en 2002. Para motores de cuatro tiempos y de alta velocidad diseñados para cumplir los estándares de emisión de escape 2004 implementados en 2002. Los aceites CI-4 se formularon para mantener la durabilidad del motor en el que se utiliza la recirculación de gas de escape (EGR) y que se destina a ser utilizado con combustibles diésel con un contenido de azufre de hasta 0,5 % por peso. Pueden usarse en lugar de los aceites CD, CE, CF-4, CG-4 y CH-4. Algunos aceites CI-4 también pueden calificar para la designación CI-4 PLUS.
CH-4	Actual	Incorporado en 1998. Para motores de cuatro tiempos y de alta velocidad diseñados para cumplir los estándares de emisión de escape de 1998. Los aceites CH-4 se componen, específicamente, para su uso con combustibles diésel con un contenido de azufre de hasta 0,5 % por peso. Pueden usarse en lugar de los aceites CD, CE, CF-4, CG-4.
CG-4	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 2009.
CF-4	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 2009.
CF-2	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 2009. Los motores con ciclos de dos tiempos pueden exigir diferentes requisitos de lubricación que los motores de cuatro tiempos. Por eso, debe contactar al fabricante para conocer las recomendaciones actuales de lubricación.
CF	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 2009. Los aceites de categoría "C" posteriores suelen ser adecuados o preferibles para motores de automóviles diésel para los que se especificaron los aceites "CF". Los equipos más antiguos o los motores diésel de dos tiempos, especialmente aquellos que exigen productos monogrados, sin embargo, pueden requerir un aceite de categoría "CF".
CE	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 1994.
CD-II	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 1994.
CD	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 1994.
CC	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 1990.
CB	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 1961.
CA	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado para utilizar en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con diésel fabricados después de 1959.
FA-4	Actual	La categoría de servicio del API FA-4 describe ciertos aceites XW-30 específicamente formulados para ser utilizados en motores diésel de ciclo de cuatro tiempos de alta velocidad selectos diseñados para cumplir los estándares del año modelo 2017 de emisiones de gases del efecto invernadero (GEI) en carretera. Estos aceites se formulan para ser utilizados en aplicaciones en carretera con combustibles diésel con contenido de azufre de hasta 15 ppm (0,0015 % por peso). Consulte las recomendaciones del fabricante del motor en particular con respecto a la compatibilidad con aceites FA-4 del API. Estos aceites se fusionan a un rango de viscosidad de alta temperatura y alto cizallamiento (HTHS) de 2,9 cP-3,2 cP para ayudar a reducir las emisiones de los GEI. Estos aceites son especialmente efectivos para mantener la durabilidad del sistema de control de emisiones, en el que se utilizan filtros de partículas y otros sistemas de tratamiento posterior avanzados. Los aceites FA-4 del API fueron diseñados para proporcionar una protección mejorada contra la oxidación del aceite, la pérdida de viscosidad debido al cizallamiento y la aireación del aceite, así como también proporciona protección contra envenenamiento del catalizador, bloqueo del filtro de partículas, desgaste del motor, depósitos en el pistón, degradación de propiedades de baja y alta temperatura, y aumento de la viscosidad relacionada con el hollín. Los aceites FA-4 del API no son intercambiables ni compatibles con los aceites del API CK-4, CJ-4, CI-4 con CI-4 PLUS, CI-4 y CH-4. Consulte las recomendaciones del fabricante para determinar si los aceites FA-4 del API son adecuados para el uso. No se recomienda utilizar aceites FA-4 del API con combustibles con un nivel de azufre mayor que 15 ppm. En el caso de los combustibles con un contenido de azufre mayor que 15 ppm, consulte las recomendaciones del fabricante del motor.

Fuente: (API, s.f.)

4.9.3 Desempeño de los lubricantes para motores Diésel

Figura 16 Desempeño de los lubricantes para motores Diésel



Fuente: Puma Energy

4.10 CONSTANTE DIELECTRICA DEL LUBRICANTE

Según (TORMOS, 2005, pág. 92) La constante dieléctrica es la capacidad de un medio para conducir la electricidad, comparada con la del vacío. En un aceite usado, su valor depende del aceite base, de los aditivos y varía durante el uso debido a la degradación y contaminación del aceite. La variación se debe a que a causa del uso se forman compuestos como peróxidos, ácidos, etc. que polarizan las moléculas de aceite aumentando el valor de la constante dieléctrica. Los elementos contaminantes como el agua, metales, etc. también producen un incremento en el valor de la constante dieléctrica.

La medición de la constante dieléctrica puede realizarse mediante sensores de capacitancia. El principio de medida de estos sensores se basa en que el aceite nuevo y el usado tiene constantes dieléctricas diferentes.

4.11 LA FILTRACIÓN: FILTROS Y DEPURADORAS

Según (TORMOS, 2005, pág. 18) El trabajo de filtración en un motor es de vital importancia. El principal objetivo del filtro de aire, filtro de lubricante y filtro de combustible es la retención y eliminación de impurezas abrasivas presentes en los fluidos.

Los filtros de lubricantes eliminan los productos de la combustión y de la degradación del mismo que están en suspensión, ya que estos pueden causar la formación de depósitos en los circuitos de lubricación y en otras partes de motor. Así mismo, las partículas de suciedad que entran al sistema pueden acelerar el desgaste, o en el mejor de los casos, causar únicamente deficiencias de funcionamiento.

“Los filtros son los encargados de separar y retener las partículas, de determinados tamaños que, contenidas en el aire de aspiración, el aceite lubricante o en el combustible pueden constituir una potencial causa de desgaste en el motor. ”

4.11.1 La filtración del aire

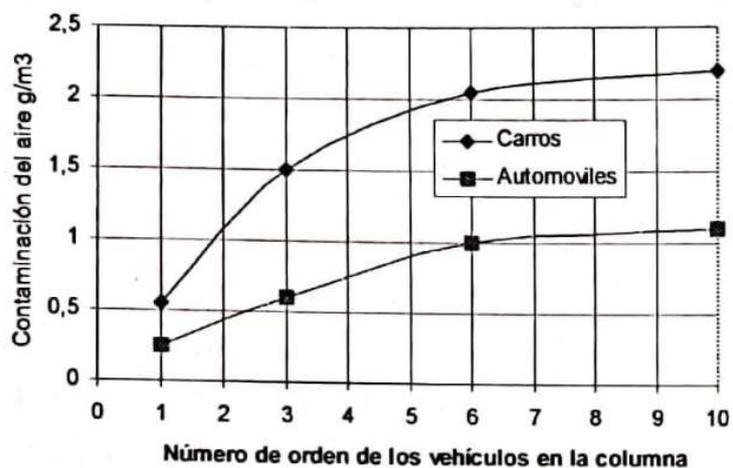
Según (TORMOS, 2005, pág. 21) El aire va cargado siempre de un número importante de impurezas, cuya cantidad y composición varía según el ambiente. En el aire vamos a tener la presencia de lo que algunos autores llaman el enemigo número 1: el silicio [Blevins, G.; 1998]. Después del oxígeno el silicio es el elemento más abundante sobre la superficie de la tierra. No se encuentra de forma natural en estado elemental sino combinado con el oxígeno formando el sílice (SiO_2), el cual podemos encontrarlo de forma libre: cuarzo, polvo, etc. o combinado con variedad de óxidos metálicos formando los silicatos. Como valor orientativo podemos decir que aproximadamente el 70% de la composición del polvo atmosférico es silicio. El silicio debido a esto es el principal indicador de la presencia de contaminación externa en el motor. Queda probado en diferentes estudios [Blevins, G.; 1998] [Figueroa, S.; 1993] que la contaminación del aceite lubricante por silicio (polvo) es la más importante causa de un desgaste acelerado en el motor.

La distribución de las partículas de polvo en los diferentes tamaños, varía con la naturaleza del suelo, del clima e incluso con el tipo de vehículo en desplazamiento.

Las condiciones atmosféricas (húmedo o seco) y el estado de la carretera (carretera asfaltada o carretera con capa de grava) tienen la misma influencia en la concentración de polvo en el aire como por ejemplo la densidad y frecuencia de tráfico, las cuales son decisivas para el grado de "entre mezcla" de polvo y aire.

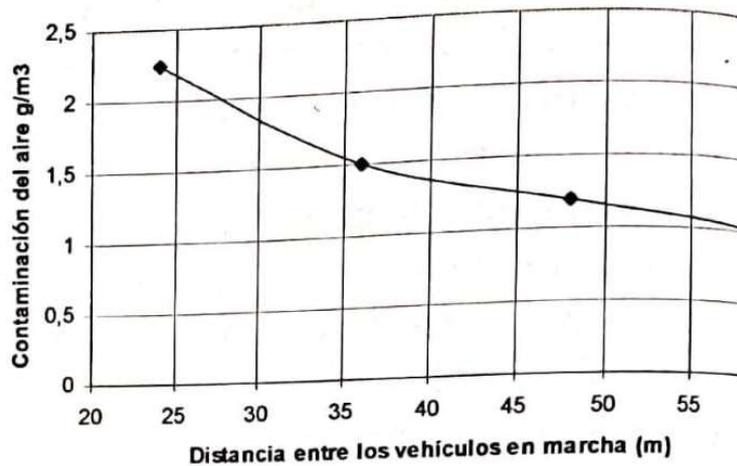
“Puesto que, dependiendo del tamaño de las partículas, el polvo levantado está posándose más o menos rápidamente, las zonas con menos polvo siempre son más altas que las zonas con mayor concentración de polvo.”

Figura 17 Contaminación del aire en función de la posición de los vehículos en una columna. Diferencia entre automóviles y carros de trabajo.



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 22)

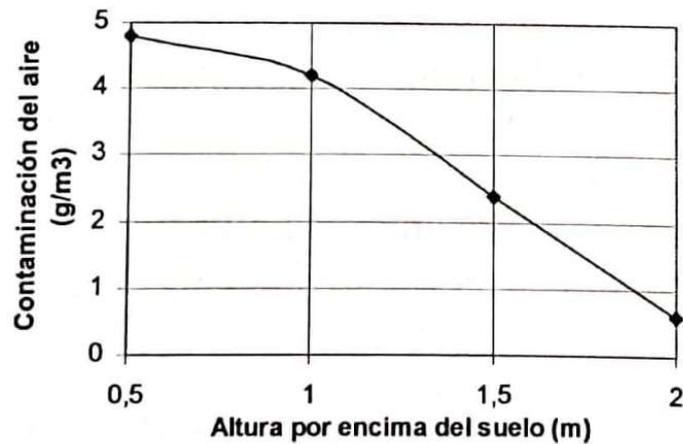
Figura 18. Contaminación del aire en función de la distancia entre carros de trabajo que se desplazan en una columna.



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 22)

Por esta razón el orificio de aspiración para el aire de combustión es colocado lo más alto posible si se trata de vehículos que trabajan en ambientes polvorientos. Esto es de gran importancia ya que el grado de separación de suciedad del filtro siempre es el mismo, independientemente de la concentración del polvo. Una creciente concentración de polvo, por lo tanto, tiene como consecuencia el aumento de la cantidad absoluta de polvo a absorber por motor, así como la reducción de la vida útil del filtro.

Figura 19 Contaminación del aire en función de la altura de toma de muestra para un tractor en servicio en el campo.



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 22)

El primer e inmediato efecto es una especie de "rastrillado" sobre la superficie ya que la partícula es arrastrada rodada a través de la misma. El segundo efecto y potencialmente más perjudicial es que una vez introducida la partícula sobre las superficies cambia la carga homogéneamente repartida en una carga puntual sobre el punto de contacto de la partícula, con lo que se genera una deformación de la superficie en el contacto puntual, que eventualmente puede llevar a una fatiga del metal y posteriormente a una rotura del mismo. Como problema añadido se puede comentar que el aumento del desgaste puede llevar también a un aumento de la tasa de consumo de aceite.

4.11.2 La filtración del aceite

Según (TORMOS, 2005, pág. 25) La filtración del aceite es necesaria a causa de la contaminación del mismo, que se genera de formas diferentes:

- A partir de la contaminación por impurezas exteriores de diferente naturaleza
- Polvo atmosférico e impurezas externas que se introducen a través del circuito de admisión o por aspiración a través de respiraderos, varillas de nivel de aceite, juntas mal ajustadas o por el mismo aceite en caso de utilizarse sucio debido a una incorrecta manipulación.
- Agua procedente de la condensación en el interior de los motores, de la respiración del cárter y de las posibles fugas del sistema de refrigeración.
- Abrasivos diversos: utilizados en el proceso de fabricación del motor o para su limpieza.
- Por la propia alteración y degradación del aceite
- Productos de la combustión que pasan al aceite
- El propio combustible que produce el efecto de dilución del aceite
- Productos del propio desgaste del motor: hierro, cobre, plomo, etc.

En primer lugar, la función de los filtros de aceite es la de retener todas las partículas abrasivas, que sobrepasen un cierto tamaño, lo que determina su grado de filtración. La acción de los filtros de aceite sobre la reducción del desgaste es debida simultáneamente a la retención de partículas abrasivas y compuestos carbonosos, que retienen a su vez compuestos orgánicos ácidos capaces de ejercer un efecto sobre el desgaste de naturaleza corrosiva.

4.11.3 La filtración del combustible

La filtración del combustible es fundamental en los motores Diesel, ya que el buen funcionamiento de las bombas de inyección y de los inyectores está puesta en juego en función de la limpieza del combustible. Las impurezas que podemos encontrar en suspensión en los combustibles comprenden: herrumbre, sustancias minerales, productos diversos de oxidación y agua. (TORMOS, 2005, pág. 30)

4.12 LA CONTAMINACIÓN DEL LUBRICANTE

Según (TORMOS, 2005, pág. 45) Por contaminación de un aceite se entiende la presencia de materias extrañas a él, sin importar su origen; las principales que podemos encontrar son:

- Partículas metálicas, provenientes del desgaste de las partes metálicas del motor sometidas a fricción. Son capaces de producir un desgaste abrasivo, rugosidad en las superficies que facilitan el desgaste adhesivo y pueden catalizar los procesos de degradación del propio aceite.
- Óxidos metálicos, provenientes del desgaste metálico y la oxidación de las partículas metálicas. Tienen un comportamiento similar a las anteriores.
- Polvo atmosférico e impurezas, introducidas en el motor a través de la admisión, debido al uso de filtros ineficientes o rotos o conductos con fugas, respiraderos, orificio de control de nivel o relleno de aceite. Produce un desgaste abrasivo muy importante.
- Productos carbonosos, como resultado del paso de los gases de la combustión hacia el cárter. Estos mismos gases actúan facilitando la degradación del aceite.
- Agua proveniente de la condensación del vapor obtenido como producto de la combustión o bien debido a fugas internas del sistema de refrigeración. Si el agua proviene del circuito de refrigeración, en muchos casos suele conllevar presencia de glicol, aditivo anticongelante para el agua. el cuál colabora también en la degradación del aceite. Puede darse el caso de una contaminación por agua externa al motor, aunque normalmente es muy difícil que esta se dé.
- Combustible, que se introduce al aceite mediante el soplado (blow-by), debido a fallos en los inyectores, en la combustión o por el motor frío. Afectará a la viscosidad del lubricante, haciendo que disminuya su viscosidad y por tanto la capacidad de carga del mismo.

- Productos varios como residuos que quedan después de una acción de mantenimiento.

Así vemos que la contaminación del aceite tiene cuatro grandes focos principales:

- Origen interno, por desgaste de los componentes mecánicos y degradación del propio lubricante
- Contaminación externa, a través del soplado, de los añadidos, la ventilación del cárter, etc.
- Fabricación, donde pueden quedar residuos del mecanizado, partículas empleadas para la limpieza de las partes, etc.
- Por acciones de mantenimiento.

4.12.1 Efectos sobre la viscosidad

Según (TORMOS, 2005, pág. 142) La viscosidad cinemática puede ser alterada por distintos efectos, tal a como se muestra en la siguiente tabla, por ellos, realizando un seguimiento de la evolución de su comportamiento es posible detectar degradaciones propias del aceite o anomalías en el propio funcionamiento del motor.

Figura 20 Efectos característicos sobre la viscosidad en los lubricantes usados.

	Descenso de viscosidad	Aumento de viscosidad
Cambios en la estructura del lubricante	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura de las moléculas • Degradación de aditivos mejoradores del I.V. 	<ul style="list-style-type: none"> • Polimerizaciones • Oxidación • Pérdidas evaporación • Formación lodos y lacas
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible • Mezcla de aceites (de viscosidad inferior) • Disolventes 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua (emulsiones) • Espumas • Insolubles / Materia carbonosa • Mezcla de aceites (de viscosidad superior)

Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 142)

Posibles problemas que puede sufrir un sistema lubricado genérico debido a una incorrecta situación de la viscosidad:

Si el valor de viscosidad es excesivamente alto podemos encontrar:

- Mayor generación de calor, mayor oxidación del aceite y formación lodos y barnices.
- Cavitación.
- Flujo inadecuado a las zonas de lubricación (rodamientos, cojinetes, etc) Batido del aceite en cojinetes.
- Pérdidas por mayor consumo de energía
- Pobres características antiespuma y demulsificantes.
- Pobres características de bombeabilidad a baja temperatura.

Por el contrario, si el valor de viscosidad es excesivamente bajo nos podemos encontrar con:

- Pérdida de película de aceite, lubricación límite, fricción y por tanto excesivo desgaste.
- Alta fricción mecánica y pérdida de energía, generación de calor y oxidación.
- Fugas internas y externas.
- 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)

4.12.2 Problemática asociada a la contaminación con silicio

Según (TORMOS, 2005, pág. 187) El aumento del contenido en silicio en una muestra de aceite repercute con mayor o menor efectividad en el desgaste general del motor, su aumento se puede deber a varias causas, la más clásica y perjudicial en cuanto a desgaste se debe a la introducción de polvo atmosférico que penetra en los motores en funcionamiento por la admisión (debido a la utilización de filtro de aire ineficaces, sucios o rotos), a través de respiraderos, varillas del nivel de aceite o juntas mal ajustadas en los colectores.

El aire, cargado de impurezas, cuya cantidad y composición varía según las condiciones de operación y el medio en el que se desenvuelve el motor, pueden clasificarse en dos grandes categorías:

- Partículas de polvo, con dimensiones comprendidas entre 1 y 150 μm .
- Partículas de humo, con dimensiones entre 0,1 y 1 μm .

Para caracterizar la influencia de las partículas de polvo en el desgaste es necesario considerar el factor de actividad de estas; los polvos se componen en su mayor parte de sílice, con hasta un 70% de SiO_2 ; su dureza, característica fundamental de cara al desgaste que produce, es muy difícil de definir. No obstante, se entiende que el cuarzo, la arena u otros componentes formados a partir del sílice son lo suficientemente duros para rayar el acero e incluso el cromo.

4.12.3 Efectos del agua sobre el lubricante

Según (TORMOS, 2005, pág. 200) El agua no tiene únicamente una influencia directa sobre los componentes de la máquina, sino que también juega un papel directo en la tasa de envejecimiento o degradación de los aceites lubricantes.

La presencia de agua en el aceite lubricante puede causar que el proceso de oxidación del mismo se multiplique por diez veces [Barnes, M.; 2001], resultando un envejecimiento prematuro del aceite, más aún, si además existe la presencia de determinados metales que actúan como catalizadores, tales como cobre, plomo y estaño.

Además, en determinados tipos de aceites sintéticos, aquellos obtenidos a partir de aceites base de esteres fosfóricos y dibásicos, se sabe que son reactivos con agua, resultando de ello la destrucción del aceite base y la posterior formación de compuestos ácidos. La problemática que ocurre en el aceite ante la presencia de agua se resume en la siguiente tabla

Figura 21 Problemática asociada a la presencia de agua en el lubricante

Problema	Efectos
Hidrólisis y oxidación	La presencia de agua conduce a cambios químicos y físicos en el aceite base. Formación de ácidos Espesamiento del aceite Barnices y lodos
Aeración	El agua fomenta los problemas de aireación Espuma Entrada de aire
Efectos en la viscosidad	El agua conduce a emulsiones estables, mayor viscosidad y propiedades no newtonianas del fluido
Efectos dieléctricos	El agua reduce las propiedades aislantes del aceite

Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 201)

Determinados aditivos tales como compuestos sulfurosos anti-desgaste (AW), de extrema presión (EP) y anti-oxidantes fenólicos, son rápidamente hidrolizados en presencia de agua, resultando de ello la incapacidad de estos aditivos de llevar a cabo su misión y la formación de compuestos ácidos. Estos ácidos pueden causar un desgaste corrosivo, particularmente en componentes que contengan metales blandos tales como los utilizados en los recubrimientos de cojinetes o compuestos con base bronce o latón. Otros aditivos tales como los agentes demulsificantes, dispersantes - detergentes, e inhibidores de corrosión pueden ser lavados por la excesiva humedad. Todo esto resulta en un aumento de la sedimentación y los barros, taponamiento de filtros y pobre des emulsión agua - aceite. Por lo tanto, la contaminación por agua conduce a una serie de efectos sobre los aditivos empleados en el aceite lubricante.

En los motores Diésel la contaminación del aceite lubricante por agua proviene fundamentalmente de la condensación en el interior de los motores del de vapor agua del aire atmosférico como consecuencia de las bajas temperaturas o del aumento de presión en el cárter o bien de las fugas internas del sistema de refrigeración. La problemática más grave asociada a un nivel anormal de presencia de agua en el

aceite es la corrosión sobre las superficies metálicas y la propia degradación del aceite, tal y como hemos visto anteriormente.

4.12.4 Dilución

Según (TORMOS, 2005, pág. 208) La contaminación por combustible en un aceite de motor es lo que se conoce como dilución por combustible y puede provenir de diferentes causas tales como:

- Inyectores defectuosos: goteo, mala regulación, problemas con sellos.
- Bomba de combustible goteando o defectuosa
- Líneas de combustible con fugas
- Fuga de gases por excesiva marcha en vacío o debido a segmentos o camisas dañados.
- Periodos de uso de aceite demasiado extendidos

Los efectos derivados de esta contaminación son los siguientes:

- Pérdida de viscosidad, debido a la mezcla de un compuesto de menor viscosidad (el combustible) con el aceite. Dicha pérdida de viscosidad puede llevar a la pérdida de la película lubricante en determinadas condiciones, sobre todo en aquellas más problemáticas donde tengamos altas temperaturas y cargas importantes.
- Dilución de aditivos, debido al descenso de la concentración de los mismos, igual masa en mayor cantidad de solvente, considerando que ahora tenemos más cantidad de hidrocarburo. Uno de los ejemplos más claros de este problema lo hemos comentado anteriormente al hacer referencia al TBN, en los resultados analíticos de motores en servicio estudiados se ha comprobado que un porcentaje muy elevado de casos la pérdida excesiva de TBN en el aceite se debía fundamentalmente a la presencia de dilución y no por consumo de la reserva básica.
- Descenso del punto de inflamación. Originalmente el punto de inflamación fue desarrollado como un test con el propósito de determinar el riesgo de incendio de combustibles y lubricantes al ser almacenados o transportados.

Combinado con otros ensayos como viscosidad, índice de viscosidad y gravedad específica, el punto de inflamación puede revelar la calidad de petróleo del cual proviene el lubricante o la calidad del proceso de refino, puede permitir la identificación del tipo de corte (amplio o estrecho) empleado en el aceite base o si existe una mezcla de dos fracciones (dos aceites base de diferente viscosidad mezclados). Por último, el punto de inflamación puede ser indicativo sobre la volatilidad y contenido de compuestos volátiles en el aceite.

- Prematura oxidación del aceite, pérdida de nivel de dispersancia y protección anti desgaste.
- Incremento de azufre en el aceite (riesgo de corrosión), si el combustible tiene una concentración de azufre considerable.

4.12.5 Insolubles y materia carbonosa

Según (TORMOS, 2005, pág. 213) El conocimiento del contenido en insolubles de un aceite y su composición es siempre interesante, ya que dicho contenido está directamente relacionado con la propia degradación del aceite, con la eficacia de los filtros, con el desgaste del sistema lubricado y en los casos de utilización de aceites detergentes, con el grado de saturación frente al contenido de materia carbonosa producida en la combustión.

De todos estos contaminantes que se reflejan en el contenido en insolubles, en los motores Diésel, el más importante sin lugar a dudas es la materia carbonosa.

La materia carbonosa consta en un 98% de carbono en peso, se forma durante el proceso de combustión y entra al cárter de aceite con el blow-by de los gases de la combustión. Las partículas de materia carbonosa tienen una forma aproximadamente esférica y un tamaño dentro del rango entre 0,01 y 0,05 μm , aunque tienen tendencia a aglomerarse formando partículas de mayor tamaño.

Las causas de la aparición de un nivel importante de materia carbonosa y los efectos que podemos tener debido a esta excesiva contaminación por materia carbonosa son presentadas en la siguiente tabla

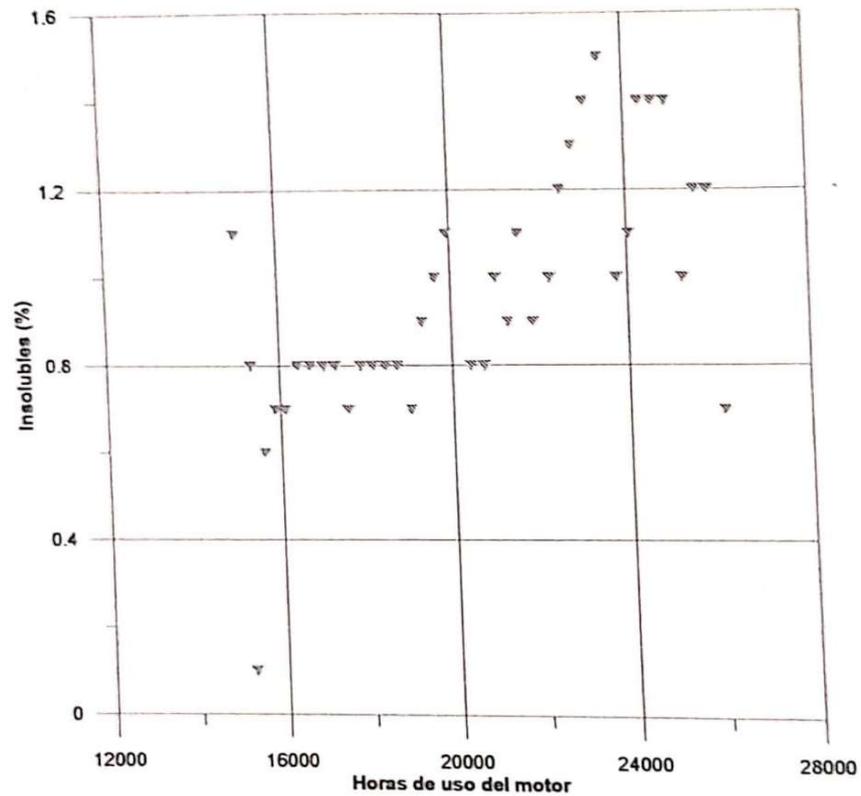
Figura 22 Causas y efectos de la contaminación por materia carbonosa

Causas	Efectos
Cambio de aceite muy extendido	Pérdida de dispersancia
Blow-by elevado	Formación de lodos
Baja compresión	Pérdida de protección anti-desgaste
Alta relación de combustible / aire	Bloqueo de venas de lubricación
Filtro de aire tapado	Taponamiento de filtros
Variación y excesiva marcha en vacío	

Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 214)

Como parece lógico pensar el propio envejecimiento del motor va a conducir a que determinados factores que afectan a la tasa de generación de materia carbonosa o insolubles aumente, así podemos tener mayores holguras en la zona de segmentos pistón y camisa, perdida de eficiencia en filtros, etc., todo ello puede verse reflejado en valores crecientes de contenido de la misma. En el ejemplo de la figura 11 se ve el aumento del contenido de insolubles comparado frente a la edad del motor, sobre muestras tomadas siempre a las 300 horas de uso del aceite.

Figura 23 Evolución del contenido de insolubles con el uso del motor



Fuente: (TORMOS, 2005, pág. 216)

En la lubricación, la presencia de materia carbonosa afecta a:

- Un aumento de la viscosidad.
- Un incremento en la tasa de desgaste
- Mayor formación de barros (sludge).
- Un aumento de la presión diferencial del filtro o incluso su taponamiento.

4.12.6 Contaminación por glicol

Según (TORMOS, 2005, pág. 226) La contaminación por glicol o anticongelante en un aceite de motor reporta una serie de efectos adversos sobre el aceite, tales como: el espesamiento del mismo, la mayor tendencia a la formación de emulsiones

y geles, la formación de ácidos, restricciones en el flujo de aceite, fallo de filtros y una pobre lubricación.

“Los posibles caminos de contaminación del aceite lubricante por glicol son numerosos, así podremos encontrarnos contaminaciones debidas a: sellos defectuosos o deteriorados, camisas agrietadas por corrosión o por cavitación, por erosión electroquímica, etc.”

5 DISEÑO METODOLOGICO

5.1 ENFOQUE DE INVESTIGACION

El enfoque de esta investigación es cualitativo por que se sustenta a través del análisis de degradación, así como del análisis físico-químico del lubricante usado, permitiéndonos determinar el estado actual del mismo.

5.2 TIPO DE INVESTIGACION

Esta investigación es de tipo descriptiva porque nos permite conocer las propiedades físico-químicas del lubricante usado mediante el análisis de degradación y el análisis de laboratorio, determinando así el estado y los contaminantes presentes en el lubricante usado en los motores diésel Detroit serie 60.

5.3 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo de estudio son 9 equipos pesados con motores Detroit Diésel Serie 60 propiedad de la empresa Concretos y Mas, ubicada en Managua.

5.4 MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos fue necesario entrevistar al jefe de taller de la empresa, quien nos brindó información detallada sobre el lubricante utilizado, horas de uso del lubricante en cada equipo, así como problemas asociados al mismo.

Con el uso de una bomba vampiro se procedió a recolectar muestra de aceite usado en cada equipo, así mismo se tomó muestra del aceite nuevo para realizar análisis de degradación en campo con el uso del equipo SKF TEMH1.

Una vez realizado el análisis de degradación se procede a montar una matriz de degradación y posterior envió de muestra al Laboratorio Polaris en el vecino país de Guatemala para su análisis.

Una vez recibida la información de los análisis se procede a realizar la interpretación, diagnóstico y recomendaciones por cada equipo.

5.5 TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS

Para poder realizar una correcta interpretación de los datos obtenidos en el análisis del laboratorio, es necesario realizar una comparativa de la siguiente información:

- Ficha técnica del Lubricante Peak SAE 15W40 API CI-4 Plus
- Parámetros de calidad establecidos por API
- Parámetros de viscosidad establecidos por SAE
- Parámetros de lubricantes establecidos por Detroit
- Intervalos de drenaje establecidos por Detroit
- Parámetros sobre el Diésel establecidos por Detroit
- Ficha técnica del Diésel utilizado en Nicaragua según la norma RTCA 75.02.17:19
- Análisis de Lubricante realizado por Laboratorio Polaris
- Parámetros de contaminación y desgaste establecidos por Detroit
- Parámetros de contaminación y desgaste según literatura relacionada

6 DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO

6.1 INTERPRETACION DE ANALISIS



COMERCIAL DE POTENCIA Y MAQUINARIA

ENTIENDA EL INFORME

¡Es fácil!

No tiene que interpretar los resultados de la prueba. Simplemente lea el comentario del diagnóstico.

Los resultados de la prueba analítica, los comentarios y las recomendaciones del diagnóstico han sido efectuados por el "Analizador-in-Situ" (OSA, según las siglas en inglés.) Este analizador hace uso de los avances tecnológicos más modernos en la investigación de los aceites que la industria tiene a su alcance.

Las pruebas incluyen espectroscopia de emisión e infrarroja para medir la rapidez de desgaste interna del motor o de la transmisión, así como también las propiedades físicas y la condición utilizable del aceite.

Investigamos diez condiciones: seis de ellas investigan el desgaste de los metales y cuatro investigan los metales contaminantes. El desgaste de los metales produce partículas minúsculas de metal que se mezclan con el aceite. Estas se producen por la fricción entre las piezas en movimiento, la abrasión y / o la corrosión. El Analizador-in-Situ energiza estas partículas y obtiene una medición de "parte por millón" (ppm.) Estos resultados en ppm son comparados científicamente con los modelos conocidos de desgaste de los motores o de las transmisiones y se reportan en la sección "comentario del diagnóstico", dependiendo de la severidad de la situación, y de la información que sigue acerca del desgaste de motores, transmisiones y cajas de engranajes (el peso máximo del aceite a analizar es 90 o aceites multigrado 80W90.)

Nuestros "límites intolerables" dependen de la fabricación del motor o de la transmisión, del número total de millas recorridas del vehículo desde su fabricación (o de su reconstrucción) y el número total de millas desde el último cambio de aceite.

Aluminio: Pistones, rodamientos / cojinetes, Asiento de los rodamientos o cojinetes, arandelas de empuje, bujes / casquillos.

Cromo: Anillos de compresión, rodamientos de baja fricción, camisas de cilindros, sistemas de refrigeración cromadas.

Cobre: Rodamientos, bujes, arandelas de empuje, refrigerante de aceite, embragues, aditivo químico para mejoramiento de aceites.

Hierro: Cigüeñal, sistema de válvulas, cilindros, engranajes, camisas de cilindro, rodamientos.

Plomo: Rodamientos, contaminantes proveniente de la gasolina con plomo (vehículos solamente.)

Estaño: Pistones, rodamientos, bujes.

Los metales contaminantes son detectados principalmente debido a problemas en el sistema de toma de aire (impurezas de sílice) o debido a fugas del refrigerante (potasio, sodio y a veces sílice) son los aditivos típicos que se encuentran en los productos químicos para el tratamiento del refrigerante.) Estos elementos también se miden en ppm y se evalúan en contenido y severidad.

Silicona: Es la causa más común del desgaste del sistema e indica la presencia de impurezas, material de sellos, aceite con base de sílice o aditivo del líquido refrigerante.

Potasio: Es un aditivo común para el líquido refrigerante y es indicación de la existencia de un problema en el sistema de refrigeración.

Sodio: Es un elemento existente en los aditivos para mejorar la efectividad del aceite y del líquido de refrigeración, además es un contaminante ambiental.

Esta sección contiene los datos físicos de su análisis de aceite y se explica de la a la manera siguiente:

Agua: Es medida en porcentaje del volumen total. Puede ser una indicación de condensación debido a que un sistema está trabajando frío, una fuga en el sistema de refrigeración o una contaminación exterior (Es grave cuando el agua contenida es mayor de 1%.)

Glicol: Es medido en porcentaje del volumen total. Es un componente principal de la fórmula en la mayor parte de los líquidos anticongelantes comerciales. Su presencia generalmente indica algún tipo de fuga del refrigerante. Es anormal cuando es más de 0.2%.)

Combustible: Es medido en porcentaje del volumen total. Puede indicar una combustión defectuosa o una mezcla rica de aire y combustible cuando está presente entre 2% y 5%. Cuando se detectan niveles altos de combustible, normalmente indica un problema en el inyector o una fuga en el tubo interno del combustible. El resultado de esta prueba es preciso

dentro de +/-2% para los motores diesel y dentro de +/-1 y 1/2 para los motores a gasolina.

Oxidación: Es medida en unidades de absorción. Es el resultado del oxígeno del aire reaccionando con el aceite a temperaturas elevadas y este es un proceso normal a medida que el aceite se deteriora. Si un motor funciona continuamente a temperaturas altas durante periodos largos, o si se extiende demasiado el intervalo del cambio de aceite, puede observarse valores superiores a 25 unidades de absorción. En estos casos se recomienda un inmediato cambio de aceite. El resultado de esta prueba es preciso dentro de +/-4 unidades de absorción.

Nitración: (motores a gasolina) Estos subproductos de nitrato se forman durante el proceso de encendido del combustible. Estos subproductos de nitrato son a menudo corrosivos y aceleran el deterioro del aceite.

Hollin: (motores diesel) Es medido en unidades de absorción. Este es un subproducto normal de la combustión de diesel y aparece como contaminante en el aceite (espesamiento del aceite.) Si es más alto de lo normal, puede indicar una mezcla incorrecta de aire y combustible. Tomas de aire o inyectores defectuosos pueden causar depósitos u oxidación y también degradar la efectividad de los aditivos de aceite. Es un problema serio cuando llega a 4 unidades de absorción. Esta prueba es precisa dentro de +/-0.2 y 0.3 unidades de absorción.

Viscosidad: (valor estimado) Esta medición estimada es una indicación de la capacidad del aceite de penetrar y lubricar las piezas en movimiento del motor o de la transmisión. Viscosidad es una indicación de la consistencia del aceite: es muy espeso o muy delgado. Como guía aproximada, el aceite para motor diesel 15W40 debe tener una viscosidad entre 12.5 y 16.3 y el aceite para motores a gasolina 10W30 debe tener una viscosidad entre 9.3 y 12.5. **El valor reportado de viscosidad es únicamente una estimación.** Esta viscosidad estimada es precisa dentro de +/- 1.5 cSt.

Número Base Total: (TBN – Valor estimado) Este número es una medición calculada de la reserva alcalina del aceite (aditivo) que es capaz de neutralizar la acidez de los contaminantes, principalmente formados por la absorción de los gases generados durante la combustión y por el deterioro del aceite. Los subproductos de la combustión son la fuente de los ácidos más fuertes, por lo tanto, los intervalos de cambios de aceite que se alargan demasiado, la insuficiencia de aditivo o el sobrecalentamiento son causas de la obtención de un TBN bajo. Generalmente, cuando el TBN es inferior a 3, es una indicación de que el aceite a perdido su cualidad de lubricar y debe cambiarse lo más pronto posible.

6.2 DESGASTE DE METALES EN MOTORES DIESEL

A continuación, parámetros característicos de desgaste de metales:

Figura 24 Desgaste característico de metales en motores Diésel con intervalos de drenaje de 500 horas

Motor a Diesel			ppm / 500 Horas			
Metal		Posible Fuente del Metal	Normal	Marginal	Precaución	Crítico
Fierro	Fe	Camisa, engrane, elevadores, anillos	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100
Cromo	Cr	Anillos, levas, empujadores	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15
Piomo	Pb	Rodamientos, Arandelas	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40
Cobre	Cu	Cojinetes, Bujes, Arandelas	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45
Estaño	Sn	Rodamientos	0 - 10	11 - 15	16 - 20	>20
Aluminio	Al	Pistones, Cojinetes, tierra	0 - 6	7 - 15	16 - 20	>20
Silicio	Si	Tierra, Anti espumante	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15
Sodio	Na	Refrigerante, sal, posiblemente aditivo	0 - 5	6 - 15	16 - 30	>30

Figura 25 Relación de concentraciones estándar de elementos metálicos y la situación que los provoca.

Fe	Elementos (ppm)					Situación
	Al	Cr	Cu	Na	Si	
35	8	3	15	12	15	Normal
92	29	16	20	16	69	Entrada severa de suciedad
38	9	4	124	243	101	Fuga interna de refrigerante
35	8	3	15	12	250	Utilización de sellos de silicona
36	10	5	10	19	31	Alto nivel de antiespumantes
105	134	38	20	21	145	Fallo en el sistema de inyección
120	25	10	35	12	68	Entrada de suciedad externa

6.3 SKF TEMH1



El TMEH 1 mide los cambios en la constante dieléctrica de una muestra de aceite. Por comparación de las mediciones obtenidas a partir de muestras usadas y nuevas del mismo aceite, se determina el cambio en el estado del aceite.

El controlador muestra los cambios en la condición del aceite, que se ven afectados por factores como:

- contenido de agua
- contaminación por combustible
- contenido metálico
- oxidación

6.4 FICHA TECNICA PEAK PERFORMANCE 15W40 CI-4 PLUS HEAVY DUTY MOTOR OIL



HEAVY DUTY
MOTOR OIL
15W-40
CI-4 Plus

HEAVY DUTY DIESEL MOTOR OIL (15W40 CI-4 Plus SM)

DESCRIPCIÓN:

PEAK® PERFORMANCE 15W-40 CI-4 Plus Heavy Duty Motor Oil es un aceite para motores a Diesel elaborado a partir de bases minerales y un sistema de aditivos único diseñado para ofrecer una inmejorable detergencia, dispersancia y ha sido optimizado para soportar la degradación por temperatura, oxidación, corrosión y desgaste. Elaborado para operar en motores de aspiración natural o turbo cargados incluyendo a los que cuentan con un sistema de recirculación de gases (EGR- Exhaust Gas Circulation).

BENEFICIOS

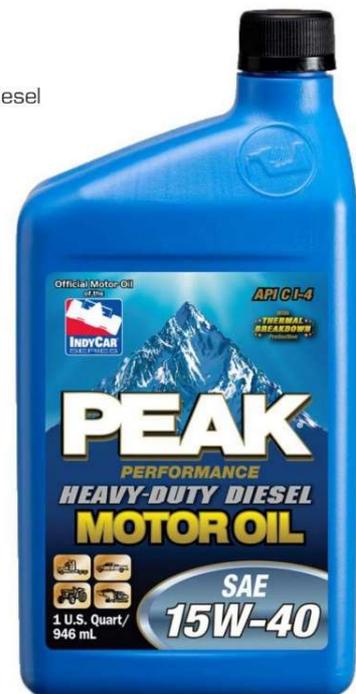
- Cumple con las categorías de servicio API CI-4 Plus, CI-4, CH-4 y SM, SL.
- Alta estabilidad a la oxidación y resistencia a la pérdida de viscosidad.
- Reduce los depósitos y mejora la limpieza del motor.
- Contiene aditivos que permiten inhibir la corrosión y herrumbre.
- Contiene aditivos para protección térmica.
- Ayuda a extender los intervalos de cambio cuando se utiliza con diesel bajo en azufre.

APLICACIONES

PEAK® PERFORMANCE 15W-40 CI-4 Plus Heavy Duty Motor Oil es recomendado para utilizarse en motores diesel de aspiración natural o turbocargados así mismo con sistemas de Recirculación de Gases de Escape que operan bajo las más severas condiciones de carga y velocidad. Se utiliza en flotas de transporte, equipos de construcción, motores marinos, tractores agrícolas y en donde el fabricante especifique el uso de un aceite que cumpla la especificación API CI-4 Plus/SM.

Cumple con las siguientes especificaciones:

- API CI-4 Plus, CI-4, CH-4
- SM, SL Service Categories
- Mack EO-N Premium Plus O3
- ACEA E7-O4, E2-96
- Cummins CES 20071, 20072, 20076, 20077, 20078
- Detroit Diesel PG 93K214
- Volvo VDS-3
- Global DHD-1
- MAN 3275
- Caterpillar ECF-1A, ECF-2



Las recomendaciones de viscosidad dependen de la temperatura y el fabricante del motor. Siempre consulte su manual del usuario para la elección de la viscosidad correcta y las recomendaciones de Servicio API.



HEAVY DUTY MOTOR OIL
15W40 CI-4 Plus



HEAVY DUTY MOTOR OIL (15W40 CI-4 Plus SM)

ANÁLISIS:

Método	Prueba	15W40
Gravedad (° API)	ASTM D-287	28.50
Categoría de Servicio API		CI-4 Plus /SM
Peso Especifico (gr/ml)	ASTM 1298	0.883
Viscosidad 40 °C (cst)	ASTM D 445	113
Viscosidad 100 °C (cst)	ASTM D445	14.0
Índice de Viscosidad	ASTM 2270	131
Aspecto		BRILLANTE
Humedad		NEGATIVO
Flash Point (°C)	ASTM D 92	234
Pour Point (°C)	ATSM D 874	-30
Color	ASTM D 1500	3.5
T.B.N mg KOH/g	ASTM 2896	10.30
Cenizas Sulfatadas	ASTM D874	1.3
Espumacion	ASTM 1492	50/O PASA

Cuarto Código	15W40
Galón Código	PO6806
Cubeta Código	PO6820
Barril Código	PO6804
	PO6802

SAE Viscosity Grade API Classification

15W-40 CI-4 Plus/SM

INFORMACIÓN DE UNIDADES

Unidad

Cuarto	12/1
Galón	6/1
Cubeta	15 Galones
Barriles	55 Galones

www.peaklubricants.com

www.peakauto.com

PEAK Y EL GRAFICO DE LA MONTANA PEAK SON MARCAS REGISTRADAS DE OLD WORLD INDUSTRIES, LLC. INDYCAR® SERIES (Y DISEÑO) E INDIANAPOLIS 500 (Y DISEÑO) SON MARCAS DE BRICKYARD TRADEMARKS, INC., USADAS CON PERMISO.

6.5 DETROIT

6.5.1 Requisitos del Aceite Lubricante

En general, la selección de aceite lubricante para motores Detroit™ se basa en la categoría de servicio y el grado de viscosidad como está definido en los estándares de la industria y se observa en el símbolo de API que se muestra en la siguiente sección. Los aceites identificados por este sistema y acreditados por la API proporcionan un servicio adecuado en la mayoría de las aplicaciones. En el 2002, Detroit™ inició criterios adicionales a estos requisitos mediante el uso de la Especificación de Fluidos Detroit resultando en un listado de aceites recomendados para Motores Detroit™.

Aceites Aprobados — Especificación de Fluidos Detroit

En el 2005, Detroit™ publicó su primer listado de aceites aprobados basado en la Especificación de Fluidos Detroit. Estas especificaciones representaron un nivel de rendimiento mejorado más allá del sistema de la categoría de servicio basado en la industria. Los aceites que cumplen con estas especificaciones se someten a una revisión adicional de afirmaciones de desempeño, incluyen requisitos de rendimiento adicional para la familia internacional de motores Detroit™ en comparación con los aceites de motor certificados por API. La confianza agregada en el desempeño de estos aceites permite a los clientes de Detroit™ maximizar los intervalos de drenado de aceite y la vida de servicio del motor más allá de lo permitido con aceites de motor basados en la industria.

Especificación de Fluidos Detroit Aprobada			
Especificación	Año del Modelo del Motor	Azufre del Combustible, ppm	Aplicación Prevista
93K223	EPA10/GHG14/GHG17	Azufre Ultra Bajo, menor que 15	Recomendado para todos los motores Detroit™ de cuatro-ciclos incluyendo con y sin un sistema de post-tratamiento, EPA10/GHG14/GHG17, funcionando con combustible ULSD. Estos aceites son similares a API FA-4
93K222	EPA07/10/GHG14/GHG17 Serie 60, MBE4000, MBE900		Recomendado para todos los motores de cuatro tiempos de Detroit™ incluyendo con y sin un sistema de post-tratamiento, EPA07/10/GHG14/GHG17 y anteriores (incluyendo motores obsoletos), funcionando en combustible ULSD. Estos aceites son similares a API CK-4
93K218			Recomendado para todos los motores de cuatro tiempos de Detroit™ incluyendo con y sin un sistema de post-tratamiento, EPA07/10/GHG14/GHG17 y anteriores (incluyendo motores obsoletos), funcionando en combustible ULSD. Estos aceites son similares a API CJ-4.
93K214	EPA04 y Anterior	Azufre Bajo, menor que 500	Motores equipados con EGR enfriado sin dispositivos de post-tratamiento o cualquier motor funcionando con combustible de Azufre Bajo. Estos motores reúnen los requisitos de emisiones del año del modelo 2002 a 2006. Estos aceites son similares a API CI-4 PLUS.
	EuroIV, EuroV DD13, DD15, DD16		
93K215	EPA98 y Anteriores	Azufre Alto, menor que 5000	Motores equipados con no-EGR, operan con combustible por debajo de combustible de azufre de 5000 ppm. Estos aceites son similares a API CH-4.

6.5.2 Propiedades Típicas

Listados en la tabla de abajo están las propiedades químicas y físicas típicas de un aceite lubricante comercializado hoy en día. Esta tabla es para propósitos de información solamente. No debe ser interpretado como una especificación, ni utilizarse solo en la selección de un lubricante de motor.

Propiedades Típicas del Aceite del Motor Recomendado de Detroit™				
Servicio API Grado de Viscosidad	15W-40 CH-4, CI-4 PLUS Especificación de Fluidos Detroit 93K214 / 215	15W-40 CJ-4 Especificación de Fluidos Detroit 93K218	5W-30/10W-30 CK-4/ CJ-4 Especificación de Fluidos Detroit 93K222/93K218	5W-30/10W-30 FA-4 Especificación de Fluidos Detroit 93K223
Viscosidad, Cinemática, cSt: 40°C	95 – 115	95 – 115	75 – 85	-
Viscosidad, Cinemática, cSt: 100°C	12.5 – 16.3	12.5 – 16.3	9.3 – 12.5	9.3 – 12.5
HT/HS, cP 150°C	3.7 Mín.	3.7 Mín.	3.5 Mín.	2.9 Mín.
Punto de Fluidez °C, Máx.	-23°C (-9°F)	-23°C (-9°F)	-30°C (-22°F)	-30°C (-22°F)
Punto de Combustión °C, Mín.	215°C (419°F)	215°C (419°F)	205°C (401°F)	205°C (401°F)
Ceniza Sulfatada, % Masa	2.0 Máx.	1.0 Máx.	1.0 Máx.	1.0 Máx.
Azufre, ppm	4000 – 8000	4000 Máx.	4000 Máx.	4000 Máx.

6.5.3 Intervalos de Drenado de Aceite

Durante el uso, el aceite lubricante del motor se deteriora debido a subproductos de la combustión y contaminación por el motor. Además, ciertos componentes en un paquete de aditivos de lubricante están diseñados para agotarse con el uso. Por estas razones, sin importar de la formulación del aceite, se requieren intervalos de drenado de aceite normales.

NOTA: Es muy recomendable el uso de muestreo de aceite y análisis para validar todos los intervalos de drenado. Para confirmar los intervalos de drenado de aceite, use el Análisis de Aceite con Número de Base Total Genuino de Detroit™, Número de Parte 23520989.

Intervalos de Drenado de Aceite para Regiones Específicas No Usando ULSD

Los intervalos de drenado de aceite para los motores listados en la tabla de abajo están basados en los motores funcionando en regiones específicas no usando combustible Diésel con Contenido de Azufre Ultra-Bajo (ULSD) con un aceite aprobado por la Especificación de Fluidos Detroit DFS 93K222, DFS 93K218 y DFS 93K214. Aceite API CK-4/CJ-4/CI-4 Plus o un aceite certificado equivalente que no es aprobado por la Especificación de Fluidos Detroit puede ser usado en intervalos de drenado reducidos. Estos intervalos deberían ser considerados como máximos y no deben excederse. Los intervalos de drenado de aceite están basados en el ciclo de trabajo y pueden necesitar ser reducidos dependiendo de la operación y aplicación del cliente.

Intervalos Máximos de Drenado de Aceite y Cambio de Filtro para Aceites Aprobados por la Especificación de Fluidos Detroit DFS 93K222, DFS 93K218 y DFS 93K214 para Regiones Específicas No Usando ULSD

Intervalos de Drenado de Aceite		
Aplicación del Servicio	Serie / Región del Motor	Intervalo del Drenado de Aceite
Camión de Carretera †	MBE 900, MBE 4000, S60 (Anteriores al 2007)	24,000 km, 500 horas o 6 meses §
Parar y Avanzar, Viaje Corto ‡	MBE 900, MBE 4000, S60 (Anteriores al 2007)	9,600 km, 250 horas o 3 meses §
† El servicio de Camión de Carretera aplica a vehículos que viajan anualmente más de 30,000 millas (48,000 kilómetros) y promedian más de 5.1 millas por galón con un funcionamiento mínimo de parar y avanzar en la ciudad.		
‡ El servicio de † Parar y Avanzar, Viaje Corto se aplica a los vehículos que viajan anualmente hasta 30,000 millas (48,000 kilómetros) o promedian menos de 5 millas por galón o que funcionan bajo condiciones severas. Parar y Avanzar, Viaje Corto también se aplica a aplicaciones de RV. Solamente una de estas condiciones necesita ser reunida para categorizar una aplicación como Parar y Avanzar, Viaje Corto.		
§ Lo que suceda primero.		

Intervalos de Drenado de Aceite Fuera de las Recomendaciones de Detroit

Cambiar aceite de motor y filtros en los intervalos regulares recomendados elimina contaminantes en el aceite y filtro y repone de aditivos prescindibles de rendimiento de aceite. La extensión de los intervalos de cambio de aceite requiere que un motor pueda tolerar el aumento de los niveles de contaminantes tales como hollín, suciedad, oxidación, desgaste de metales, residuos de combustible y agua. Extender los intervalos de cambio de filtro de aceite requiere que los filtros tengan mayor capacidad para seguir recolectando estos contaminantes a un ritmo suficiente para proteger el motor. Los aceites de motor deben ser formulados con aditivos capaces de un rendimiento prolongado por desgaste, oxidación, dispersación, detergencia y filtrabilidad.

Mientras que la extensión de los intervalos de drenado de aceite puede proporcionar a los propietarios y operadores de equipos accionados por diésel un ahorro de costos en materiales (aceite y filtros), el tiempo de inactividad relacionado con el mantenimiento y la eliminación de residuos, puede haber una reducción significativa de la vida útil del motor al reacondicionamiento con partes nuevas. **Aceites de motor y filtros actualmente comercializados no están diseñados para operar a intervalos de servicio extendido. Estos productos cumplen los requisitos de ren-**

diminución de pruebas estándar de la industria que pretenden predecir el funcionamiento real del motor bajo las condiciones de los intervalos de servicio estándar.

6.5.4 Análisis de Lubricante Usado

Programa de Análisis de Aceite Genuino de Detroit™, o de análisis de aceite usado, se recomienda para todos los motores. El análisis de aceite consiste en pruebas de laboratorio para indicar las condiciones del motor y/o el lubricante. Los “Límites de Advertencia” están listados en la tabla “Límites de Advertencia del Análisis de Muestra Simple de Aceite Usado.” El análisis de aceite no puede evaluar completamente el aceite lubricante y no debe utilizarse para maximizar los intervalos de drenado de aceite. Cambie el aceite inmediatamente si la contaminación excede los límites de advertencia listados a continuación.

Límites de Advertencia del Análisis de Muestra Simple de Aceite Usado								
Características	ASTM u Otros Métodos	Condiciones Medidas	40, 50, 60	55	MBE 900	MBE 4000	DD5, DD8, DD13, DD15, DD16	
Viscosidad a 100 °C, cSt, Mín.	D 445 DIN 51562	Motor y Aceite	12.5 SAE 15W-40 / 9.3 SAE 10W-30/5W-30					
Viscosidad a 100 °C, cSt, Máx.	D 445 DIN 51562	Motor y Aceite	21.9 SAE 15W-40 / 12.5 SAE 10W-30/5W-30					
Hollín, %*	E1131	Combustión del Motor	4.5†					
Glicol, Máx.	D7922 DIN 51375	Motor	Negativo					
Agua, Máx.	E203	Motor	3,000 PPM					
Dilución de Combustible, Máx.	D7953	Motor	2.5%	7%				
Fe, Máx. ‡	D5185	Desgaste del Motor	200 ppm					
Al Máx. ‡	D5185	Desgaste del Motor	30 PPM				50 ppm	
Si Máx. ‡	D5185	Desgaste del Motor	30 PPM				50 ppm	

Límites de Advertencia del Análisis de Muestra Simple de Aceite Usado							
Características	ASTM u Otros Métodos	Condiciones Medidas	40, 50, 60	55	MBE 900	MBE 4000	DD5, DD8, DD13, DD15, DD16
Cu, Máx. §	D5185	Desgaste del Motor	30 PPM				50 ppm
Pb, Máx. ‡	D5185	Desgaste del Motor	30 PPM				10 ppm
Na, Máx. ‡	D5185	Fuga del Líquido Refrigerante del Motor	100 ppm				
K, Máx. §	D5185	Fuga del Líquido Refrigerante del Motor	150 ppm				
* Espectroscopia Infrarroja (ASTM E 168/DIN 51452) puede también ser usada, siempre que esté calibrado para ser equivalente al método de TGA.							
† Con aceites aprobados por la Especificación de Fluidos Detroit.							
‡ Estos son límites generales. Los límites de desgaste de metal se determinarán por la aplicación específica y el aceite usado.							
§ Los resultados pueden exceder los límites durante el período de adaptación del motor; vea Referirse a la sección "Análisis de Aceite Durante el Período de Adaptación del Motor" para más información.							
NOTA: Estos límites tienen la intención de ser una guía cuando se prueba una sola muestra de aceite y se basan en los intervalos de drenado de aceite normal listadas en la Tabla "Drenado y Cambio de Filtro de Aceite Máximo para la Serie 60, MBE 4000, DD5, DD8, DD13, DD15, y DD16 usando los Aceites Aprobados con Combustible ULSD por la Especificación de Fluidos Detroit 93K218." Los límites actuales son dependientes del motor, aplicación, intervalo de drenado y tipo de aceite.							

6.5.5 Filtración

Filtros forman una parte integral de los sistemas de combustible y de aceite lubricante. La correcta selección y mantenimiento de los filtros son importantes para una operación apropiada y una vida de servicio satisfactoria del motor. Sin embargo, use filtros, para mantener un sistema limpio, no para limpiar un sistema contaminado.

6.5.6 Filtros de Combustible y de Aceite Lubricante

Especificaciones de prueba y rendimiento del filtro varían entre fabricantes. Estas especificaciones son de naturaleza generales y no reflejan el rendimiento real de filtros genuinos de Detroit™. Se advierte también al usuario cuando se comparen clasificaciones en micras entre marcas de filtros. Algunos fabricantes de filtro pueden publicar los resultados de las pruebas en las que no se utilizó el procedimiento de prueba SAE J1858. También es importante tener en cuenta que la capacidad y clasificaciones de eficiencia (micras) no deben ser el único criterio para juzgar el rendimiento del filtro. Muchos otros factores importantes, incluyendo la fuerza del medio, resistencia a fallos de impulso y la fuerza de explosión, a menudo difieren mucho entre marcas de filtro y deben entrar en el proceso de selección de filtro.

Filtración más fina generalmente proporcionará una vida de servicio incrementada del motor, pero puede requerir intervalos más cortos de cambio de filtro. Detroit™ especifica el rendimiento del filtro basado en la combinación óptima de la clasificación de micras del filtro, capacidad del filtro y requerimientos mecánicos (integridad del ensamble).

Combustibles biodiesel también tienen consecuencias en la vida útil del filtro. Referirse a la sección "Combustibles de Biodiesel".

6.5.6.1 Requisitos de Filtro de Combustible:

- Los filtros de combustible del motor deben ser cambiados en los intervalos recomendados de mantenimiento alineando con los cambios de aceite, o cuando la "Lámpara de Mantenimiento del Filtro de Combustible" se activa en el tablero de instrumentos.
- Para una vida máxima de los componentes del sistema de combustible, no se recomiendan exceder 100,000 millas en filtros de combustible de motor bajo ninguna condición.

6.5.6.2 Requisitos de Filtro de Aceite:

Los filtros de aceite del motor deben ser cambiados en los intervalos de mantenimiento recomendados alineando con los cambios del aceite del motor.

6.5.7 Requisitos mínimos de filtro de aceite y filtro de combustible:

Requisitos Mínimos de Aceite y Filtro de Combustible (1 de 2)				
Producto	Descripción	Especificación de Eficiencia	Especificación de Capacidad	Años de la Aplicación
S60/S50	Filtro de Aceite de Flujo Completo Genuino de Detroit™	98% mínimo en partículas de 23-27 micras a 25 gpm de acuerdo a SAE J1858	70 g mínimo a 25 gpm y presión terminal de 25 psid de acuerdo a SAE J1858	1993 y más nuevo
S60/S50	Filtro de Aceite de Flujo Completo Genuino de Detroit™	98% mínimo en partículas de 28 micras a 25 gpm de acuerdo a SAE J1858	70 g mínimo a 25 gpm y presión terminal de 25 psid de acuerdo a SAE J1858	Antes de 1993
S60/S50	Filtro Primario de Acoplamiento-Roscado de Combustible Genuino de Detroit™	98% mínimo en partículas de 23-27 micras a 100 gph de acuerdo a SAE J1858	48 g mínimo a 100 gpm y presión terminal de 10 psid de acuerdo a SAE J905	Antes de 2004
S60/S50	Filtro Primario Separador de Agua/Combustible de Acoplamiento-Roscado Genuino de Detroit™	98% mínimo en partículas de 23-27 micras a 100 gph de acuerdo a SAE J1858 Eliminación de Agua: 93% mínimo emulsionada de acuerdo a ISO 4020 a 125 lph	48 g mínimo a 100 gpm y presión terminal de 10 psid de acuerdo a SAE J905	Todos
S60/S50	Filtro Secundario de Acoplamiento-Roscado de Combustible Genuino de Detroit™	98% mínimo en partículas de 7-9 micras a 100 gpm de acuerdo a ISO 4548-12	15 g mínimo a 100 gph y presión terminal de 10 psid de acuerdo a SAE J905	Antes de 2004
S60	Filtro Secundario de Acoplamiento-Roscado de Combustible Genuino de Detroit™	87.5% mínimo en 3-5 micras, 98.5% mínimo en 5-10 micras, 99.4% mínimo en partículas de 10-15 micras a 125 lph ISO TR 13353, 1994-10-1 (un solo paso, polvo fino) Guía de Referencia de Aplicación de Bosch Y414 E20 022, con fecha de 23.12.1999	23 g mínimo a 100 gph y presión terminal de 10 psid de acuerdo a SAE J905	2004 y más nuevo
S60	Cartucho de Combustible Davco® Fuel Pro® 382 Elemax	87.5% mínimo en 3-5 micras, 98.5% mínimo en 5-10 micras, 99.4% mínimo en partículas de 10-15 micras a 125 lph ISO TR 13353, 1994-10-1 (un solo paso, polvo fino) Guía de Referencia de Aplicación de Bosch Y414 E20 022, con fecha de 23.12.1999 Eliminación de agua: mínimo 95% eficiencia a ambas agua emulsionada y libre de acuerdo a SAE J1488 y SAE J1839	58 g mínimo a 100 gph, presión terminal de 4 psid de acuerdo a SAE J905	Todos

6.6 FICHA TÉCNICA DIÉSEL CENTRO AMÉRICA

REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO

RTCA 75.02.17:19

Tabla 1. Especificaciones físico-químicas para aceite combustible diésel.

Característica	Unidades	Método ASTM	Valores
Apariencia	-----	D 4176	Claro y Brillante (a)
Aditivos (b)	-----	-----	Reportar
Color ASTM	-----	D 1500	Reportar
Índice de cetano calculado	-----	D 976	45 mín.
Número de cetano (c)	-----	D 613	45 mín. (d)
Corrosión tira de cobre, 3 h, 50 °C.	-----	D 130	No.2 máx.
Contenido de cenizas	fracción de masa (% masa/masa)	D 482	0,0001 (0,01) máx.
Contenido de azufre total	fracción de masa (% masa/masa)	D 2622 (e)	0,0005 (0,05) máx. (f) (Ver nota para todos los países)
Residuo de carbón Conradson en 10 % residuo	fracción de masa (% masa/masa)	D 189	0,0010 (0,10) máx.
o Residuo de carbón Ramsbottom en 10 % residuo		D 524	0,0013 (0,13) máx.
Agua y sedimentos	fracción de volumen (% volumen/volumen)	D 2709	0,0005 (0,05) máx.
Punto de inflamación (<i>flash point</i>)	°C	D 93	52 mín.
Gravedad API a 15,56 °C (60 °F)	°API	D 287	Reportar
o densidad a 15 °C	kg/m ³	D 1298	
Punto de escurrimiento	°C	D 97	Reportar
Punto de enturbiamiento	°C	D 2500	10 máx. (Ver nota limitación climática para Guatemala)

Característica	Unidades	Método ASTM	Valores
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s ^(g)	D 445	1,9 - 4,1
<u>Destilación:</u>			
10 % recuperados	°C	D 86	Reportar
50 % recuperados	°C		Reportar
90 % recuperados	°C		360 máx. ^(h)
Punto final de ebullición	°C		Reportar
Aromáticos	fracción de volumen (% volumen/volumen)	D 6591	Reportar ⁽ⁱ⁾
Lubricidad HFRR a 60 °C	µm	D 6079	520 máx. ^(j)
Conductividad	pS/m	D 2624	25 mín. ^(j)
Contenido de biodiésel	fracción de volumen (% volumen/volumen)	D 7963	0,001 (0,1) máx. ^(k)

^(a) Si el producto cumple con los valores establecidos en este reglamento, se considerará apto para la venta aun cuando su apariencia no sea claro y brillante.

^(b) La información que se debe presentar para cada aditivo que se agregó a este producto es la siguiente:

- Hoja de Datos de Seguridad del Material (*Material Safety Data Sheet*).
- Proporción agregada del aditivo (mezcla).
- Propiedad del producto que el aditivo genera o mejora en el mismo, ejemplo: antiespumante, antioxidante, detergente, entre otros.
- Si se mantiene la fuente de suministro, la información se debe proporcionar únicamente una vez, pero debe informar a la autoridad competente, cada vez que éste cambia de aditivo y también cuando se cambia la fuente de suministro.
- No se debe añadir intencionalmente al diésel, aditivos que contengan metales.

^(c) Si el valor del índice de cetano calculado es menor a 45,0 mín. se debe realizar la prueba del número de cetano.

^(d) Para Costa Rica el valor se establece en 51,0 min.

^(e) Para Nicaragua el método árbitro será el ASTM D 5453.

^(f) Para Costa Rica el valor se establece en 50 mg/kg máx. y para Panamá el valor se establece en 15 mg/kg máx.

^(g) 1 mm²/s = 1 cSt.

^(h) Para Panamá y El Salvador el valor se establece entre 282 °C a 338 °C. Costa Rica aplicará estos valores a partir del año 2020.

⁽ⁱ⁾ Para Costa Rica se establece un valor en 8% masa máx. para poliaromáticos, aplicando los métodos ASTM D 1319 o ASTM D 6591.

^(j) Para Nicaragua el valor se establece en “reportar”.

^(k) Para Nicaragua no aplica.

**6.7 COMPARATIVA DEL LUBRICANTE UTILIZADO VS LO RECOMENDADO
POR DETROIT**

	DETROIT	PEAK	RESULTADO
Grado de Viscosidad	15W40	15W40	CUMPLE
Servicio API	CI-4 Plus	CI-4 Plus	CUMPLE
Especificación Detroit	93K214	93K214	CUMPLE
Viscosidad. cSt, 40 °C	95-115	113	CUMPLE
Viscosidad. cSt 100 °C	12.5-16.3	14	CUMPLE
HT/HS, cP, 150 °C	3.7 Min	N/E	CUMPLE
Punto de Fluidez, °C, Max	23 °C	30 °C	CUMPLE
Punto de Combustión, °C, Min	215 °C	234 °C	CUMPLE
Ceniza Sulfatada, %, Masa	2.0 Max	1.3	CUMPLE

6.8 ANALISIS DE DEGRADACION

FECHA: 18 de Octubre de 2017

EQUIPO UTILIZADO PARA ANALISIS: SKF TMEH-1

LUBRICANTE ANALIZADO:

Marca: PEAK

SAE: 15W40

API: CI-4 Plus

EQUIPOS Y RESULTADOS:

ITEM	EQUIPO	HORAS DE USO	DEGRADACION %	HORAS PROYECTADAS
1	CABEZAL 10	182	57.50%	316.5
2	CABEZAL 11	495	121.80%	406.4
3	MIXER 04	70.5	78.00%	90.4
4	MIXER 08	530.5	338.30%	156.8
5	MIXER 12	227.4	328.30%	69.3
6	MIXER 14	331.5	53.60%	618.4
7	MIXER 16	168.6	84.80%	198.8
8	MIXER 26	262.7	45.00%	583.8
9	MIXER 30	559.5	91.70%	610.14

LECTURA DE RESULTADOS:

-Horas de uso: Horas de uso del lubricante al momento de la muestra.

-Degradación %: Degradación del lubricante o % de uso del mismo al momento de la muestra.

-Horas proyectadas: A cuantas horas de uso el lubricante alcanzara o alcanzo el 100% de su vida útil.

INTERVALOS DE DRENAJE:

-Establecido por fabricante: 250 hrs (Esto debido a que son equipos de viajes cortos)

-Aplicado por la empresa: 500 hrs

6.9 ANALISIS DE LABORATORIO

6.9.1 CABEZAL 10



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:	ID de CABEZAL 10 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de DIESEL ENGINE componente: Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326303 Número de laboratorio: G-316319 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RNF Tomada: 11-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 15-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Índice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios	Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. La DILUSIÓN del COMBUSTIBLE se encuentra a NIVEL MENOR; DILUSIÓN del COMBUSTIBLE posiblemente causado por ralenti excesivo; Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO)	

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	21	6	0	18	1	0	0	52	65	4176	10	993	1016

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollin % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Basico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	11-oct-2017	13-nov-2017	182	661	Unk	0	Unk	2.1 - GC	<.1	<.1 - FTIR		12.5		12.2	8	7

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales				
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba					
1	//														

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.9.2 CABEZAL 11



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:	ID de CABEZAL 11 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326318 Número de laboratorio: G-316219 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RNF Tomada: 11-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 15-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Indice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios: Chequear la fuente de fuga del COMBUSTIBLE (inyectores, líneas etc.). El combustible se encuentra en un NIVEL SIGNIFICATIVO; Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. El contenido de cromo se encuentra en NIVEL MODERADO, probablemente provenga del recubrimiento de los anillos del pistón La viscosidad se encuentra MODERADAMENTE BAJA; La DILUCIÓN DEL COMBUSTIBLE reduce el aceite del motor. Como consecuencia, se produce una REDUCCIÓN en la LUBRICIDAD y la SOLIDEZ DE LA PELÍCULA, lo cual podría causar un incremento de desgaste; Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO)		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)				Metales Aditivos (ppm)						
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	26	5	0	3	1	3	1	0	0	0	12	13	5	0	4	0	0	0	13	46	3995	1	1322	1428

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración mm
1	11-oct-2017	13-nov-2017	495	1899	Unk	0	Unk	5.0 - GC	1.2 - E2412	<.1 - FTIR		11.7		7.61	10	8

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba	
1	//										

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios
Históricos

6.9.3 MIXER 04



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL	CRITICO		

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: NICARAGUA Dirección: NICARAGUA NI Teléfono:	ID de Componente: MIXER 04 E ID Secundaria: DIESEL ENGINE Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326306 Número de laboratorio: G-316322 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: AC Tomada: 18-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 14-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Índice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: PEAK Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. El contenido de hierro se encuentra a NIVEL MENOR; La fuente de HIERRO del lubricante en motores puede ser trazadores de líneas del cilindro, pistones de hierro, árboles de levas de acero endurecidos, cigüeñales, engranajes, brazos endurecidos del eje de balancin, puentes de la válvula, rodillos de acero aleados del seguidor de leva, et Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO)		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	64	0	1	3	2	4	1	0	0	0	11	5	2	0	41	1	0	0	36	484	1888	1	830	935

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollin % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	18-oct-2017	13-nov-2017	71	3570	Unk	0	Unk	1.7 - GC	<.1	<.1 - FTIR	13.1	13.1	6.72	6.72	17	10

Muestra #	Conteo de Particulas (particulas/mL)								Análisis Adicionales	
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba
1	//									

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.9.4 MIXER 08



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL	CRITICO		

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:	ID de Componente: MIXER 08 E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326300 Número de laboratorio: G-316326 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: AC Tomada: 18-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 14-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Indice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. El contenido de silicio se encuentra a NIVEL MODERADO; Las fuentes del SILICIO pueden ser abrasivos (suciedad, silicona del alúmina), sellos y material de la junta, suplemento, aditivo del lubricante, y/o contaminante ambiental; Los metales de la región del cilindro (pistones, anillos, camisas, etc) se encuentran en un NIVEL MODERADO; El agua se encuentra en un NIVEL MODERADO; La presencia de agua puede ser por muestreo de la unidad en FRÍO. El hollín se encuentra a NIVEL MENOR; Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta; (NOMBRE DEL PRODUCTO)		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	121	2	1	17	4	1	0	0	0	0	47	9	3	1	9	0	0	0	14	111	3704	1	1220	1395

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración mm
1	18-oct-2017	13-nov-2017	531	3530	Unk	0	Unk	<1 - Estimado	2.1 - E2412	0.2 - Crackle		15.0		8.12	16	11

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba	
1	//										

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios
Históricos

6.9.5 MIXER 12



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:	ID de Componente: MIXER 12 E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326307 Número de laboratorio: G-316323 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RNF Tomada: 18-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 15-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Indice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios: Chequear la fuente de fuga del combustible (inyectores, líneas etc.). El combustible se encuentra en un NIVEL SEVERO; Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. El agua se encuentra en un NIVEL MODERADO; La presencia de agua puede ser por muestreo de la unidad en FRÍO. El hollín se encuentra a NIVEL MENOR; Los metales de la región del cilindro (pistones, anillos, camisas, etc) están en un nivel MENOR El resultado infrarrojo indica que la OXIDACIÓN se encuentra en un nivel MENOR. Sugerimos supervisar el intervalo de drenaje y la temperatura de funcionamiento; La DILUCIÓN DEL COMBUSTIBLE reduce el aceite del motor. Como consecuencia, se produce una REDUCCIÓN en la LUBRICIDAD y la SOLIDEZ DE LA PELÍCULA, lo cual podría causar un incremento de desgaste; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO) Remuestre a la mitad de tiempo del intervalo de cambio;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)											Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)				
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Lito	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	56	2	1	6	2	0	0	0	0	0	16	4	1	0	33	1	0	0	21	388	1978	0	825	953

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite galón	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	18-oct-2017	13-nov-2017	227	2227	Unk	0	Unk	9.4 - GC	3.1 - E2412	0.2 - Crackle		12.6		5.72	20	15

Muestra #	Código ISO Basado en 4/6/14										Método de prueba	
	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm				
1	//											

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.9.6 MIXER 14



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta		Información del Componente		Información de muestra	
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:		ID de COMPONENTE: MIXER 14 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de DIESEL ENGINE componente: Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:		Número de Huella: 00006326315 Número de laboratorio: G-316215 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: FLG Tomada: 18-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 14-nov-2017	
Información de filtro		Información Misceláneo		Información del Producto	
Tipo de filtro: Informacion solicitada Indice de Micrón: 0				Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40	
Comentarios		Los datos no indican ningún resultado anormal. Tomar una nueva muestra en el próximo intervalo de cambio; Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO)			

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	25	0	0	7	3	1	0	0	0	0	19	5	2	0	3	0	0	0	8	50	3522	0	1263	1402

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido				
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollin % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Ácido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm
1	18-oct-2017	13-nov-2017	331	1899	Unk	0	Unk	<1 - Estimado	<.1	<.1 - FTIR	13.8	10.2	14	6	

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba	
1	//										

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.9.7 MIXER 16



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:	ID de COMPONENTE: MIXER 16 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de DIESEL ENGINE componente: Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326321 Número de laboratorio: G-316210 Localización de Guatemala City Laboratorio: Analista de Datos: RNF Tomada: 18-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 15-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Índice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios Sugerimos que un diagnóstico sea realizado para esta unidad; Chequear la fuente de fuga del COMBUSTIBLE (inyectores, líneas etc.). El combustible se encuentra en un NIVEL SIGNIFICATIVO; Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. El contenido del estaño se encuentra a NIVEL SIGNIFICATIVO; El contenido de estaño puede venir del pistón, el recubrimiento del cojinete, aleación de bronce (generalmente conjuntamente con cobre), o de un material de Babbitt junto con cobre y plomo; DILUCION POR COMBUSTIBLE ha ocasionado que la viscosidad disminuya moderadamente; La DILUCION DEL COMBUSTIBLE reduce el aceite del motor. Como consecuencia, se produce una REDUCCIÓN en la LUBRICIDAD y la SOLIDEZ DE LA PELÍCULA, lo cual podría causar un incremento de desgaste; Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO)		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	23	1	1	3	13	6	9	0	0	0	8	5	2	0	39	0	0	0	37	462	1474	0	718	807

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollin % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	18-oct-2017	13-nov-2017	168	3285	Unk	0	Unk	6.2 - GC	0.2 - E2412	<.1 - FTIR		11.4		6.44	15	7

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales	
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba		
1	//											

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.9.8 MIXER 26



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: NICARAGUA NICARAGUA NI Teléfono:	ID de Componente: MIXER 26 E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326326 Número de laboratorio: G-316214 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: FLG Tomada: 11-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 14-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Indice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios: Los datos no indican ningún resultado anormal. Tomar una nueva muestra en el próximo intervalo de cambio; Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO)		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12	22	7	0	19	0	0	0	54	87	4016	10	979	996

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido				
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollin % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm
1	11-oct-2017	13-nov-2017	263	4327	Unk	0	Unk	<1 - Estimado	<.1	<.1 - FTIR	13.5	13.5	12.6	7	5

Muestra #	Conteo de Particulas (particulas/mL)										Método de prueba
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm		
1	//										

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.9.9 MIXER 30



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 646473-0023-0000 Nombre de Compañía: CONCRETOS Y MAS Contacto: Dirección: Teléfono:	ID de COMPONENTE: MIXER 30 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: Informacion solicitada Modelo: Informacion solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006326302 Número de laboratorio: G-316318 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: AC Tomada: 18-oct-2017 Recibido: 13-nov-2017 Completado: 14-nov-2017
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Informacion solicitada Índice de Micrón: 0		Fabricante del PEAK Producto: Nombre del Producto: Informacion solicitada Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. El contenido de hierro se encuentra a NIVEL MENOR; La fuente de HIERRO del lubricante en motores puede ser trazadores de líneas del cilindro, pistones de hierro, árboles de levas de acero endurecidos, cigüeñales, engranajes, brazos endurecidos del eje de balancín, puentes de la válvula, rodillos de acero aleados del seguidor de leva, et Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta:(NOMBRE DEL PRODUCTO)		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	61	1	1	3	1	0	0	0	0	0	12	6	1	0	5	0	0	0	7	61	3592	0	1237	1414

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	18-oct-2017	13-nov-2017	560	2560	Unk	0	Unk	<1 - Estimado	0.9 - E2412	<.1 - FTIR		13.6		8.58	15	10

Muestra #	Conteo de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales	
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba		
1	//											

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

6.10 INTERPRETACION DE ANALISIS

6.11 Cabezal 10

CABEZAL 10 / HORAS DE USO: 182 / DEGRADACION: 57.5%							
			Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
	DETROIT	Laboratorio	Normal	Marginal	Precaución	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C. cSt	12.5	12.5					
Viscosidad, Min. 100 °C. cSt	21.9						
Hollin %	4.5	<1					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilución de Combustible, Max	2.50%	2.10%					
Fe, Max	200 ppm	6	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	1	0 - 6	7 - 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	6	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	0	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	0	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	21	0 - 5	6 - 15	16 - 30	>30	
K, Max	150 ppm	6	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	0	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15	
Oxidación		8					25
TBN		12.2					<3

El equipo presenta parámetros dentro de lo normal, sin embargo, hay que notar que presenta un índice de dilución de combustible cercano al límite, lo cual no es adecuado en relación a las horas de uso.

Así mismo podemos notar una viscosidad en el límite inferior del rango establecido por SAE para un lubricante 15W40, lo cual nos hace indicar que la dilución de combustible está provocando una disminución en la viscosidad. Esto puede ocasionar daños catastróficos.

Aunque en este momento los parámetros de medición se encuentran en el rango de lo normal, es recomendable monitorear el comportamiento del mismo a las 300 horas mediante otro análisis de laboratorio.

En caso de presentarse parámetros anormales del índice de dilución de combustible, será necesario realizar las siguientes verificaciones de funcionamiento en los siguientes elementos:

Inyectores, bomba de combustible, líneas de combustible.

No omitimos manifestar que el TBN es superior al establecido por el fabricante del lubricante, razón por la cual podemos concluir que el lubricante analizado no es el mismo. Ante esta situación recomendamos no realizar mezclas de lubricantes ya que puede haber una incompatibilidad.

6.12 Cabezal 11

CABEZAL 11 / HORAS DE USO: 495 / DEGRADACION: 121.8 %							
			Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
	DETROIT	Laboratorio	Normal	Marginal	Precaucion	Crit-ico	Crit-ico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	11.7					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	1.2					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	5.00%					
Fe, Max	200 ppm	26	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	3	0 - 6	7 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	12	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	1	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	3	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	13	0 - 5	6 15	16 30	>30	
K, Max	150 ppm	5	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	5	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Oxidacion		10					25
TBN		7.61					<3

El equipo presenta una excesiva dilución de combustible (El doble del límite máximo establecido por Detroit).

Así mismo podemos notar una viscosidad abajo del límite inferior establecido por SAE para un lubricante 15W40, la dilución de combustible está provocando una disminución en la viscosidad. Esto puede ocasionar daños catastróficos.

Es necesario realizar un cambio de lubricante inmediato y disminuir el intervalo de drenaje a 250 horas mientras se logra determinar la causa y realizar las reparaciones correspondientes.

Se recomienda verificar fugas en líneas de combustible, así como realizar mantenimiento inyectores y bomba de combustible.

Una vez realizada las reparaciones necesarias se recomienda mantener el equipo en monitoreo para verificar que el problema ha sido superado.

6.13 Mixer 4

CABEZAL MIXER 4 / HORAS DE USO: 70 / DEGRADACION: 78%							
			Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
	DETROIT	Laboratorio	Normal	Marginal	Precaucion	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	13.1					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	<0.1					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	1.70%					
Fe, Max	200 ppm	64	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	3	0 - 6	7 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	11	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	2	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	4	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	5	0 - 5	6 15	16 30	>30	
K, Max	150 ppm	2	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	0	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Oxidacion		17					25
TBN		6.72					<3

El análisis de laboratorio nos indica números dentro de los parámetros considerados normales, sin embargo, el equipo SKF TEMH1 nos alerta sobre una vida útil del 78% con tan solo 70 horas de uso y una proyección de vida útil de tan solo 90 horas.

Lo anterior toma sentido al ver el índice de dilución de combustible, viscosidad, TBN, oxidación y hierro. Todos ellos están fuera de rango si tomamos en consideración las horas de uso.

Lo anterior nos indica una posible dilución de combustible excesiva, lo cual provoca fallas catastróficas.

Es necesario disminuir el intervalo de drenaje a 90 horas mientras se logra determinar la causa y realizar las reparaciones correspondientes.

Se recomienda verificar fugas en líneas de combustible, así como realizar mantenimiento inyectores y bomba de combustible.

Una vez realizada las reparaciones necesarias se recomienda mantener el equipo en monitoreo para verificar que el problema ha sido superado.

6.14 Mixer 8

CABEZAL MIXER 8 / HORAS DE USO: 530 / DEGRADACION: 338%							
			Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
	DETROIT	Laboratorio	Normal	Marginal	Precaucion	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	15					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	2.1					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.2					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	<1					
Fe, Max	200 ppm	121	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	17	0 - 6	7 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	47	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	4	0 -15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	1	0 -15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	9	0 - 5	6 15	16 30	>30	
K, Max	150 ppm	3	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	2	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Oxidacion		16					25
TBN		8.12					<3

El equipo SKF TEMH1 nos muestra una degradación excesiva y los análisis de laboratorio muestran una degradación anormal, presentando elevados índices de Sílice y Hierro, así como una viscosidad superior a la viscosidad indicada por el fabricante del lubricante.

El Hollin fuera de rango es producto de una mala combustión debida a la contaminación del aire. Lo antes detallado obedece a una entrada de suciedad externa,

debido a problemas en filtración de aire o en mangueras de admisión, lo cual provoca desgaste abrasivo en los componentes internos del motor, tales como camisas y anillos, razón por la cual el índice de hierro esta alterado.

Es necesario disminuir el intervalo de drenaje a 150 horas mientras se logra determinar la causa y realizar las reparaciones correspondientes.

Se recomienda hacer uso de vacuómetros en el elemento filtrante para garantizar el uso adecuado. Así mismo es necesario verificar las condiciones actuales del elemento filtrante e inspeccionar el múltiple de admisión en busca de alguna manguera rota.

Una vez realizada las reparaciones necesarias se recomienda mantener el equipo en monitoreo para verificar que el problema ha sido superado.

6.15 Mixer 12

CABEZAL MIXER 12 / HORAS DE USO: 227 / DEGRADACION: 328%							
	DETROIT	Laboratorio	Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
			Normal	Marginal	Precaucion	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	12.6					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	3.1					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.2					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	9.40%					
Fe, Max	200 ppm	56	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	6	0 - 6	7 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	16	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	2	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	0	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	4	0 - 5	6 15	16 30	>30	
K, Max	150 ppm	1	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	2	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Oxidacion		20					25
TBN		5.72					<3

El lubricante presenta una degradación excesiva producto de una excesiva dilución por combustible (Casi 4 veces el límite superior) como causa principal.

Llama la atención que a pesar de la excesiva dilución por combustible, la viscosidad se mantiene en los límites permisibles. Lo anterior obedece al uso excesivo del lubricante, ya que podemos observar niveles de hollín y oxidación elevados. Así mismo notamos una leve contaminación por agua producto de la mala combustión, lo cual hace que el lubricante aumente su viscosidad.

Lo antes descrito provoca desgastes en los componentes internos del motor como anillos y camisas, entre muchos otros daños.

Es necesario realizar un cambio de lubricante inmediato y parar el equipo para determinar la causa y realizar las reparaciones correspondientes.

Se recomienda verificar fugas en líneas de combustible, así como realizar mantenimiento inyectores y bomba de combustible.

Una vez realizada las reparaciones necesarias se recomienda mantener el equipo en monitoreo para verificar que el problema ha sido superado.

6.16 Mixer 14

CABEZAL MIXER 14 / HORAS DE USO: 331 / DEGRADACION: 53%							
			Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
	DETROIT	Laboratorio	Normal	Marginal	Precaucion	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	13.8					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	<0.1					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	<1					
Fe, Max	200 ppm	25	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	7	0 - 6	7 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	19	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	3	0 -15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	1	0 -15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	5	0 - 5	6 15	16 30	>30	
K, Max	150 ppm	2	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	0	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Oxidacion		14					25
TBN		10.2					<3

En términos generales el equipo se encuentra bien, sin embargo si existe una leve contaminación por sílice, lo cual provoca una alta oxidación debido a la mala combustión. Es recomendable el uso de vacuómetros en los filtros de aire para darle un uso adecuado a los filtros. El resto de los parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Por lo antes expuesto, se recomienda un cambio de filtro de aire y análisis de degradación en cada intervalo de drenaje a fin de realizar un correcto seguimiento.

6.17 Mixer 16

CABEZAL MIXER 16 / HORAS DE USO: 168 / DEGRADACION: 84%							
	DETROIT	Laboratorio	Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
			Normal	Marginal	Precaucion	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	11.4					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	0.2					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilucion de Combustible, Max	2.50%	6.20%					
Fe, Max	200 ppm	23	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	3	0 - 6	7 - 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	8	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	13	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	6	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	5	0 - 5	6 - 15	16 - 30	>30	
K, Max	150 ppm	2	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	1	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15	
Oxidacion		15					25
TBN		6.44					<3

El equipo presenta una excesiva dilución de combustible (mas del doble del limite máximo establecido por Detroit). Cabe destacar que estos niveles son aun mas peligrosos si tomamos en consideración las pocas horas de uso.

Así mismo podemos notar una viscosidad abajo del límite inferior establecido por SAE para un lubricante 15W40, la dilución de combustible está provocando una disminución en la viscosidad. Esto puede ocasionar daños catastróficos.

Tomando en consideración las horas de uso, también podemos observar una elevada contaminación por sílice y una alta oxidación.

Es necesario realizar un cambio de lubricante inmediato y parar el equipo para determinar la causa y realizar las reparaciones correspondientes.

Se recomienda verificar fugas en líneas de combustible, así como realizar mantenimiento inyectores y bomba de combustible. También es recomendable revisar filtro de aire.

Una vez realizada las reparaciones necesarias se recomienda mantener el equipo en monitoreo para verificar que el problema ha sido superado.

6.18 Mixer 26

CABEZAL MIXER 26 / HORAS DE USO: 262 / DEGRADACION: 45%							
			Motores Diesel - ppm/500Horas				MPC
	DETROIT	Laboratorio	Normal	Marginal	Precaucion	Critico	Critico
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	13.5					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	<0.1					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	<1					
Fe, Max	200 ppm	13	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	1	0 - 6	7 - 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	12	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	0	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	0	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	22	0 - 5	6 - 15	16 - 30	>30	
K, Max	150 ppm	7	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	1	0 - 5	6 - 10	11 - 15	>15	
Oxidacion		7					25
TBN		12.6					<3

En términos generales el equipo se encuentra bien, sin embargo, si existe una leve contaminación por sílice, lo cual provoca una mala combustión. Es recomendable el uso de vacuómetros en los filtros de aire para darle un uso adecuado a los filtros. El resto de los parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos.

El Sodio puede ser producto de aditivos o mezclas de lubricantes.

No omitimos manifestar que el TBN es superior al establecido por el fabricante del lubricante, razón por la cual podemos concluir que el lubricante analizado no es el

mismo. Ante esta situación recomendamos no realizar mezclas de lubricantes ya que puede haber una incompatibilidad.

Se recomienda realizar cambio de filtro de aire y análisis de degradación en cada intervalo de drenaje a fin de realizar un correcto seguimiento.

6.19 Mixer 30

CABEZAL MIXER 30 / HORAS DE USO: 559 / DEGRADACION: 91%							
	DETROIT	Laboratorio	Motores Diesel - ppm/500Horas			Crit-ico	MPC
			Normal	Marginal	Precaucion		
Viscosidad, Max. 100 °C . cSt	12.5	13.6					
Viscosidad, Min. 100 °C . cSt	21.9						
Hollin %	4.5	0.9					
Glicol, Max	Negativo	N/E					>0.2%
Agua, Max	3000 ppm	<0.1					>1%
Dilucion de Com- bustible, Max	2.50%	<1					
Fe, Max	200 ppm	61	0 - 40	41 - 70	71 - 100	>100	
Al, Max	30 ppm	3	0 - 6	7 15	16 - 20	>20	
Si, Max	30 ppm	12	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Cu, Max	30 ppm	1	0 - 15	16 - 25	26 - 45	>45	
Pb, Max	30 ppm	0	0 - 15	16 - 25	26 - 40	>40	
Na, Max	100 ppm	6	0 - 5	6 15	16 30	>30	
K, Max	150 ppm	1	N/E	N/E	N/E	N/E	
Cr	N/E	1	0 - 5	6 10	11 15	>15	
Oxidacion		15					25
TBN		8.58					<3

Basados en el análisis de degradación y análisis de laboratorio, podemos determinar que todos los parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Los parámetros señalados se puede considerar normales para la cantidad de horas de uso que tiene el lubricante.

Por lo antes expuesto, la única acción requerida es el cambio de lubricante puesto que se podría considerar que ya llegó a su límite.

Se recomienda realizar análisis de degradación en cada intervalo de drenaje a fin de realizar un correcto seguimiento.

6.20 MATRIZ DE FALLAS

ITEM	EQUIPO	FALLAS
1	CABEZAL 10	Dilución por combustible
2	CABEZAL 11	Dilución por combustible
3	MIXER 04	Dilución por combustible
4	MIXER 08	Contaminación de aire
5	MIXER 12	Dilución por combustible
6	MIXER 14	Normal
7	MIXER 16	Dilución por combustible
8	MIXER 26	Normal
9	MIXER 30	Normal

7 CONCLUSIONES

- El Lubricante Peak SAE 15W40 API CI-4 Plus, cumple con la norma Detroit Diesel PG93K214 especificada por Detroit para países en donde el Diesel utilizado tiene un contenido de azufre de hasta 500ppm
- Nicaragua es un país en el cual el Diesel utilizado tiene un contenido de azufre máximo de 500ppm, podemos concluir que el Lubricante Peak SAE 15W40 API CI-4 Plus si es apto para su uso en la flota analizada.
- El Lubricante Peak SAE 15W40 API CI-4 Plus si tiene la capacidad para cumplir con el intervalo de drenaje establecido, sin embargo, los serios problemas antes detallados en los motores provocan una degradación excesiva del lubricante, lo cual imposibilita cumplir con el intervalo de drenaje establecido por la empresa.
- Realizar un intervalo de drenaje extendido si es posible, siempre y cuando se haga el correcto seguimiento y monitoreo a la degradación del lubricante.
- De los 9 equipos analizados, 5 presentan fallas de dilución por combustible (55% de la muestra), 1 problemas en filtración de aire (11% de la muestra) y 3 sin afectaciones (33% de la muestra). En total, el 66% de la muestra se encuentra con problemas y 33% sin problemas.

8 RECOMENDACIONES

- Dado que los equipos analizados son utilizados para viajes cortos y basados en lo establecido por Detroit para esta actividad, es recomendable realizar el intervalo de drenaje a las 250 horas.
- Es recomendable la utilización de filtros de alta calidad en los sistemas de aire, lubricación y combustible.
- Dada la alta tasa de fallas, es recomendable realizar un análisis total de la flota para identificar todos los equipos con problemas y proceder con las correcciones necesarias
- Se recomienda realizar monitoreo de la degradación en cada intervalo de drenaje.
- Se recomienda el uso de vacuómetros en el sistema de filtración de aire
- Se recomienda no mezclar los lubricantes.

9 BIBLIOGRAFIA

API. (s.f.). *API.ORG*. Obtenido de <https://www.api.org/-/media/files/certification/engine-oil-diesel/publications/eolcs%20motor%20oil%20guide%20-%20spanish.pdf>

DETROIT. (s.f.). *studylib*. Obtenido de <https://studylib.es/doc/7915208/aceite-lubricante--combustible-y-filtros>

GULF. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de https://www.academia.edu/35748970/ManualTecnico_Gulf

Noria. (s.f.). Obtenido de <https://noria.mx/lublearn/entendiendo-los-grados-de-viscosidad-sae-para-lubricantes-de-motor/>

SHELL. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de https://www.academia.edu/28150261/Introducci%C3%B3n_a_los_lubricantes_y_la_lubricaci%C3%B3n_EL_TUTOR_DE_LUBRICACION_SHELL

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

10 CRONOGRAMA DE EJECUCION

Cronograma de ejecución																	
Actividades	Inicio	Final	14/01/2023	15/01/2023	16/01/2023	19/01/2023	21/01/2023	22/01/2023	23/01/2023	25/01/2023	26/01/2023	27/01/2023	28/01/2023	29/01/2023	31/01/2023	04/02/2023	05/02/2023
Formación de Grupo y Selección de tema y aprobación de tema	14/01/2023	19/01/2023															
Definición de Objetivos General y Específicos,dedicatoria	21/01/2023	21/01/2023															
Realización de la introducción y Recolección de datos	21/01/2023	26/01/2023															
Presentación de avances, consultas generales	28/01/2023	28/01/2023															
Realización de Marco Teorico	27/01/2023	31/01/2023															
Presentación de avances, consultas generales	04/02/2023	05/02/2023															
Realización de Diseño Metodologico	06/02/2023	08/02/2023															
Desarrollo Metodologico	09/02/2023	17/02/2023															
Consultas generales,Presentación de borrador	18/02/2023	18/02/2023															
Correcciones finales	25/02/2023	26/02/2023															

Cronograma de ejecución

Actividades	Inicio	Final	Cronograma de ejecución														
			06/02/2023	07/02/2023	08/02/2023	09/02/2023	10/02/2023	12/02/2023	13/02/2023	14/02/2023	15/02/2023	16/02/2023	17/02/2023	18/02/2023	25/02/2023	26/02/2023	
Formación de Grupo y Selección de tema y aprobación de tema	14/01/2023	19/01/2023															
Definición de Objetivos General y Especificos,dedicatoria	21/01/2023	21/01/2023															
Realización de la introducción y Recolección de datos	21/01/2023	26/01/2023															
Presentación de avances, consultas generales	28/01/2023	28/01/2023															
Realización de Marco Teorico	27/01/2023	31/01/2023															
Presentación de avances, consultas generales	04/02/2023	05/02/2023															
Realizacion de Diseño Metodologico	06/02/2023	08/02/2023															
Desarrollo Metodologico	09/02/2023	17/02/2023															
Consultas generales,Presentación de borrador	18/02/2023	18/02/2023															
Correcciones finales	25/02/2023	26/02/2023															