

Trabajo Fin de Grado
Aarón Morales Sabina



Universidad
de La Laguna

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO

Análisis de aceite a bordo del buque

Aarón Morales Sabina

DNI: 78728015-G

Junio 2014

Trabajo de Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

Don Federico Padrón Martín. Profesor ayudante perteneciente al departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e Hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

Que D. Aarón Morales Sabina, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Análisis de aceite a bordo del buque.**

Revisando dicho trabajo estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado en Santa Cruz de Tenerife, a fecha 23 de Junio de 2014.



Federico Padrón Martín
Director del Trabajo Fin de Grado

Trabajo Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

Don Servando Luis León. Profesor asociado perteneciente al departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e Hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

Que D. Aarón Morales Sabina, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Análisis de aceite a bordo del buque.**

Revisando dicho trabajo estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado en Santa Cruz de Tenerife, a fecha 23 de Junio de 2014.



Servando R. Luis León

Director del Trabajo Fin de Grado

Índice de Contenidos.

(I).	INTRODUCCIÓN.....	1
(II).	OBJETIVOS.....	2
(III).	REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....	3
3.1.	Lubricación y lubricantes.....	3
3.1.1.	Lubricantes.	3
3.1.2.	Propiedades de los lubricantes.....	5
3.2.	Aditivos lubricantes.	17
3.2.1.	Propiedades generales de los aditivos.	18
3.3.	Las Grasas.....	27
3.3.1.	Químicos.....	29
3.3.2.	Físico-químicos.	30
3.4.	Aplicación de la lubricación al ámbito naval.....	33
3.4.1.	Lubricantes industriales.....	33
3.5.	Lubricación como apoyo al plan de mantenimiento.....	38
3.5.1.	Establecimiento de un plan de engrase.....	39
(IV).	METODOLOGÍA.....	45
4.1.	Metodología.....	45
4.1.1.	Documentación Bibliográfica.....	45
4.1.2.	Metodología del trabajo de campo.	45
4.2.	Marco referencial.....	46
(V).	RESULTADOS.....	47
5.1.	Utilidad del análisis de aceite.	47
5.2.	Procedimiento de toma de muestras.	48
5.3.	Laboratorio para análisis de muestra de aceite.	51
5.4.	Análisis más usuales en aceites de motor.	53
5.4.1.	Viscosidad.	53

Trabajo Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

5.4.2.	Contenido en Agua/Refrigerante.....	54
5.4.3.	Alcalinidad remanente/Número de base (B.N.).....	54
5.4.4.	Índice de Contaminación / Hollín por Materia Carbonosa.....	55
5.4.5.	Dilución por combustible.....	56
5.4.6.	Concentración de metales de desgaste.....	56
5.5.	Interpretación de los informes analíticos (boletín de análisis).....	57
5.6.	Estructura de un informe analítico.....	58
5.7.	Ejemplos de análisis de aceite a bordo.....	62
5.7.1.	Análisis de aceite motor principal.....	62
5.7.2.	Análisis de aceite motor auxiliar.....	65
5.7.3.	Análisis de aceite bocina.....	68
5.7.4.	Análisis de aceite servomotor.....	70
5.7.5.	Análisis de aceite sistema hidráulico maquinillas de popa.....	72
5.7.6.	Análisis de aceite reductora (Renk).....	74
5.7.7.	Análisis de aceite hélice transversal proa.....	77
5.7.8.	Análisis de aceite sistema térmico caldera.....	79
5.7.9.	Análisis de aceite anillo intermedio bocina.....	81
5.7.10.	Análisis de aceite hélice transversal de popa.....	83
5.7.11.	Análisis de aceite maquinillas proa.....	85
5.7.12.	Análisis de aceite hélice de paso variable CPP.....	87
5.7.13.	Análisis de aceite unidad hidráulica Macgregor.....	89
5.8.	Diagnóstico de averías por análisis de la degradación y contaminación del aceite.....	91
5.8.1.	Efecto de los fallos sobre la viscosidad del aceite.....	91
5.8.2.	Efecto de los fallos sobre el punto de inflamación del aceite.....	92
5.8.3.	Efectos de los fallos sobre la acidez/basicidad del aceite.....	92
5.8.4.	Efecto de los fallos sobre los insolubles del aceite.....	93

Trabajo de Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

5.8.5.	Efectos de los fallos sobre la detergencia y dispersividad del aceite.	94
5.8.6.	Efecto de los fallos sobre la contaminación con materias carbonosas en el aceite.....	95
5.8.7.	Efecto de los fallos sobre el agua en el aceite.	95
5.8.8.	Otros elementos contaminantes:.....	96
5.8.9.	Efecto de los fallos producidos por los elementos contaminantes en el aceite.....	98
5.9.	Valores recomendados y tolerancias de los principales parámetros del aceite.	99
(VI).	CONCLUSIONES.....	102
(VII).	BIBLIOGRAFÍA.....	103

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1: Lubricación.....	3
Ilustración 2: Clasificación de los lubricantes	4
Ilustración 3: Esquema de viscosidad absoluta	7
Ilustración 4: Viscosidad	8
Ilustración 5: Tapillas o cojinetes antifricción	16
Ilustración 6: Aditivos y propiedades sobre las que actúan.....	19
Ilustración 7: Aditivos antioxidantes	22
Ilustración 8: Detergentes y dispersantes	25
Ilustración 9: Aditivos extrema presión.....	25
Ilustración 10: Las grasas	28
Ilustración 11: Toma de muestras.....	50
Ilustración 12: Análisis de aceite motor principal	59
Ilustración 13: Análisis de aceite motor principal	63
Ilustración 14: Análisis de aceite motor auxiliar	66
Ilustración 15: Análisis de aceite bocina	68
Ilustración 16: Análisis de aceite servomotor.....	70
Ilustración 17: Análisis de aceite maquinillas de popa.....	72
Ilustración 18: Análisis de aceite reductora (Renk).....	75
Ilustración 19: Análisis de aceite hélice transversal proa.....	77
Ilustración 20: Análisis de aceite sistema térmico de caldera	79
Ilustración 21: Análisis de aceite anillo intermedio bocina.....	81
Ilustración 22: Análisis de aceite hélice transversal de popa	83
Ilustración 23: Análisis de aceite maquinillas proa	85
Ilustración 24: Análisis de aceite hélice de paso variable CPP.....	87
Ilustración 25: Análisis de aceite unidad hidráulica Macgregor	89
Ilustración 26: Elementos contaminantes	97
Ilustración 27: Valores recomendados	101

(I). INTRODUCCIÓN.

En este primer capítulo pretendo hacer una introducción de cómo se ha elaborado el trabajo fin de grado haciendo mención a los diferentes capítulos y un breve resumen de cada uno de ellos.

El tema del trabajo fin de grado elegido trata sobre los análisis de aceite (parámetros a analizar en ellos dependiendo del equipo), aplicados a bordo en el ámbito naval y su relación con el mantenimiento predictivo.

En el capítulo dos titulado “objetivos”. Se habla de los objetivos propuestos para la realización del trabajo fin de grado. Es el objetivo de este estudio mostrar los análisis de aceite que se realizan a los equipos y elementos del buque para saber su estado y su utilidad como herramienta en el mantenimiento predictivo.

En el tercer capítulo titulado “revisión y antecedentes”, se define como base ¿qué es la lubricación?, se habla de los lubricantes, sus propiedades y los aditivos usados para mejorar dichas propiedades según su aplicación. Además, se establecen las características que diferencian las grasas respecto de los aceites. Y finalmente, se hace mención a su aplicación al ámbito naval (definiendo propiedades de aceite necesarias para los diferentes equipos) y a la lubricación como apoyo al plan de mantenimiento.

En el cuarto capítulo titulado “metodología” se trata sobre los procedimientos llevados a cabo para la recolección de datos necesarios para la conclusión del proyecto.

En el quinto capítulo se recogen los “resultados” del estudio y la interpretación de los mismos, aportando algunos datos y aplicaciones prácticas destinadas al tema de estudio.

El capítulo número seis titulado “conclusiones” se habla de las diferentes conclusiones que se han alcanzado en la elaboración del presente trabajo.

(II). OBJETIVOS.

A continuación expongo los objetivos que me he planteado y por los que me he guiado para realizar en este proyecto:



(III). REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

3.1. Lubricación y lubricantes.

¿Qué es la lubricación?

La lubricación o lubrificación es la acción para reducir el rozamiento y sus efectos en superficies conexas con movimientos que les puedan ocasionar algún tipo de deterioro (debido a los movimientos sincronizados de una pieza respecto de la otra), al interponer entre las superficies una sustancia lubricante. De esta manera, logra formarse e interponerse una capa de lubricante capaz de soportar o ayudar a soportar la carga (presión generada) en las superficies ya que imposibilita el contacto directo entre éstas.
[1]

3.1.1. Lubricantes.

-Definición y clasificación.

Para que la lubricación sea posible es necesaria la utilización de una sustancia lubricante, tal y como se deduce de la definición anterior, es por ello un requisito fundamental definir que es un lubricante. Un lubricante es toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintética que pueda utilizarse (incluso a elevadas temperaturas y presiones) para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento y así reducir su deterioro. Éstos, pueden clasificarse en varios grupos según su estado y según su naturaleza siendo:



Ilustración 1: Lubricación

Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/>

Trabajo de Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

S/Estado	<ul style="list-style-type: none"> -Sólidos -Semisólidos -Líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> -Grafito y sulfuro de molibdeno -Grasas -Aceites
S/Naturaleza	-Parafínicos (constituidos por una cadena lineal saturada).	<ul style="list-style-type: none"> -Alto índice de viscosidad. -Baja volatilidad. -Bajo poder disolvente: sedimentos. -Alto punto de congelación.
	-Nafténicos (constituidos por una cadena cíclica saturada).	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo índice de viscosidad. -Densidad más alta. -Mayor volatilidad. -Bajo punto de congelación.
	-Aromáticos (constituidos por una cadena cíclica insaturada)	<ul style="list-style-type: none"> -Índice de viscosidad muy bajo. -Alta volatilidad. -Fácil oxidación. -Tendencia a formar resinas. -Se emulsionan con agua fácilmente.

Ilustración 2: Clasificación de los lubricantes

Fuente: Los Lubricantes [2]

3.1.2. Propiedades de los lubricantes.

Los principales fabricantes de maquinaria y los equipos en general exigen que los lubricantes que se deben utilizar en sus fabricados, cumplan ciertas especificaciones y exigencias acordes con la severidad de las condiciones de diseño y servicio de sus máquinas. Con el fin de unificar criterios, distintas corporaciones y organismos han desarrollado procedimientos de ensayos, capaces de medir las propiedades del lubricante en cuanto a su calidad, identificación, detección de adulteraciones y contaminaciones así como vigilancia de su comportamiento en servicio. Los de mayor uso en son las correspondientes a ASTM (American Society of Testing Materials), DIN (Deuts Institut für Normung), INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) e IP (Institute of Petroleum).

A continuación vamos a describir brevemente estas propiedades.

3.1.2.1. Propiedades físicas.

Color y fluorescencia.

Estas características carecen de valor como criterio de evaluación de los aceites terminados, ya que pueden ser modificados o enmascarados por los aditivos. Sin embargo hace unos años los usuarios daban una gran importancia al color de los aceites, como indicativo de un mejor o peor grado de refino. Y por otro lado la fluorescencia se tomaba como indicativo del origen del crudo.

Así la fluorescencia azulada caracterizaba a los aceites nafténicos y la fluorescencia verde a los parafínicos.

En los aceites en servicio, un cambio de color puede alertar sobre una posible alteración en su integridad, deterioro, contaminación, etc. [2]

Densidad.

La densidad de los aceites lubricantes está relacionada con la naturaleza del crudo y el punto de destilación de la fracción, para fracciones equivalentes los aceites parafínicos

son de menor densidad y los aromáticos los de mayor densidad, siendo los tipos nafténicos los de densidades intermedias.

La terminología que se emplea al referirse a esta característica puede conducir a ciertas confusiones, por lo que vamos a definir los términos que aparecen con más frecuencia.

La densidad es la razón entre el peso de un volumen dado del aceite y el peso de un volumen igual de agua.

“Density” según la bibliografía anglosajona la define como “el peso en el vacío de una unidad de volumen de una sustancia dada”.

“Specific gravity o gravedad específica” se define como a relación entre el peso de cierto volumen del producto y el peso del mismo volumen de agua a 60°F.

Grados API también suele darse en EE.UU. como característica en vez de la densidad de su API. Gravity (American Petroleum Institute), su fórmula de conversión es:

Grados API = $(141.5 / \text{Densidad a } 60^\circ\text{F}) - 131.5$. (Ver tablas de conversión).

Las temperaturas estándar según los países tanto para el aceite como para el agua son 60°F, 15°C y 20°C.

Esta característica tiene cierta importancia en el campo comercial ya que permite convertir el volumen en peso, e indicativa del tipo de crudo del que procede el aceite.

[2]

Viscosidad.

La propiedad física más importante de un lubricante líquido es su viscosidad.

De una forma sencilla, se puede decir que la viscosidad de un líquido puede definirse como su resistencia a fluir y como una medida del rozamiento entre sus moléculas. Como la resistencia a fluir depende de las fuerzas intermoleculares que se desarrollan en el interior del líquido, es de éstas de quien dependerá finalmente la resistencia mecánica observada cuando se hace deslizar una capa de líquido sobre otra capa adyacente de este mismo líquido.

Por ello se comprende fácilmente que la viscosidad de un fluido tan complejo como un aceite mineral puede verse modificada considerablemente, de una parte, por las variaciones internas de su composición y estructura, determinadas por el origen del petróleo crudo y su proceso de refino, y por otra por las condiciones externas tales como la temperatura y la presión, que pueden influir sobre las fuerzas moleculares. [2]

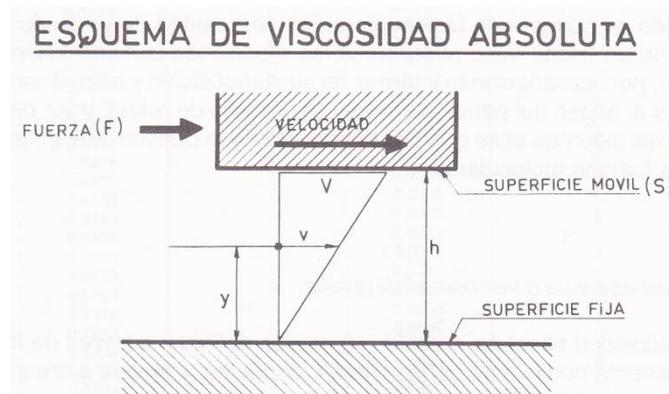


Ilustración 3: Esquema de viscosidad absoluta

Fuente: Los Lubricantes [1]

Viscosidad absoluta o viscosidad dinámica.

La viscosidad absoluta, o dinámica, puede definirse a través de la ilustración 2 que representa dos placas horizontales y paralelas, alejadas entre sí una distancia h .

La placa superior es móvil mientras que la inferior es fija. Ambas están separadas por una película de aceite.

Para que se produzca el desplazamiento de la placa superior de superficie

“S” a una velocidad constante “V” sobre la superficie del aceite y hacer deslizar las capas adyacentes unas sobre otras, resulta necesario aplicar una fuerza tangencial “F”. como la película de aceite se adhiere a las superficies de las placas, la capa inferior de moléculas queda estacionaria mientras que la capa superior se desplaza a la velocidad “V” de la placa superior y cada una de las capas intermedias se desplazará a una velocidad “v”, directamente proporcional a su distancia “y” de la placa fija. Newton puso de manifiesto que la fuerza “F” constituía una medida del frotamiento interno del

fluido o de su resistencia al cizallamiento, y era proporcional a la superficie “S” y al gradiente de velocidad “V/h” expresado de la siguiente forma:

$$F = \eta \cdot S \cdot V/h.$$

En el cual “ η ” (eta) es el coeficiente de viscosidad o viscosidad absoluta y “V/h” o “v/y” el gradiente de velocidad, que viene definido como la relación entre la velocidad “v” de una capa medida a partir de la superficie fija.

En 1972, la ISO (International Standards Organization) comenzó a dar los pasos necesarios para la adopción, con carácter mundial, de un sistema de clasificación de la viscosidad muy parecido a los sistemas ASTM y BSI.

Todos los asociados a ISO (incluyendo los Estados Unidos, representados por el American National Standards Institute), se comprometieron a llevarlo a cabo a partir de 1978, muchos usuarios y fabricantes de aceites lubricantes ya han adoptado este sistema. [2]



Ilustración 4: Viscosidad

Fuente: Seminario d aceites de Cepsa.

Índice de viscosidad.

La viscosidad de los líquidos disminuye al aumentar su temperatura. En la práctica de la lubricación interesa siempre que la viscosidad del lubricante se mantenga lo más constante posible al elevarse su temperatura.

Para expresar esta cualidad del aceite se ha ideado un sistema arbitrario denominado “índice de viscosidad” que fue desarrollado en 1929 por Dean y Davis.

En este sistema a los aceites parafínicos están caracterizados por variar muy poco su viscosidad con la temperatura, se le asignó un índice de viscosidad de 100, mientras que a los nafténicos, cuya viscosidad varía mucho con la temperatura se les dio el índice 0. El método propuesto por Dean y Davis consiste en comparar la viscosidad a 100°F del aceite problema con las que tienen los aceites de referencia de I.V (índice de viscosidad) = 100 e I.V (índice de viscosidad) = 0, que presentan su misma viscosidad a 210 °F.

En estas condiciones el índice de viscosidad de un aceite viene dado por la fórmula:

$$I.V \text{ (Índice de viscosidad)} = 100 \cdot (L - V/L - H).$$

Rigidez dieléctrica.

Esta propiedad viene determinada por la tensión que se produce en un arco eléctrico permanente entre dos electrodos sumergidos en el aceite, en unas condiciones normalizadas y utilizando un aparato llamado Spinterómetro. Se expresa en KV/cm.

Midiendo la magnitud de dicha propiedad se nos permite conocer las cualidades de aislamiento eléctrico de los aceites, que disminuyen con la presencia de contaminantes tales como el agua, polvo, suciedad, barros, etc.

No solamente en el campo de los aceites dieléctricos (uso en grandes transformadores), la rigidez dieléctrica tiene su importancia en el campo de los aceites de compresores frigoríficos, ya que en este tipo de circuitos dicha característica se ve muy afectada por la presencia de trazas de humedad. [2]

3.1.2.2. Propiedades superficiales.

Tensión interfacial.

Cuando se ponen en contacto dos líquidos que no son miscibles (no forman soluciones homogéneas), se crea una interfase, el grado de resistencia que ofrecen ambos líquidos a su separación se define como “tensión interfacial”. Los factores que influyen sobre la tensión interfacial son los siguientes:

- La naturaleza química de los líquidos en contacto.
- La temperatura, si la miscibilidad de los líquidos en contacto aumenta con la temperatura el valor de la tensión interfacial disminuye.
- La presencia de cuerpos polares rebaja la tensión interfacial.

La tensión interfacial se utiliza como indicativo de la presencia o ausencia de compuestos polares (formados por átomos con distinta electronegatividad) en muy bajas concentraciones, como es el caso de ciertos contaminantes, aditivos, o productos de la degradación del propio aceite.

Por ello dicho valor se considera de importancia en el caso de los aceites de turbinas y dieléctricos, realizándose un seguimiento durante su servicio. Además, esta característica varía de forma inversa con el índice de acidez del aceite. [2]

Formación de espuma.

Un aceite produce espuma superficial por agitación energética con el aire u otro gas, estando dicha espuma constituida por agrupamiento de un elevado número de burbujas de distintos tamaños. Su determinación se realiza por el correspondiente método de ensayo que consiste en barbotear aire a través de la muestra de aceite, con unas condiciones normalizadas.

Por la observación de las cantidades de dicha espuma generadas después del barboteo (tendencia) y transcurrido un tiempo de reposo (estabilidad), se deduce el comportamiento de esta propiedad del aceite.

La presencia de espuma resulta siempre perjudicial en la lubricación, ya que puede dar lugar a los siguientes inconvenientes: comportamiento errático en los mandos de los sistemas hidráulicos, cavitación en las bombas, fallos en la lubricación de cojinetes, aceleración del proceso de oxidación de los aceites, derrames en depósitos, etc.

La presencia de compuestos polares (formados por átomos con distinta electronegatividad) en el aceite, la disminución de la presión exterior y el aumento de la viscosidad favorecen la estabilidad y la rigidez de dichas partículas de aceite. Por el contrario un incremento en la temperatura del aceite debilita la resistencia de las mismas. [2]

Emulsibilidad.

Esta propiedad nos cuantifica la capacidad de un aceite a separarse del agua, siempre en unas condiciones normalizadas. Una vez provocado el contacto agua-aceite, por medio de una fuerte agitación, se observa la forma en que se produce su separación, deduciéndose así la capacidad del aceite para eliminar el agua por decantación.

Esta característica es importante en el caso de aceites de turbina, hidráulicos y en general de todos aquellos expuestos a trabajar en contacto con el agua, siendo la presencia de ésta generalmente muy perjudicial para la lubricación.

Por tanto, interesa en estos equipos que la emulsión sea inestable, siéndolo si desaparece al terminar la acción que la originó o después de un cierto tiempo en reposo; si persiste se trata de una emulsión estable. Los factores que favorecen la estabilidad de las emulsiones son:

- Una tensión interfacial suficientemente baja.
- Viscosidad muy elevada del aceite.
- Pequeña diferencia de densidad entre ambos líquidos.

En otros casos, tal como en las emulsiones de corte, en los aceites para cilindros, en ciertos aceites marinos para maquinaria de cubierta se requiere precisamente que las emulsiones sean estables. [2]

Aeroemulsión.

La aeromulsión es una emulsión aire-aceite formada por pequeñas burbujas de aire, de tamaño bastante inferior a las de espuma superficial, dispersas por toda la masa de aceite.

Para determinar la aeroemulsión o poder de desaireación de un aceite, se observa, por medio de una balanza de Mohr, del ritmo de separación del aire que quedó contenido en la muestra de aceite, después de ser sometida a un proceso de soplado o dispersión, en condiciones controladas.

La persistencia de este fenómeno puede suponer, como en el caso de la espuma superficial, dificultades en la aplicación del lubricante.

-Cuando las partículas de aire retenidas en el aceite tienen un diámetro entre 10^{-4} y 10^{-1} cm. se puede decir que se han formado “aeroemulsiones”.

-Tal y como se comenta con anterioridad, los inconvenientes causados por la formación de aeroemulsiones son semejantes a los producidos por las espumas.

-Las aeroemulsiones son difíciles de eliminar.

Los ensayos de aeroemulsibilidad se basan en medir el tiempo que tarda el aceite en alcanzar una retención de aire inferior a un límite previamente establecido.

El volumen de aire retenido se evalúa a través de la densidad de la mezcla que se determina continuamente mediante una balanza de densidades. [2]

3.1.2.3. Propiedades térmicas.

Puntos de inflamación y combustión.

El punto de inflamación de un aceite es la temperatura mínima a la cual el aceite desprende la cantidad suficiente de vapores para inflamarse, momentáneamente, al serle aplicada una llama.

La temperatura de inflamación se determina calentando la muestra en aparatos normalizados y aplicando una pequeña llama en la proximidad de su superficie.

Se puede operar en vaso abierto para el caso de puntos de inflamación elevados (Open Cup o Cleveland), o en vaso cerrado para aceites más ligeros o de más baja inflamabilidad (Closed Cup o Pensky-Martens). Para un mismo producto, el punto de inflamación en el primer procedimiento da un valor más alto que el segundo.

La temperatura a la cual hay que llevar el aceite para que, al aproximar una llama, sus vapores se inflamen y permanezcan en combustión durante cinco segundos, como mínimo, se denomina punto de combustión y se determina en el mismo aparato empleado para hallar punto de inflamación en vaso abierto. El punto de combustión suele ser entre 30 y 60°C superior al punto de inflamación.

La inflamabilidad de un aceite da una orientación sobre la volatilidad del mismo, posibles contaminaciones o diluciones, riesgos de incendios...etc. En definitiva, sobre su peligrosidad. [2]

Puntos de congelación y enturbiamiento.

El punto de congelación (“pour point”) de un aceite es la temperatura más baja expresada en múltiplo de 3°C, a la cual el aceite no fluye cuando es enfriado y examinado bajo condiciones prescritas, es decir, es la menor temperatura a la cual el aceite fluye..

El punto de enturbiamiento (“cloud point”) de un aceite, sometido a un proceso de enfriamiento, es la temperatura a la que las parafinas, u otras sustancias en solución, comienzan a separarse, en forma de cristales. El aceite, a esa temperatura, adquiere una turbidez que da nombre a esta propiedad térmica.

Ambas características son importantes en los casos en los que el aceite vaya a estar sometido a bajas temperaturas de trabajo, especialmente antes de la puesta en marcha del mecanismo a lubricar. En los aceites parafínicos la congelación se produce como consecuencia de la cristalización de la parafina. Por eso en ellos existen puntos de niebla y de congelación. [2]

Punto de floculación.

El punto de floculación de un aceite (“frock point”), es la temperatura a la que comienzan a separarse, floculando (separando sedimentos o partículas sólidas del aceite

mediante un proceso químico que las une entre sí), parafinas u otras sustancias en solución, cuando se somete a un proceso de enfriamiento, una mezcla formada por un 10 % de dicho aceite y un 90 % de un freón (fluido refrigerante).

Esta propiedad es de importancia en la selección de lubricantes para su empleo en sistemas de refrigeración, que trabajan con fluidos refrigerantes miscibles en el aceite y puede orientar sobre su comportamiento en los serpentines del evaporador. [2]

3.1.2.4. Propiedades químicas.

Número de neutralización (acidez, alcalinidad).

En un aceite, su grado de acidez o alcalinidad puede venir expresado por su número de neutralización, que se define como la cantidad de álcali o de ácido (ambos expresados en miligramos de hidróxido potásico), que se requiere para neutralizar el contenido, ácido o básico, de un gramo de muestra, en las condiciones de valoración normalizadas del correspondiente ensayo. Existen dos procedimientos para su determinación: el volumétrico y el potenciométrico.

El número de neutralización se puede presentar en cuatro distintos valores:

- a) N° de ácido total (TAN), determina todos los constituyentes ácidos presentes en las muestras de aceite, débiles y fuertes.
- b) N° de ácido fuerte (SAN), determina sólo el contenido en ácidos fuertes.
- c) N° de base total (TBN) determina todos los constituyentes alcalinos.

Normalmente se utiliza en aceites de motor.

- d) N° de base fuerte, determina el contenido en componentes fuertemente alcalinos, en ciertos aceites de motor de alta alcalinidad.

La acidez y alcalinidad de un aceite puede dar indicaciones de importancia sobre su grado de refino, su aditivación, contaminantes y especialmente, en el seguimiento analítico de su vida útil en servicio, en función de la evolución de otras características del lubricante.

Existen ciertos tipos de aceites especialmente los de engranajes tanto industriales como los de automoción, que debido a su contenido en aditivos E.P. (extrema presión) poseen un n° de neutralización entre (1,3 – 1,7) y (1,4 - 2,0).

De la misma manera, en aceites de motor se presentan valores de TBN o alcalinidad elevados y n° de neutralización de 2 a 3, debido también a la composición de su paquete de aditivos. [2]

Residuo de carbón.

El residuo de carbón se define como el porcentaje de depósitos carbonosos que se obtienen al someter a una muestra de aceite a evaporación y pirólisis (calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno) en las condiciones normalizadas del ensayo.

Se utilizan dos métodos para determinar esta característica: Conradson y Ramsbottom, dando valores diferentes para un mismo aceite.

Esta característica permite obtener, siempre con excepciones, algunas conclusiones sobre la tendencia a la carbonización de los aceites. Por ello, es de interés en el caso de la lubricación de motores de combustión interna, compresores de aire y mecanismos sometidos a muy altas temperaturas, así como en el caso de aceites transmisores de calor (termofluidos). [2]

Residuo carbonoso.

-Indica la tendencia a la coquización del aceite. Aumenta con la viscosidad.

-A igual viscosidad, los aceites nafténicos dan menos residuo que los parafínicos.

-Nafténicos: Residuo pulverulento poco adherente.

-Parafínicos: Residuo granular y adherente.

Métodos:

-Conradson ASTM-D-189, DIN-51551.

-Ramsbottom ASTM-D-524.

Esta característica es importante en:

- Aceites para motores de 2T.
- Aceites de motor (depósitos zonas combustión).
- Aceites de cilindros.
- Aceites para laminación. [2]

Corrosión al cobre.

La mayor parte de los aceites son absolutamente inofensivos frente a los metales que constituyen los mecanismos a lubricar. No obstante, es de interés determinar la tendencia que presenta un lubricante para provocar corrosiones metales de poca dureza tales como en cojinetes de antifricción.

Esta prueba se realiza exponiendo una lámina de cobre, perfectamente pulida, a la acción del aceite durante tres horas a la temperatura de 100 °C. Por el aspecto y coloración que presenta dicha lámina al finalizar el ensayo, se deduce el grado de corrosión que ha sufrido, al compararla con las coloraciones tipo de una placa de referencia normalizada.

Los aceites bien refinados y que no contengan cierto tipo de aditivos, no atacan sensiblemente al cobre, pero sí pueden hacerlo por causa de su degradación, presencia de contaminantes, o especial aditivación. [2]



Ilustración 5: Tapillas o cojinetes antifricción

Fuente: Seminario de aceites de Cepsa [5]

Punto de anilina.

El punto de anilina de un aceite viene definido como la temperatura mínima a la que, una mezcla a partes iguales de aceite y anilina (amina aromática cuya temperatura de solubilidad es tanto más baja cuanto más aromático sea el aceite), llega a solubilizarse totalmente.

Esta característica se determina por medio de un ensayo en el que se produce una agitación entre el aceite y la anilina, controlando la temperatura y en condiciones normalizadas.

Dada su estructura molecular cíclica, la anilina muestra mayor solubilidad hacia los aceites aromáticos o nafténicos que hacia los parafínicos, de cadena abierta. Por tanto, el punto de anilina orienta sobre la estructura de los hidrocarburos constituyentes del aceite. Su valor tiene importancia al evaluar el comportamiento del lubricante frente a materiales compuestos de goma y elastómeros.

-Se determina según ASTM-D-61 1, expresado en °C.

Relación entre la viscosidad y esta propiedad:

-Cuanto más viscoso sea un aceite, a igual contenido en aromáticos (o grado de refinado), más elevado será el punto de anilina.

-En aceites de viscosidades similares, cuanto más aromático sea, más bajo será su punto de anilina. [2]

3.2. Aditivos lubricantes.

La base de un lubricante por sí sola no ofrece toda la protección que necesita un motor o componente industrial, por lo que en la fabricación del lubricante se añade un compuesto determinado de aditivos atendiendo a las necesidades del fabricante del motor (homologación o nivel autorizado) o al uso al que va a ser destinado el lubricante en cuestión. Así, podemos entender como aditivos lubricantes a aquellos compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades naturales de un lubricante, y, conferirle otras que no poseen y que son necesarias para cumplir su cometido.

Las exigencias de lubricación de los modernos equipos y grandes máquinas en general, así como los motores de combustión interna de muy altas revoluciones y pequeño cárter, obliga a reforzar las propiedades intrínsecas de los lubricantes, mediante la incorporación de aditivos químicos en pequeñas cantidades; y el hecho de que con pequeñas cantidades de estos compuestos químicos se modifiquen profundamente el comportamiento de los aceites, ha hecho que se generalice mucho su empleo. [3]

3.2.1. Propiedades generales de los aditivos.

Los aditivos se incorporan a los aceites en muy diversas proporciones, desde partes por millón, hasta el 20 % en peso de algunos aceites de motor. Cada aditivo tiene una o varias misiones que cumplir, clasificándose al respecto, como uni o multifuncionales.

Fundamentalmente, los aditivos persiguen los siguientes objetivos:

- Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad.
- Proteger a la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras nuevas.

Clasificación y propiedades sobre las que actúan.

PROPIEDADES SOBRE LAS QUE ACTÚA		TIPOS DE ADITIVOS
a) Propiedades físicas	Viscosidad	Mejorador del I.V.
	Congelación	Depresor del p. de congelación
b) Propiedades químicas	Oxidaciones a baja y alta temperatura	Anti-oxidantes
	Corrosiones y herrumbre	Anti-corrosivos
		Anti-herrumbre
c) Propiedades físico-químicas	Residuo de carbón, número de neutralización y herrumbre	Detergentes, dispersantes y antioxidantes o multifuncionales (HD)
	Propiedades de extrema presión para engranajes.	De untuosidad, anticorrosivos y de E.P.
	Formación de espuma	Antiespumantes
	Emulsibilidad	Emulsionantes

Ilustración 6: Aditivos y propiedades sobre las que actúan

Fuente: Los Lubricantes [2]

3.2.1.1. Actuación sobre propiedades físicas.

Mejoradores del índice de viscosidad (I.V).

Un aceite de lubricación no debe ser muy viscoso a bajas temperaturas para permitir un comienzo fácil, pero tampoco debe ser muy poco viscoso a elevadas temperaturas para prevenir demasiada fricción y demasiado consumo de aceite. Los aditivos que mejoran al I.V. (índice de viscosidad), se mezclan en un aceite de lubricación para suministrarle

al mismo ciertas características que permiten su utilización a extremas temperaturas, es decir, reducen la dependencia de la viscosidad de las variaciones bruscas de temperatura y permiten que el lubricante sea utilizado a bajas y a elevadas temperaturas. Cuanto menor sea el índice de viscosidad (IV) mayor es la dependencia de la viscosidad con la temperatura.

El índice de viscosidad es un número arbitrario, calculado mediante la determinación de la viscosidad del lubricante tomada a dos distintas temperaturas, el cual indica la resistencia que tiene un lubricante a cambiar su viscosidad con la temperatura. Cuando el valor de índice de viscosidad es más alto, aumenta la resistencia del lubricante a espesarse a bajas temperaturas y a licuarse a altas.

El valor del I.V. (índice de viscosidad), con que se formula un lubricante, depende del uso del mismo. Generalmente, los aceites para motor y los fluidos para transmisiones automáticas normalmente tienen un I.V. (índice de viscosidad) entre 85 y 150, mientras que algunos aceites hidráulicos y aceites especiales requieren valores de I.V. de 200 o más.

Los mejoradores del I.V. son productos químicos que se agregan a los aceites lubricantes con la finalidad de obtener un producto lo más cercano posible al lubricante ideal, por ejemplo, uno cuya viscosidad permanezca inalterable por los cambios de temperatura. [4]

Depresores del punto de congelación.

Cuando un aceite procedente de crudos parafínicos se le somete a temperaturas bajas, sufre un cambio notable su estado físico consistente en una congelación total. Esto es debido al alineamiento natural de los hidrocarburos que componen la masa de aceite, provocando la cristalización a bajas temperaturas de la parafina presente en las fracciones de estos tipos de lubricantes. Al ocurrir la cristalización, la parafina tiende a formar redes internas que absorben aceite formando masas gelatinosas de gran volumen, las cuales restringen el flujo o escurrimiento del aceite.

Para obtener aceite de bajo punto de congelación hay que eliminar estos productos, y esto se obtiene en la unidad de desparafinado.

En algunos casos en que el tratamiento en desparafinado no se efectúe muy severo para ciertos aceites en función de su servicio, se les puede añadir un depresor del punto de congelación en concentraciones inferiores a 0,25 %.

Los depresores del punto de congelación son productos químicos que modifican el proceso de cristalización de la parafina, de tal modo que el aceite puede escurrir a baja temperatura. [4]

3.2.1.2. Actuación sobre propiedades químicas.

Antioxidantes.

En términos generales, la oxidación está influenciada por los siguientes parámetros: temperatura-oxígeno-tiempo-impurezas químicas en el aceite y catalizadores.

En consecuencia, el aceite atraviesa por una serie de reacciones de oxidación, existiendo varias teorías sobre este fenómeno, pero la más clara es la llamada de radicales libres, donde la auto-oxidación se forma en tres fases: iniciación, propagación y fase final, la cual se caracteriza por la combinación de radicales libres de moléculas inertes y por la transformación de hidro-peróxidos en aldehídos y en ácidos. Como consecuencia de esta polimerización, el aceite se enturbia, aumenta la viscosidad y se forman lodos.

Los antioxidantes o inhibidores de oxidación, son aditivos que se emplean para reducir estos efectos nocivos de la oxidación del aceite. Estos son sustancias capaces de retardar e impedir la fijación de oxígeno libre sobre los compuestos autooxidables, y por consiguiente la polimerización de éstos. [4]

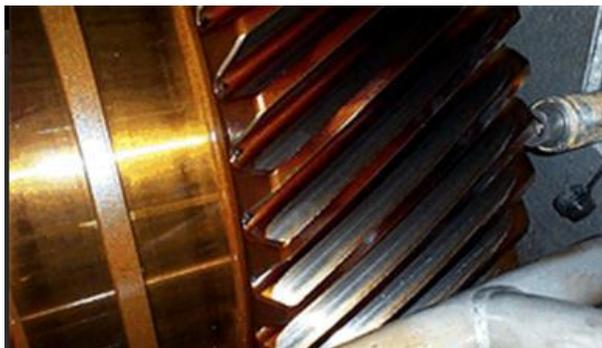


Ilustración 7: Aditivos antioxidantes

Fuente: Seminario de aceite de CEPSA [5]

Anticorrosivos.

Los inhibidores de corrosión son sustancias especiales que se les añaden a la base lubricante mineral y a otros para suministrarle mejores propiedades de adhesión, es decir, hacer que el lubricante mejore sus propiedades para adherirse a la superficie metálica interna a proteger de un motor evitando la corrosión de metales como, por ejemplo, puntos de cobre, hierro, aluminio, plomo, etc., debido a que forma una barrera que evita el contacto de la superficie metálica con el agua y otros ácidos extremadamente corrosivos que se forman en el aceite de lubricación.

Los primeros tipos de inhibidores de corrosión que se utilizaron en aceites de motor fueron los fosfitos orgánicos. La mayoría no eran productos puros, sino mezclas de mono, di y tri organofosfitos, obtenidos mediante la reacción de alcoholes o hidroxiesteres con tricloruro de fósforo.

Por 1945 la mayoría de inhibidores a base de fosfitos se sustituyeron por compuestos de azufre y fósforo, los cuales se siguen utilizando comercialmente hasta la fecha. [4]

Antiherumbre.

El término antiherumbre se usa para designar a los productos que protegen las superficies ferrosas contra la formación de óxido.

En los sistemas de lubricación recirculante, tales como los utilizados en turbinas, trenes de laminación, circuitos hidráulicos, calandras, etc., el aceite utilizado debe soportar la presencia de agua, libre y/o disuelta en el mismo. Dicha agua procede en la mayoría

de los casos de condensación, conduce a la formación de herrumbre en las superficies de hierro o acero de los sistemas que contienen el aceite. Lo mismo sucede en el interior de los cárters o alojamientos para el aceite de engranajes, compresores, motores de explosión, etc.

Si una película de aceite permanece sobre las superficies férreras, se evita su herrumbre incorporando al aceite aditivos con una especial atracción polar hacia dichas superficies. Se consigue la formación de una película muy tenaz que actúa de barrera contra la humedad

Los aditivos anti-herrumbre son compuestos polares que desplazan la humedad que puede estar presente sobre las superficies metálicas, y forman la película protectora antes mencionada, gracias a fenómenos de absorción que hacen que sus moléculas queden fuertemente ligadas al metal, separándose del aceite. [2]

3.2.1.3. Actuación sobre propiedades físico-químicas.

Detergentes.

Como aditivos detergentes se entienden aquellos productos capaces de evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en todos los componentes de los motores de combustión interna cuando operan a altas temperaturas, así como la acumulación de depósitos en faldas de pistón, guías y vástagos de válvulas.

Como aditivos antiácidos, alcalinos o superbásicos (que de todas estas formas se denominan), se entiende aquellos productos generalmente del tipo detergente, que poseen una reserva alcalina capaz de neutralizar los ácidos que se originan de la combustión del azufre presente en el combustible. Dichas alcalinidad se expresa en T.B.N (Total Base Number).

Los aceites de motor se ven expuestos a operar bajo la acción de elevadas temperaturas que tienden a originar cambios en la naturaleza química del aceite, dando lugar a productos de oxidación. Estos productos, insolubles en el aceite, aparecen como diminutas partículas y llegan a aglomerarse o a depositarse en las partes internas del

motor. Las primeras sedimentan en el cárter como lodos con aspecto alquitranoso, y las otras se depositan en la camisa del pistón formando lacas y barnices.

Sin la ayuda de un aceite detergente apropiado, el aceite no puede desprender o mantener en suspensión los depósitos que se producen. [4]

Dispersantes.

El término dispersante se reserva para designar aquellos aditivos capaces de dispersar los “lodos húmedos” originados en el funcionamiento frío del motor. Suelen estar constituidos por una mezcla compleja de productos no quemados de la combustión, carbón, óxidos de plomo y agua. Los dispersantes recubren a cada partícula de una película por medio de fuerzas polares, que repelen eléctricamente a las otras partículas, evitando se aglomeren, o sea, que actúan como acción complementaria de los detergentes que ejercen cierta acción dispersante sobre los lodos del cárter, pero solamente operan cuando las temperaturas del motor son las normales. Para bajas temperaturas del motor, la investigación se orientó hacia el desarrollo de compuestos orgánicos libres de metal, los cuales se denominaron originalmente: detergentes sin cenizas o dispersantes.

Resulta muy común confundir los términos detergente y dispersante por cuanto que la limpieza del motor se asocia más con la propiedad detergente que la dispersante. Por lo que cabe decir que el detergente es aquel aditivo que le aporta la capacidad al aceite para mantener limpios todos los componentes del motor y los componentes ácidos mientras que el dispersante aporta la capacidad al aceite para evitar que las partículas carbonosas se unan formando residuos. [4] [5]

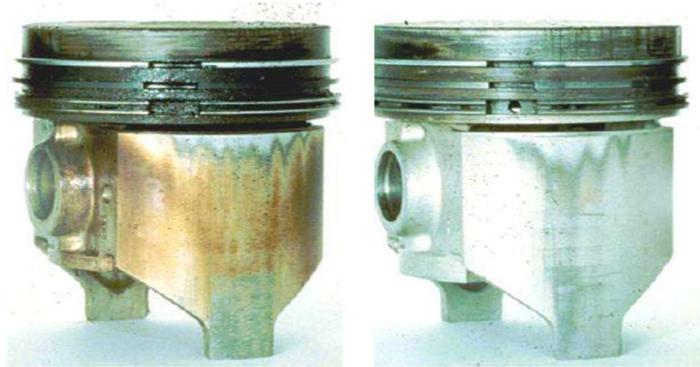


Ilustración 8: Detergentes y dispersantes

Fuente: Seminario de aceites de CEPSA [5]

Aditivos multifuncionales.

Son aquellos que en una sola molécula encierran propiedades múltiples: detergente antioxidante, dispersante, mejorador del índice de viscosidad, etc. [2]

Aditivos de extrema presión (E.P.).

Como aditivos de extrema presión o E.P. se denominan aquellos productos químicos capaces de evitar el contacto destructivo metal-metal, una vez que ha desaparecido la película clásica de lubricante de una lubricación hidrodinámica. Cuando esto ocurre, se dice que llegamos a una “lubricación límite”. [6]

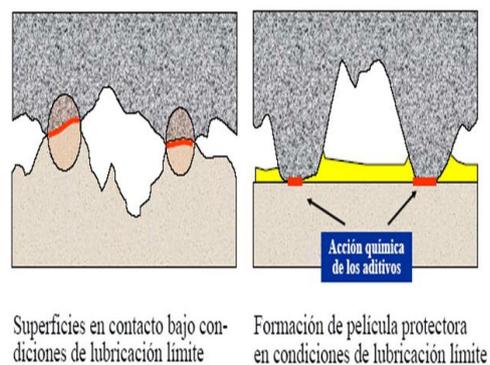


Ilustración 9: Aditivos extrema presión.

Fuente: Seminario de aceites de Cepsa [5]

Aditivos de untuosidad o aceitosidad.

Son compuestos que, siendo solubles con el aceite, presentan una fuerte polaridad. Tal es el caso de los ácidos animales y vegetales, los cuales permiten en condiciones de lubricación límite, disponer sus moléculas adheridas a la superficie metálica mediante fuerzas de tipo electrotástico e incluso químicas, protegiéndolas cuando existen fuertes cargas o presiones en superficies metálicas que se deslizan entre sí. Se utilizan en lubricación de guías, trenes de laminación y en ciertos tipos de engranajes. [2]

Antiespumantes.

Cuando un aceite está sometido a una acción de batido o agitación brusca, en presencia de aire, éste queda ocluido en la masa de aquel en forma de burbujas de distinto tamaño que tienden a subir a la superficie, formando espuma más o menos persistente. Las burbujas de mayor tamaño se rompen con más facilidad que las pequeñas, jugando un importante papel en estos procesos de rotura la tensión superficial del aceite. La tendencia en la formación de espuma viene incrementada por: temperaturas bajas-viscosidad alta-presencia de agua-velocidades de agitación elevadas y tensiones superficiales altas.

La presencia de espuma es siempre perjudicial en los sistemas de lubricación, ya que puede plantear problemas de reboses en recipientes y cajas de engranajes, interferencias en la formación de la cuña hidrodinámica en los cojinetes, con el consiguiente riesgo de fallos mecánicos, y, finalmente, y debido a que el aire es compresible, un comportamiento irregular o errático en la transmisión de potencia en los sistemas hidráulicos.

Los problemas que crea la espuma pueden eliminarse adicionando a los aceites aditivos antiespumantes que disminuyen el valor de la tensión superficial del aceite. El agente antiespumante más efectivo y de uso más generalizado es cierto tipo de aceites de silicona, constituido por polímeros de silicona que se adiciona en el aceite en proporción inferior al 0,001 %. [4]

Aditivos emulsionantes.

Estos se emplean en los aceites que se destinan a la lubricación de maquinaria expuesta al agua, pues se forma una emulsión perfecta con ésta, evitando que el aceite sea desplazado o lavado con los órganos a lubricar.

Estos aditivos mejoran la estabilidad de las emulsiones, al descender la tensión interfacial del sistema y proteger las gotas de agua por una película interfacial.

Estas emulsiones estables son generalmente indeseables para cualquier otro mecanismo; por tanto, solo se recomiendan en aquellos casos que el servicio lo requiera, pues una emulsión estable reduce el poder lubricante (favorece la formación de herrumbre, y si existen filtros de aceite, éstos se obstruyen). De aquí que solamente se utilicen estos aceites para maquinaria de cubierta en barcos y algunos émbolos mecánicos de máquinas de vapor saturado, donde existen grandes condensaciones de vapor de agua.
[6]

3.3. Las Grasas.

Definiciones.

Son lubricantes viscoplásticos obtenidos al espesar un aceite mineral o sintético con un jabón normalmente metálico.

Según ASTM es un producto sólido o semisólido obtenido por dispersión de un agente espesante, normalmente jabón, en aceites minerales o sintéticos. [5]



Ilustración 10: Las grasas

Fuente: Seminario de aceites Cepsa [5]

Comportamiento.

Depende fundamentalmente de:

- Sus características físico-químicas.
- Sus componentes.
- Interacciones de éstos en las condiciones de trabajo.

Clasificación por sus componentes

-Grasas simples.

Jabones usualmente utilizados:

Sodio, bario, calcio, aluminio, litio, plomo, bisulfuro de molibdeno.

-Grasas mixtas.

Por mezcla de jabones diferentes. (Con el fin de completar sus propiedades.)

-Grasas especiales.

Con aceites de silicona o sintéticos (ésteres, glicoles, éteres), de poliurea, arcillas, sílice coloidal Bentonita.

- Descripción de las características y ensayos expuestos. [2]

3.3.1. Químicos.

Contenido en ácidos grasos del jabón y libres.

Este ensayo sirve para determinar la naturaleza del jabón incorporado, ya que por él se puede conocer el tipo de grasa - sódica - cálcica - bario, etc.

Sus propiedades midiendo el tanto por ciento de jabón incorporado y por tanto su campo de aplicación.

Contenido en aceite mineral.

Nos da a conocer el tipo de aceite empleado en su fabricación. Normalmente el aceite componente de la grasa se escoge con las características similares a las que se emplearía si el mecanismo fuese lubricado con éste, en vez de por grasa.

Contenido en agua.

El agua puede existir en forma disuelta o dispersa, lo más perjudicial es la segunda, ya que facilitará la corrosión del mecanismo.

Alcalinidad y acidez.

Se controla la presencia de ácido o álcali libres. Cuando se trata de grasas usadas, por el aumento de acidez podemos conocer el grado de oxidación alcanzado. Se admite una pequeña acidez orgánica en las grasas cálcicas ya que su efecto es beneficioso. Estos ensayos son más significativos para el control de fabricación que para la aplicación de las grasas.

Índice de saponificación.

Su significado es muy preciso, ya que caracteriza el contenido en materias saponificables y permite también identificar el tipo de aceite empleado. En muchos casos orienta sobre el grado de oxidación de las mismas. [7][8]

Determinación de cenizas.

Constituye el índice de pureza de una grasa. Cuando se trata de grasas usadas, las cenizas indican la acción corrosiva producida por los productos de oxidación y abrasión

mecánica. Si se trata de una grasa con aditivos metálicos, la determinación de las cenizas nos indica su naturaleza y cantidad, controlando en el caso de las grasas usadas el consumo en aditivo. [2]

3.3.2. Físico-químicos.

Consistencia penetración.

Es una medida de la dureza relativa y se puede definir como la propiedad que caracteriza la fluidez de la misma cuando se le aplica una presión determinada.

La penetración ASTM o Grado NLGI es un índice numérico de la penetración de la muestra de grasa, expresada en décimas de milímetro por medio de un cono estándar en condiciones establecidas.

El “National Lubricating Grease Institute” (NLGI) clasifica las grasas de acuerdo con su penetración ASTM, según la tabla.

La consistencia es un factor importante en su capacidad para lubricar, sellar, permanecer en su sitio y su facilidad con que puede ser aplicada, como asimismo según la temperatura a que va a estar sometida durante su servicio.

Aspecto y estructura.

En la apariencia de una grasa y su descripción se suele hacer como: suave, mantecosa, fibrosa de fibra corta o larga, filamentosa, pegajosa, etc. Estas características están influenciadas por la viscosidad del fluido, proporción de los componentes, tipo de espesante, presencia de ciertos aditivos y proceso de manufactura, etc.

No hay método estándar de ensayos para una definición cuantitativa de estas propiedades. Los cambios de aspecto y estructura afectan la adhesividad y facilidad de su manipulación. [7][8]

Estabilidad estructural.

Es la capacidad de una grasa para retener su consistencia y aspecto de fabricación a pesar del tiempo, temperatura, trabajo mecánico y otras influencia., o su capacidad para volver a su estado original, cuando cesa cualquier influencia transitoria.

Viscosidad Aparente.

El concepto de viscosidad usual, válido para fluidos no es aplicable. La viscosidad aparente de la mayor parte de las grasas disminuye cuando aumenta la temperatura o régimen de esfuerzo cortante. La viscosidad aparente influye enormemente en la facilidad de manipulación y distribución de la grasa.

Punto de gota.

Es una importante propiedad de identificación y se define como la temperatura a la cual la grasa pasa generalmente a ser un sólido plástico al estado líquido, y fluye a través de un orificio estándar en las condiciones de ensayo.

No obstante el punto de gota no es la máxima temperatura de aplicación de una grasa, aunque sí indica que su comportamiento sería desfavorable a temperaturas más altas.

Resistencia a la oxidación.

Es la resistencia al deterioro químico en el almacenaje y en servicio causado por la exposición al aire. Depende fundamentalmente de la estabilidad de los componentes de la grasa y puede ser mejorado por el uso de antioxidantes. El ensayo se basa en 2 etapas, la primera o período de inducción, donde los cambios en sus propiedades químicas son relativamente pequeños.

Cuando existe un cambio profundo en la velocidad de reacción después de un cierto tiempo es el final período de inducción, y el principio de la segunda etapa de la oxidación. [7][8]

Protección contra la corrosión.

Depende de la composición de la grasa, su capacidad para formar y mantener un sello que protege contra la admisión de materiales corrosivos e indeseables y su reacción al

agua. Se manifiesta también por la aparición de compuestos corrosivos que atacan las aleaciones a base de plomo, cadmio y cobre.

Estos metales son catalizadores que aceleran la oxidación de las grasas.

El ensayo que define esta propiedad corresponde a la prueba de corrosión SKF o EMCOR. No es un ensayo normalizado y consiste en girar y parar alternativamente un rodamiento lubricado con la grasa, que se desea probar en presencia de agua destilada. Su duración es de una semana. Son aceptadas solamente las grasas que impiden por completo la corrosión del rodamiento. [2]

Pérdida por evaporación.

Toda grasa de gran calidad ha de seleccionar con cuidado los aceites empleados en su fabricación, de lo contrario se está expuesto a pérdidas por evaporación de las fracciones más volátiles del aceite, que endurecerían la grasa dando lugar a una lubricación ineficaz que puede llegar incluso a impedir el giro del mecanismo lubricado. [7][8]

Resistencia al lavado con agua.

Es importante conocer la resistencia que poseen las grasas a la acción del agua, pues cantidades pequeñísimas son suficientes en algunas ocasiones para modificar su estructura; tal es el caso de las grasas sódicas. El efecto es menor en las mixtas (Na-Ca) y (Li-Ca), las que mejor comportamiento ofrecen a esta acción son las de Ca-Li y Ba.

Partículas abrasivas.

Estas partículas se introducen en los mecanismos lubricados incrustándose en ellos deteriorándoles al rayar sus superficies pulidas, esto sucede cuando la dureza de las partículas destructivas es superior a la del propio cojinete, en caso contrario el efecto producido es de desgaste. [7][8]

3.4. Aplicación de la lubricación al ámbito naval.

Los lubricantes han de tener, tal y como hemos visto brevemente en los aditivos lubricantes, unas propiedades específicas en función de su servicio y aplicación, los cuales pueden quedar clasificados en tres grandes grupos:

-Lubricantes industriales (máquinas herramientas, reductores de engranajes, cojinetes, hidráulicos, compresores, turbinas y transformadores).

-Lubricantes para la automoción (motores diesel/gasolina, engranajes y transmisiones automáticas).

-Grandes motores diesel marinos o estacionarios.

3.4.1. Lubricantes industriales.

3.4.1.1. Máquinas herramientas.

-Lubricación centralizada:

- Viscosidad adecuada en función de equipo.
- Estabilidad a la oxidación.
- No corrosivo.
- Propiedades antiespuma.
- Propiedades antiherrumbre.

-Lubricación manual o engrase perdido:

- Viscosidad adecuada en función de equipo.

-Guías y bancadas:

- Viscosidad adecuada según verticales/horizontales.
- Buenas propiedades EP.
- Buenas propiedades adherencia y untuosidad.

3.4.1.2. Reductores engranajes industriales.

- Viscosidad adecuada en función de temperatura ambiente.
- Propiedades EP.
- Estabilidad a la oxidación.
- No corrosivo al bronce.
- Buenas propiedades de separación del agua.
- Buen comportamiento del aditivo EP a la centrifugación.

3.4.1.3. Cojinetes bolas y rodillos.

- Grado de viscosidad adecuado según dimensión, velocidad, carga y temperatura.
- Estabilidad a la oxidación.
- Baja tendencia a formar depósitos.
- Propiedades antiherrumbre.
- Bajo punto de congelación.
- Buenas propiedades de separación del agua. (Trenes de laminación.)

3.4.1.4. Cojinetes lisos.

- Viscosidad correcta según dimensión, velocidad y temperatura ambiente.
- Estabilidad a la oxidación a alta temperatura.
- Antiherrumbre.
- No corrosivo.
- Buenas propiedades antiespuma.
- En algunos casos propiedades EP.

3.4.1.5. Equipos hidráulicos.

- Viscosidad adecuada para asegurar su fluidez en la transmisión de energía.
- Alto índice de viscosidad.
- Baja compresibilidad.
- Estabilidad a la oxidación a alta temperatura.
- Antiherrumbre.
- Buenas propiedades separación del agua.
- Buenas propiedades eliminación del aire.
- Formación mínima de espuma.
- Buen comportamiento con sellos y juntas.
- En casos que se requiera características EP.

3.4.1.6. Compresores.

-Alternativos:

- Viscosidad adecuada en función de diámetro y potencia.
- Baja tendencia a formar depósitos.
- Alta estabilidad a temperatura máxima del aire.
- No formar espuma.
- Antiherrumbre.

-Rotativos:

- Alta viscosidad para asegurar el cierre.
- Gran estabilidad a altas temperaturas del aire.
- Antiespuma y antiherrumbre.

3.4.1.7. Turbinas.

- Generalmente baja viscosidad dadas sus elevadas R.P.M.
- Alta resistencia a la oxidación y formación de lodos.
- Buenas propiedades antiespuma.
- Buenas propiedades de desaireación.
- Buenas propiedades de separación del agua.
- No corrosivo y antiherrumbre.
- En ciertos casos ligeras características E.P.

3.4.1.8. Transformadores.

- Baja viscosidad y punto de congelación para asegurar una buena transferencia de calor.
- Ausencia de humedad y sólidos en suspensión.
- Alto poder dieléctrico.
- Elevada estabilidad a la oxidación.
- Bajas pérdidas dieléctricas.

3.4.1.9. Grandes motores diesel.

- Lubricantes para cilindros.
- Cáster, cojinetes y refrigeración.

3.4.1.10. Motores diesel/gasolina cárter-cilindros.

- Viscosidad adecuada.
- Buen comportamiento a baja temperatura.
- No formar lodos.
- Detergencia y dispersancia en distintos grados.

- Estabilidad a la oxidación.
- Prevención contra herrumbre.
- Propiedades antidesgastes.
- Propiedades antiespuma.
- No corrosivo (para aleación cojinetes).

3.4.1.11. Engranajes.

- Altas propiedades E.P.
- Estabilidad a la oxidación alta temperatura.
- No corrosivo.
- Antiherrumbre.
- Bajo punto de congelación.
- Propiedades antiespuma.

3.4.1.12. Transmisiones automáticas.

- Baja viscosidad.
- Elevado índice de viscosidad.
- Bajo punto de congelación.
- Propiedades antiespuma.
- Propiedades antiherrumbre.
- No corrosivo.
- Efecto mínimo sobre cierres y sellos.
- Propiedades antidesgaste y E.P.
- Buena estabilidad a la oxidación a altas temperaturas.

3.4.1.13. Grandes motores diesel de cruceta.

-Cilindros:

- Viscosidad adecuada.
- Buena estabilidad a la oxidación.
- Baja volatilidad.
- Alta alcalinidad.
- Propiedades antidesgaste.
- Baja formación de carbón para mantener limpias las lumbreras.

-Cárter y refrigeración del pistón:

- Viscosidad adecuada, normalmente SAE-30.
- Buena estabilidad a la oxidación.
- Propiedades anticorrosivas
- Buena demulsibilidad. [2]

3.5. Lubricación como apoyo al plan de mantenimiento.

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar ó restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

Uno de los tipos de mantenimiento que hay es el mantenimiento predictivo, que más que un tipo de mantenimiento, se refiere a las técnicas de detección precoz de síntomas para ordenar la intervención antes de la aparición del fallo.

Por tanto, teniendo lo anterior en cuenta, para garantizar una lubricación óptima y gestionarla de manera adecuada para evitar la aparición de dichos fallos se establece un plan de engrase para los diferentes equipos del buque. [9]

3.5.1. Establecimiento de un plan de engrase.

Inventario y análisis actual.

Hay que preparar una relación de todos los tipos de lubricantes que se vienen utilizando, sus aplicaciones generales y consumos periódicos.

Luego, de acuerdo con un orden establecido, que puede ser desde la entrada de la materia prima hasta la salida de los productos ya fabricados y embalados, efectuar una relación de toda la maquinaria y equipos en general, anotando los lubricantes que se emplean en cada punto, su periodicidad de engrase y las anomalías observadas si existen, tales como calentamientos, pérdidas de aceite, desgastes anormales, roturas frecuentes, etc.

Finalmente, en la relación anterior se anotará si el lubricante que se viene utilizando en las máquinas, es el originalmente recomendado por el fabricante del equipo o no.

Con estas dos relaciones habremos obtenido una interesante información y una lista normalmente muy extensa de tipos de lubricantes utilizados, cuya simplificación y normalización hay que conseguir en el siguiente paso.

Selección de los lubricantes.

Con el fin de obtener una simplificación de los tipos de aceites a utilizar, hay que considerar y ponderar los siguientes aspectos:

Simplificación por sus características y especificaciones

De la extensa lista de productos que hemos obtenido en la primera fase, se agruparán éstos por su similitud de características físico-químicas, viscosidad en primer lugar, congelación, l. viscosidad (si llevan incorporados aditivos antioxidantes), características E.P. (extrema presión), untuosidad, detergentes y dispersantes, etc. Normalmente para este punto se requerirá un especialista o técnico en lubricantes, que conozca o posea una información amplia en este campo. [2]

Simplificación por sus aplicaciones y empleo.

Podemos encontrar en la relación de los lubricantes y sus aplicaciones preparadas anteriormente, que existen dos o más que difieren algo en sus características, pero sus aplicaciones son similares. Muy frecuentemente se presenta en reductores de engranajes, que en función con su servicio o cargas pueden requerirse lubricantes con nula, media o alta carga E.P., o bien cojinetes que requieran aceites inhibidos contra oxidación, herrumbre, etc. y otros minerales puros. O también con viscosidades con muy pequeña diferencia, entre ellos y el resto de sus propiedades iguales.

A la hora de simplificar debería seleccionarse el de mayor exigencia, o uno de viscosidad intermedia según los casos, todo ello depende del volumen de consumo, de las distintas calidades y las condiciones de servicio de los equipos.

Por ello hay que considerar también el siguiente aspecto.

Simplificación según consumos y cantidades a adquirir.

También debe considerarse la simplificación desde el punto de vista de los consumos, ya que si estamos consumiendo grandes cantidades de aceites de primera calidad para una mayoría de máquinas y existen algunos aceites corrientes, de viscosidades similares y su consumo es escaso, pueden anularse éstos y pasarlos todos a los de primera calidad, ya que esto eliminaría stocks, confusiones de marcas y simplificación de tipos. Pero nunca debería efectuarse el procedimiento reversible o sea, pasar los de primera calidad a tipos corrientes, ya que tratar de ahorrar a la hora de adquirir lubricantes de inferior calidad resultaría muy caro.

Establecimiento del plan de engrase.

Una vez ponderados los distintos aspectos para lograr la simplificación de tipos a utilizar, habremos obtenido una serie de lubricantes que serán los necesarios y suficientes para la lubricación de toda la maquinaria de la fábrica, y su número será bastante reducido, pudiendo asignar a cada uno de ellos una clave de color convencional que lo identificará en todo momento. Con toda la información recopilada, podemos ya confeccionar un cuadro, que sea distribuido al personal responsable de las distintas secciones y otro de mayor tamaño para el almacén de lubricantes. El plan de engrase se completará al confeccionar una ficha por máquina, que puede ajustarse a los formatos

peculiares de cada empresa, según los datos o características de entretenimiento y conservación que suministra normalmente el constructor de la máquina, incorporándole el color convenido del lubricante a emplear así como una forma geométrica que caracterice la frecuencia de engrase, estos últimos datos deben figurar con etiquetas adherentes o con pintura en cada punto de engrase de la máquina.

Es conveniente que las fichas por máquina se hayan duplicado, una protegida por plástico a pie de máquina y la otra copia en el fichero de la sección de lubricación o mantenimiento correspondiente. [2]

Almacenamiento y manejo de lubricantes.

El usuario debe asegurarse que los lubricantes que aplique se hallen en perfectas condiciones.

Se requiere cierta vigilancia y atención durante su almacenamiento para evitar riesgos posibles contaminaciones.

Para ello es de interés seguir las reglas o normas generales establecidas.

Los fabricantes de lubricantes, así como sus almacenistas y distribuidores, se cuidan de que sus productos se hallen en el mejor estado cuando los entregan al consumidor, no obstante pueden surgir accidentes que los deterioren o contaminen. El usuario a su vez debe cuidar y vigilar que cuando el producto se aplique a la máquina, se halle en perfectas condiciones.

Por lo general la mayoría de los lubricantes no son productos excesivamente delicados que requieran excesivas precauciones, pero precisan de cierta vigilancia y atención durante su almacenamiento, con el fin de evitar el riesgo de posibles contaminaciones o alteraciones que produzcan averías o falta de rendimiento en las máquinas que con ellos se lubriquen.

Por lo tanto es de interés seguir las siguientes reglas generales:

1. Buscar un lugar apropiado para el almacenamiento, de modo que las distancias a los sitios de aplicación sean reducidas.
2. El almacenamiento debe ser siempre bajo techado.

3. si el almacenamiento es en el exterior, los bidones deben situarse tumbados y no deben apoyar directamente sobre el suelo, procurando que las aberturas que presenta el bidón en tapa superior, formen una línea imaginaria sensiblemente horizontal.
4. La limpieza y el orden, deben ser factores tenidos muy en consideración.
5. La mecánica de trasiego de los lubricantes, debe efectuarse con las precauciones necesarias para evitar contaminaciones, derrames, etc. [2]
6. El material empleado en el trasiego de lubricantes, debe de estar depositado en un sitio central y determinado, y debe conservarse siempre limpio.
7. se deben utilizar primeramente los lubricantes de más antigua procedencia (para ir reponiendo por aceites más nuevos).
8. Deben existir servicios de extinción de incendios.
9. Debe preverse siempre unos stocks mínimos vitales para evitar paradas o retrasos debidos al suministro.
10. A la recepción de los bidones y al comenzar a emplearlos debe controlarse visualmente su aspecto, color, transparencia y brillantez; en las grasas su estado, colorido y que no existan residuos extraños en su superficie, etc. Y en caso de la más pequeña duda, consultarse con el proveedor ya que en ocasiones procederá la devolución y sustitución de los mismos y en otras a su análisis y comprobación de sus características, ya que puede no tener importancia una variación en su cambio de coloración u otro aspecto similar. [2]

Aplicación de los lubricantes.

Lo ideal sería aplicarlos directamente desde sus envases de origen a los puntos Precisos.

No obstante, nos podemos valer de los siguientes medios: Bombas de aceite, mecanismos llenadores, pistolas neumáticas, lubricadores portátiles...

Hay que estudiar las posibilidades de sustituir y mejorar los sistemas de engrase elementales.

La solución idónea y más rentable son los engrases centralizados.

Lo ideal sería emplear los lubricantes, una vez comprobado su buen estado a la recepción, directamente desde sus envases de origen al punto de aplicación. Existen medios para acercarnos mucho a este ideal, como son:

Bombas de aceite.

Todos los bidones en servicio deberían llevar estas acopladas, para ganar tiempo en los trasvases y mantener los bidones cerrados eliminando posibles contaminaciones, y realizar las operaciones limpiamente sin pérdidas ni derrames de lubricante. También pueden aplicarse en una de las bocas del bidón unas válvulas, de forma que teniendo el bidón en posición horizontal sobre caballete, sea accesible su trasvase a otros envases menores.

Lubricadores neumáticos portátiles, etc.

No obstante, según la naturaleza de la máquina a lubricar, su importancia, complejidad y valor, el grado de automatismo de su engrase será distinto. Pero hay que estudiar las posibilidades y rentabilidades que supondría ir sustituyendo y mejorando los distintos sistemas de engrase, o sea:

Los sistemas manuales.

Estudiar su sustitución por mecanismos semiautomáticos (mediante engrasadores por dosificadores para cada punto) o bien, engrase centralizado si las posibilidades lo hicieran factible.

Los mecanismos semi-automáticos.

Ver la posibilidad de sustituirlos por aparatos de automatismo total.

Engrases centralizados.

Donde existan mecanismos de grandes conjuntos con numerosos puntos de engrase, sería la solución ideal y más rentable.

Y en general, todo estudio o proyecto dirigido a lograr una modernización de los medios de aplicación y una disminución en los cortes, así como unos mayores rendimientos de las máquinas, para lograr una dosificación del lubricante preciso en cada punto y

Trabajo de Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

regularizar los plazos de lubricación, sin posibilidad de olvidos o fallos humanos, serán siempre de gran rentabilidad en las industrias. [2]

(IV). METODOLOGÍA.

4.1. Metodología.

La metodología a seguir en el presente proyecto nos va a servir de ayuda para entender el papel de la lubricación en los equipos, haciendo mayor hincapié en los análisis de aceites efectuados a bordo y su uso en la detección y diagnóstico de averías.

4.1.1. Documentación Bibliográfica.

La documentación bibliográfica ha sido una recopilación realizada por el autor de este trabajo fin de grado en base a datos bibliográficos, artículos, catálogos, referencias y datos que afecten a este trabajo.

4.1.2. Metodología del trabajo de campo.

Para la elaboración de este trabajo, se ha incluido una relación de ilustraciones de analíticas de aceite. Realizando una descripción de ellas y observando los parámetros más importantes a controlar según equipo y el valor recomendado de los mismos. En el trabajo de campo se ha realizado una búsqueda de los distintos análisis de aceite realizados a bordo, apoyándonos en realizar un estudio de las consecuencias producidas por un aceite que ha perdido sus propiedades originales tras su uso.

4.2. Marco referencial.

El marco referencial del presente proyecto está ubicado en un estudio para la interpretación de análisis de aceite como aplicación práctica de este proyecto. Con apoyo de la experiencia laboral de los directores del proyecto. El marco referencial no solo abarca la explicación e interpretación de los análisis de aceite sino además se abarca una explicación de los lubricantes, sus propiedades y aditivos y la relación de estos con el mantenimiento predictivo. Como complemento a este trabajo, el autor añade al mismo un anexo y una serie de análisis de aceites proporcionados por la naviera OPDR Canarias en relación a la temática del mismo.

(V). RESULTADOS.

5.1. Utilidad del análisis de aceite.

Unas de las técnicas de detección precoz de síntomas son los análisis de aceite. Son una técnica simple, que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona información con respecto a:

- La salud del lubricante.
- Contaminación del lubricante.
- Desgaste de la maquinaria.

Además, el uso de este tipo de técnicas posee ventajas tales como:

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.

El análisis de aceite no sólo va a permitir el seguimiento del estado de desgaste de los equipos, detectar fallos inminentes, sino también establecer un programa de lubricación basado en condición. [9]

Es una herramienta fundamental en el mantenimiento predictivo que permite para llevar adelante una estrategia proactiva pudiendo establecer dos tipos de alarmas:

- Alarmas absolutas.
- Alarmas estadísticas.

Las alarmas absolutas son límites condenatorios que se aplican al estado de contaminación del lubricante, y se pueden tomar las recomendaciones del fabricante del equipo, en el caso que las hubiera o en su defecto las recomendaciones del Laboratorio de Análisis de Lubricantes.

Mientras que las alarmas estadísticas están basadas en los propios valores registrados en el equipo.

El análisis de la tendencia estadística permite identificar fallas incipientes. No se debe olvidar la variabilidad inherente a la propia exactitud de las pruebas que se realizan.

Así mismo, es fundamental conocer la metalurgia de las partes móviles que tienen contacto con el lubricante, para eventualmente identificar el origen de los metales de desgaste.

Para seleccionar los puntos de lubricación a monitorear mediante análisis de aceite, debe tenerse en cuenta la criticidad del componente y en cómo afecta éste a la confiabilidad y disponibilidad de la máquina. [10]

5.2. Procedimiento de toma de muestras.

Para obtener resultados precisos del análisis, en primer lugar debe tomar una muestra representativa. Para conseguir dicha muestra representativa se debe tener en cuenta:

1. Implantar un calendario de toma de muestras.

- Configurar un calendario de toma de muestras.
- Tomar las muestras en un lugar e intervalo constantes.
- Tomar muestras a la temperatura más próxima posible a la temperatura de trabajo, y con la mayor seguridad posible.

2. Trabajar con un orden y limpieza apropiados.

- Comprobar que las condiciones de trabajo del entorno sean seguras.
- Limpiar la zona del punto de toma de muestras.
- Utilizar únicamente frascos de muestras aprobados.

3. Anotar los detalles de la muestra.

- Imprimir etiquetas de muestras online.
- Anotar los detalles del equipo y las muestras.
- Incluir la fecha de la muestra, hr/mi/km del aceite y el equipo, etc.

Para la toma de la muestra se debe:

- Actualizar o añadir los datos de registro de puntos de toma de muestras online.
- Imprimir las etiquetas de las muestras, añadiendo los detalles de la toma de muestras online, para disminuir el tiempo de administración, aumentar la precisión de los datos y acelerar el procesamiento de la muestra en el laboratorio.
- Asegurarse de que la zona donde se tomen las muestras esté limpia.
- Tomar muestras a la temperatura más próxima posible a la temperatura de trabajo, y con la mayor seguridad posible. Tomar las precauciones apropiadas cuando se tome una muestra de aceite transmisor de calor. Lea detenidamente las instrucciones de la toma de muestras de aceite transmisor de calor. [11]

Para obtener resultados precisos del análisis, en primer lugar debe tomar una muestra representativa. Para conseguir resultados óptimos:

- 1 Extraiga una muestra de aceite representativa en el punto de toma de muestras.



Línea de llenado.

- 2 Cierre bien el tapón del frasco de muestras. Inspeccione a simple vista la muestra para comprobar si contiene partículas, agua u otros productos contaminantes. Si se observa contaminación, tome medidas de corrección. Una vez corregida la situación, tome otra muestra.
- 3 Imprima la etiqueta de la muestra completada online (vea "Cómo imprimir etiquetas", en la página 8). Si es preciso, añada datos de tendencias adicionales (fecha, hr/ml/km, etc.) con bolígrafo.
- 4 Fije la etiqueta de la muestra preimpresa completada al frasco de muestras.
- 5 Coloque el frasco de muestras en el recipiente de transporte negro y cierre bien el tapón.
- 6 Fije al recipiente la etiqueta postal preimpresa. Envíe la muestra por correo inmediatamente, o introduzca varias muestras en las bolsas de envío por correo exprés suministradas para este fin.

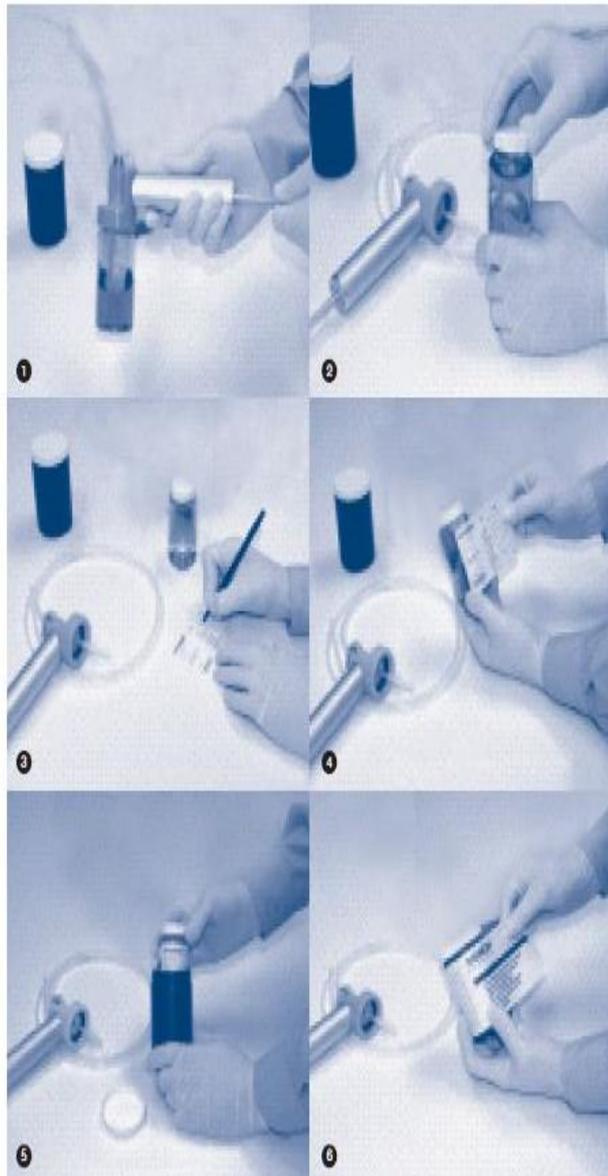


Ilustración 11: Toma de muestras

Fuente: Signum Oil Analysis (MOBIL) [4]

5.3. Laboratorio para análisis de muestra de aceite.

¿Qué es un programa de análisis de aceites de equipos marinos?

Es un servicio para analizar el aceite, se logra conocer el estado y la evolución de sus motores al emitirse el diagnóstico apropiado en cada caso. Para ello, se evalúan los parámetros más significativos del lubricante, particularizando los ensayos a realizar a las exigencias de los fabricantes del motor.

El programa suele incluir todos los equipos del barco. Particularmente el más amplio rango de motores Diesel utilizados en Marina, desde los pequeños motores 4T hasta los gigantescos motores 2T de gran potencia, considerando sus particularidades en cada uno de ellos.

Este servicio es asimismo aplicable a aquellos motores grandes estacionarios utilizados para la Cogeneración Diesel. Se contempla además la posibilidad de que los motores empleen una depuradora de aceite y permite tomar dos muestras, una antes de la depuradora y otra después para evaluar con ello la eficiencia que está teniendo la depuradora de aceite.

Sólo con el análisis de muestras periódicas de su aceite lubricante, el sistema para analizar equipos marinos es capaz de evaluar el estado de su máquina detectando las anomalías que pudiera tener. De esta forma, se podrán prevenir posibles futuros daños.

[12]

¿Cómo utilizarlo?

Si usted se adhiere mediante un contrato a una compañía de análisis de aceite, sólo tiene que ponerse en contacto con el personal comercial de dicha compañía. Un comercial le facilitará toda la información necesaria para ingresar en el sistema, realizar el envío de muestras y consultar los informes de resultados.

Alta de muestra a través de la aplicación web y envío de muestras.

A través de la aplicación podrá dar de alta las muestras que posteriormente enviará al laboratorio para su análisis.

Trabajo de Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

Es necesario completar todos los datos que se solicitan en la aplicación informática y que son necesarios para su gestión y diagnóstico, datos del cliente, instalación, motor, datos del aceite, horas de uso, reposiciones diarias y cualquier otro dato relativo a la máquina lubricada.

Envío por correo.

Se le facilitará:

Recipientes especiales para la toma de muestras.

Etiquetas con código de barras para identificación de las muestras.

Tarjetas para el envío de información de cada muestra, con las instrucciones a seguir para la correcta toma de la muestra.

Sobres con franqueo concertado en destino, para el envío de las muestras a nuestros laboratorios.

Para su envío por correo, sólo debe completar todos los datos que se solicitan en la tarjeta informativa y que se requieren para la gestión y el diagnóstico: datos del cliente, instalación, motor, datos del aceite, horas de uso, reposiciones diarias y cualquier otro dato relativo a la máquina lubricada. Luego, debe introducir la botella de la muestra correctamente cerrada junto a la tarjeta dentro del sobre con franqueo concertado y enviarla por correo postal.

Recepción y gestión de las muestras en el laboratorio.

En el laboratorio se dan de alta las muestras recibidas y sus tarjetas. Para esto, se clasifica cada muestra de aceite y luego se introduce en el sistema gracias a un lector de código de barras. En cuanto a la información contenida en la tarjeta, la introducimos en nuestra base de datos.

Consulta de resultados interactiva.

Si desea conocer los resultados de los análisis realizados puede hacerlo a través del correo electrónico o de forma más directa a través de los servicios interactivos del portal.

¿Qué información proporciona?

Se emite un informe por cada una de las muestras con los resultados actuales y los correspondientes a las muestras anteriores. El sistema emite un diagnóstico en el que se le comentan los resultados anómalos, se le presentan las posibles causas de fallo y, finalmente, se le dan sugerencias sobre las posibles alternativas para verificar los fallos o acciones a tomar para remediarlos. Incluso en las situaciones normales, el sistema hace recomendaciones como alargar o acortar el período de cambio de aceite o los datos para un nuevo envío de muestra. [12]

5.4. Análisis más usuales en aceites de motor.

5.4.1. Viscosidad.

La viscosidad determina el rango de temperaturas a la que puede trabajar un aceite. Condiciona la capacidad del mismo para ser bombeado a todos los órganos del motor y la resistencia de la película lubricante en las partes móviles.

Factores que influyen:

Disminución de la Viscosidad: Dilución por combustibles (ligeros). Reposiciones con aceite de menor viscosidad y por contaminación por agua.

Aumento de Viscosidad: Reposiciones con aceite de mayor viscosidad. Alta concentración de productos insolubles. Hollín Oxidación del aceite. Alta temperatura de funcionamiento. Fallo en la refrigeración. Trabajo en condiciones excesivamente severas. Pérdida de capacidad dispersante del aceite. Y dilución por combustibles (pesados).

Valores límites medios:

El valor típico de la viscosidad de un aceite nuevo se usa como referencia. Se recomienda la toma de alguna medida preventiva cuando el cambio de Viscosidad del aceite en servicio sea mayor del valor de partida o suponga un cambio en el grado SAE respecto del aceite nuevo.

Efectos sobre el motor:

Una Viscosidad por debajo de los límites establecidos puede ocasionar la pérdida de formación de película de aceite y provocar desgaste.

Si la Viscosidad es excesiva puede provocar un bombeado precario del aceite, la obstrucción de algún conducto de lubricación y finalmente el gripado del motor. [5]

5.4.2. Contenido en Agua/Refrigerante.

La presencia de agua en el aceite en servicio puede que sea debida a condensación de vapor en el motor ó contaminación con el fluido refrigerante. En este último caso, es habitual, que debido a las altas temperaturas a las que trabaja el motor, el agua se evapora y sólo quede como indicador la presencia de las sales disueltas en ella.

Factores que influyen:

Condensación del vapor de agua por funcionamiento del motor a bajas temperaturas. -
Pérdidas del fluido refrigerante por fisuras en los sistemas de refrigeración.

Valores límites medios: Es poco probable que puedan darse concentraciones superiores al 0,2% en volumen por condensación del vapor de agua presente en el motor. Valores en torno al 0,5% en volumen son considerados como una buena referencia para adoptar medidas correctoras. Los límites aceptables de sodio se encuentran entre 0 y 150 ppm.

Efectos sobre el motor:

Contenidos superiores al 0,5% provoca corrosión y la degradación rápida del aceite.

5.4.3. Alcalinidad remanente/Número de base (B.N.).

El número base o B.N. determina la concentración remanente en cada momento de aditivos detergentes y dispersantes del aceite en servicio. [5]

Factores que influyen:

El agotamiento acelerado de los aditivos detergentes y dispersantes puede producirse como consecuencia de una combustión deficiente del motor, por trabajo del motor en condiciones excesivamente severas o por la utilización de combustibles de alto contenido en azufre.

El consumo normal de los aditivos detergentes y dispersantes en los aceites en servicio nos garantizará su presencia activa hasta el final de la vida prevista para el aceite.

Valores límites medios:

Los valores de B.N. (según equipo) deben alertarnos para tomar alguna medida o preventiva pues pueden producirse depósitos en el motor.

Valorador automático B.N.

Este método se utiliza para determinar el índice de basicidad o B.N. (Reserva Alcalina).

Este parámetro es muy importante en aceites de Motor, debido a que los gases de la combustión del motor son muy ácidos, y mediante esta reserva se neutralizan. [5]

5.4.4. Índice de Contaminación / Hollín por Materia Carbonosa.

El índice de contaminación nos determina la concentración de residuo sólido en el aceite fundamentalmente ocasionado por la presencia de hollín de la combustión en el motor.

Factores que influyen:

La mayor o menor presencia de hollín está condicionada por factores de diseño del motor. También puede ser indicativo de una combustión deficiente del motor, un trabajo en condiciones excesivamente severas y/o una conducción inadecuada.

Valores límites medios:

Cada tipo de motor tiene sus propios límites. De forma general, se considera que valores superiores al 4% debe inducirnos a analizar si tal concentración es debida a diseño de la cámara de combustión o a una mala operación del motor.

Cabe decir que altos valores de índice de contaminación son relevantes cuando están asociados a incrementos de la viscosidad y/o pérdida de dispersancia del aceite en servicio. [5]

5.4.5. Dilución por combustible.

El nivel de dilución está relacionado con la cantidad de combustible en el aceite en servicio.

Factores que influyen:

- Tipo de servicio. Arranque en frío, parada-arranque constante, etc.)
- Diseño del sistema de inyección.
- Estado inyectores y/o sistema inyección.

Valores límites medios:

El efecto de la dilución en la lubricación está condicionado fundamentalmente a la disminución de la viscosidad. No obstante, concentraciones superiores al 1,5% en volumen para motores diesel son valores orientativos para tomar las precauciones ó medidas correctoras oportunas.

5.4.6. Concentración de metales de desgaste.

En todo motor, aunque lleve cierto tiempo en servicio y con el mantenimiento adecuado, se produce una determinada tasa de desgaste. Las concentraciones admisibles de partículas metálicas de desgaste varían de un modelo de motor a otro, e incluso pueden producirse variaciones sustanciales en motores del mismo modelo. Lo relevante en el control es encontrar un incremento brusco en la concentración de partículas de un determinado metal pues puede ser indicativo de una incipiente anomalía del motor. [5]

5.5. Interpretación de los informes analíticos (boletín de análisis).

1. En ellas se presentan los resultados de la analítica realizada sobre la/s muestra/s de aceite remitidas por el cliente. Pueden identificar las mismas por sus códigos correspondientes.

2. Recordar que cada código se refiere a un punto diferente de toma de aceite del cárter del motor.

3. La “combinación de puntos” indica el punto o puntos de toma de muestra sobre los cuales se han realizado los análisis, tal y como el cliente remite.

4. Los resultados de los análisis se presentan en un código de colores; resultados en verde son indicativos de un comportamiento normal, los presentes en naranja indican una situación de alerta y los presentados en rojo situación de alarma.

Si el resultado aparece en negro no se dispone de información suficiente para determinar la situación del análisis o no se requiere dicha evaluación.

5. El sistema le ofrece al cliente una serie de indicaciones/comentarios sobre la problemática asociada aquellas situaciones anormales presentes en la analítica.

6. Para los principales elementos metálicos presentes en el aceite de cárter se presenta un cuadro resumen con los parámetros estadísticos más representativos.

5.6. Estructura de un informe analítico.

A continuación se expone la estructura de un informe analítico. Que en este trabajo se divide en 8 bloques



Servicio ADOC-XXI Marinos. 4T
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Punto 1 101765974 1

Armador Buque

Motor PRINCIPAL Número 01 Marca MAK Modelo 12M32C

Aceite REPSOL Tipo AURELIA TI 4030 SAE 40 Aceite nuevo para lubricación de cilindros N

Fecha toma 31/03/2014 Fecha recepción 08/04/2014 Fecha análisis 10/04/2014

Horas motor Horas aceite 13007 Combustible FUEL-OIL

Sangrías (l) Reposición diaria (l/día) 100 Aceite en Servicio (l)

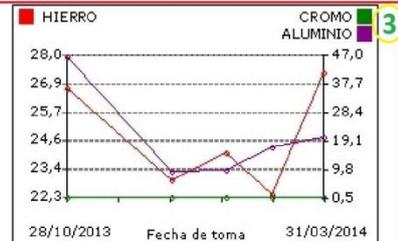
Códigos de colores para valorar los resultados obtenidos en el análisis.

Normal Alerta Alarma 2

Evolución de los parámetros en el tiempo.

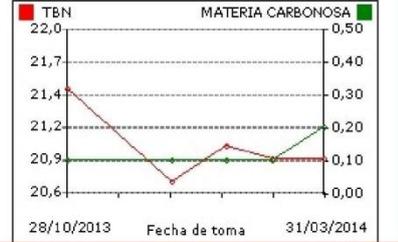
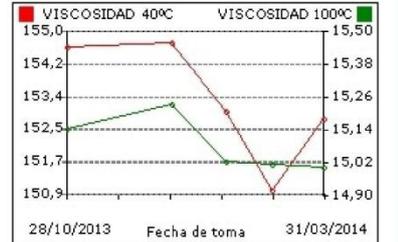
5

	ACTUAL	34924	34755	34537	34137
Combinación de Puntos	1	1	1	1	1
Fecha toma	31/03/2014	28/02/2014	31/01/2014	30/12/2013	28/10/2013
Horas motor					
Horas aceite	13007	12491	12127	11579	101510



4

Índice desgaste		27,3	22,4	24,1	23	26,67
HIERRO	ppm	27,3	22,4	24,1	23	26,67
CROMO	ppm	0,73	0,66	0,63	0,61	0,63
ALUMINIO	ppm	20,1	16,9	9,29	9	46,36
COBRE	ppm	1,96	2,02	1,6	1,51	1,71
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	0,54	n.d.	n.d.
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	2,01	1,95	2,05	1,95	2,72
Índice degradación		152,8	151	153	154,7	154,6
VISCOSIDAD 40°C	cSt	152,8	151	153	154,7	154,6
VISCOSIDAD 100°C	cSt	15	15,01	15,02	15,23	15,14
TBN	mg KOH/g	20,9	20,9	21	20,7	21,5
MATERIA CARBONOSA (a/d) %		0,2 /----	0,1 /----	0,1 /----	0,1 /----	0,1 /----
Índice contaminación		10,8	11,5	12,1	12,2	11,2
SILICIO	ppm	10,8	11,5	12,1	12,2	11,2
AGUA (a/d) %		<0,1 /----	<0,1 /----	<0,1 /----	<0,1 /----	<0,1 /----
CLORUROS	ppm	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
NIQUEL	ppm	54,4	48,7	48	40,6	43,25
VANADIO	ppm	158	134	141	141	149,6
SODIO	ppm	30,8	29,6	33,2	27,3	23,32
Otros metales		0,53	0,52	n.d.	n.d.	0,57
BARIO	ppm	0,53	0,52	n.d.	n.d.	0,57
BORO	ppm	0,65	n.d.	1,15	0,77	0,61
CALCIO	ppm	10700	10900	10700	10200	11730
FOSFORO	ppm	377	350	351	341	359,8
ZINC	ppm	373	358	352	370	404,6
MAGNESIO	ppm	26,2	25,4	26,9	25,3	26,86



* n.d. = no detectado



Servicio ADOC-XXI Marinos. 4T
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Punto 1	101765974				
Armador	[Redacted]		Buque	[Redacted]	
Motor	PRINCIPAL	Número	01	Marca	MAK
Aceite	REPSOL	Tipo	AURELIA TI 4030	SAE	40
Fecha toma	31/03/2014	Fecha recepción	08/04/2014	Modelo	12M32C
Horas motor		Horas aceite	13007	Aceite nuevo para lubricación de cilindros N	
Sangrías (l)		Reposición diaria (l/día)	100	Fecha análisis	10/04/2014
				Combustible	FUEL-OIL
				Aceite en Servicio (l)	

Comentarios 6
 El/Los contenido/s de ALUMINIO son ligeramente altos.
 El contenido en VANADIO de la muestra (procedente del combustible) es ligeramente alto.

Diagnósticos y recomendaciones 7

Evolución de Metales 8

Metales Desgaste	ACTUAL	Histórico		
		Máximo	Media	Mínimo
Hierro ppm	27,3	31,1	20,5	6,43
Cromo ppm	0,73	1	0,7	0,14
Manganeso ppm	2,01	4,17	2,7	0,5
Aluminio ppm	20,1	46,36	12,2	0
Cobre ppm	1,96	4,2	1	0,07
Plomo ppm	n.d.	2,6	0,3	0,09
Estaño ppm	n.d.	3,7	0,3	0

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 12: Análisis de aceite motor principal

Fuente: Trabajo de campo

La estructura de un informe analítico consta de los siguientes bloques:

1. En este bloque se refiere a todos los datos de identificación: armador, buque, el aceite de qué equipo se está analizando, marca y modelo del mismo, fecha de toma, fecha de recepción y fecha de análisis, horas de servicio, reposiciones, el aceite que se está utilizando...
2. En este bloque encontramos el semáforo de alertas, que nos permite mediante una simple inspección visual que valores de qué parámetros pueden ser incorrectos. Esto es, mediante un código de colores, verde cuando los valores son normales, naranja cuando son ligeramente superiores o inferiores (establece una situación de pre-alerta) y finalmente rojo, cuando los valores han superado con creces los límites de tolerancia del valor (debemos actuar inmediatamente, estudiando y corrigiendo el fallo lo antes posible).
3. En el tercer bloque, observamos las distintas gráficas de evolución de los valores en el tiempo, tanto de los contenidos de los distintos metales como de los parámetros físicos más importantes para dicho equipo. Cada uno de ellos expresado gráficamente en un color, tal y como se puede observar en las leyendas de dichas gráficas.
4. El listado de los múltiples parámetros a analizar en el equipo, lo encontramos en este bloque. Estando también reseñados a través del semáforo de alertas los valores de los parámetros más importantes. En él, podemos observar los resultados obtenidos para cada uno de ellos.
5. Aparecen en este bloque, las horas de uso del aceite y una serie de columnas con las distintas fechas de toma de muestras (histórico del aceite). Resultando para

cada fecha de toma unos valores concretos que serán comparados con el resto para conocer el estado del equipo.

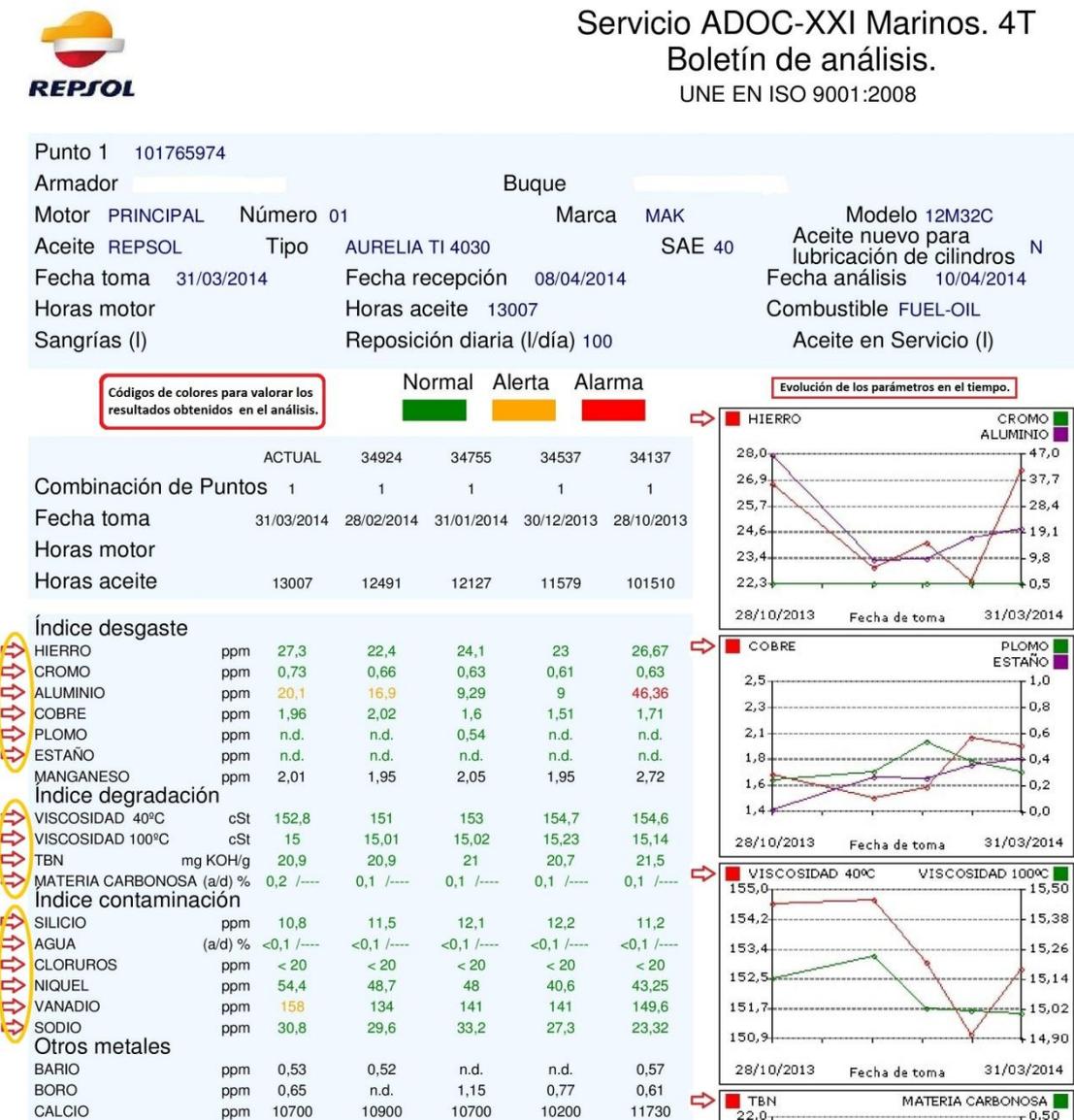
6. En sexto bloque, el laboratorio de aceite realiza una serie de comentarios sobre los valores obtenidos, procedimiento de toma de muestra, observaciones...para ayudar al cliente y avisarle de posibles fallos, defectos u errores cometidos.
7. En este penúltimo bloque, el laboratorio puede también realizar un diagnóstico del fallo si las pruebas son totalmente concluyentes o simplemente unas recomendaciones para siguientes análisis.
8. En este último bloque, se encuentra el histórico de la evolución de los valores de los metales más importantes expresados todos en ppm, estableciendo los valores actuales, y los máximos, mínimos y medias del histórico de los mismos.

5.7. Ejemplos de análisis de aceite a bordo.

A continuación, me dispongo a exponer y explicar algunos ejemplos de análisis de aceite a bordo de los diferentes equipos del buque. Estos, han sido proporcionados por la naviera OPDR Canarias

5.7.1. Análisis de aceite motor principal.

Observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite del motor principal:





Servicio ADOC-XXI Marinos. 4T
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Punto 1	101765974				
Armador	[Redacted]		Buque	[Redacted]	
Motor	PRINCIPAL	Número	01	Marca	MAK Modelo 12M32C
Aceite	REPSOL	Tipo	AURELIA TI 4030	SAE	40 Aceite nuevo para lubricación de cilindros N
Fecha toma	31/03/2014		Fecha recepción	08/04/2014 Fecha análisis 10/04/2014	
Horas motor	Horas aceite 13007			Combustible FUEL-OIL	
Sangrías (l)	Reposición diaria (l/día) 100			Aceite en Servicio (l)	

Comentarios

El/Los contenido/s de ALUMINIO son ligeramente altos.
El contenido en VANADIO de la muestra (procedente del combustible) es ligeramente alto.

Diagnósticos y recomendaciones

Evolución de Metales

Metales Desgaste	ACTUAL	Histórico		
		Máximo	Media	Mínimo
Hierro ppm	27,3	31,1	20,5	6,43
Cromo ppm	0,73	1	0,7	0,14
Manganeso ppm	2,01	4,17	2,7	0,5
Aluminio ppm	20,1	46,36	12,2	0
Cobre ppm	1,96	4,2	1	0,07
Plomo ppm	n.d.	2,6	0,3	0,09
Estaño ppm	n.d.	3,7	0,3	0

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 13: Análisis de aceite motor principal

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis del motor principal se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son de índice de desgaste (hierro, cromo, aluminio, cobre, plomo y estaño), de índice de degradación (viscosidad a 40°C, viscosidad a 100°C, TBN (nº de base total) y materia carbonosa) y finalmente, índice de contaminación (silicio, agua, cloruros, , níquel, vanadio y sodio).

También, en este caso, se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo del hierro con el cromo y aluminio, del cobre con el plomo y el estaño, de la viscosidad a 40°C con la viscosidad a 100°C y por último, del TBN (nº de base total) con la materia carbonosa. Distinguiéndose todas ellas por códigos de colores para cada parámetro del aceite.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, tanto los contenidos de aluminio como de vanadio son ligeramente altos.

Si nos centramos en el aluminio, podemos observar una concentración alta del mismo, que fue reducida mediante la reposición de aceite pero que, tras el uso prolongado las concentraciones están volviendo a ser mayores. Esto es, debido a que la lubricación no se está realizando correctamente y se está produciendo una pérdida de material en pistones o cojinetes.

Si nos centramos en el vanadio, podemos observar también una concentración ligeramente alta del mismo, pero que no se viene prolongando en el tiempo. Esto es, podemos descartar un fallo las propiedades del aceite y tener en cuenta, que puede ser un contaminante procedente del combustible usado en dicho motor.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite debe ser sustituido por otro y que además debe ser revisada la causa del problema.

5.7.2. Análisis de aceite motor auxiliar.

Observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite del motor auxiliar:



Servicio ADOC-XXI Marinos. 4T
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Punto 1	101786418	Buque					
Armador							
Motor	AUXILIAR	Número	01	Marca	MAN	Modelo	D2842 LE301
Aceite	REPSOL	Tipo	SUPERTURBO DIESEL	SAE	15W40	Aceite nuevo para lubricación de cilindros N	
Fecha toma	26/03/2014	Fecha recepción	03/04/2014	Fecha análisis	09/04/2014		
Horas motor	17151	Horas aceite	19	Combustible	GAS-OIL		
Sangrías (l)		Reposición diaria (l/día)		Aceite en Servicio (l)			

Códigos de colores para valorar los resultados obtenidos en el análisis.

Normal Alerta Alarma

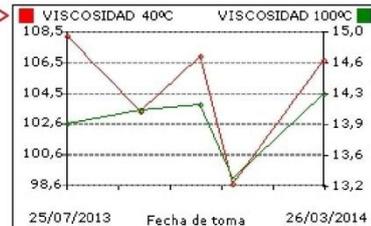
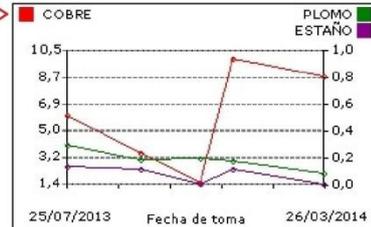
Evolución de los parámetros en el tiempo.

	ACTUAL	34521	34413	33965	33646
Combinación de Puntos	1	1	1	1	1
Fecha toma	26/03/2014	29/12/2013	28/11/2013	03/10/2013	25/07/2013
Horas motor	17151	16528	16358	16005	15551
Horas aceite	19	170	2	121	34



Índice desgaste						
HIERRO	ppm	4,57	5,3	2,7	2,1	3,78
CROMO	ppm	n.d.	0,62	n.d.	n.d.	n.d.
ALUMINIO	ppm	1,3	1,09	0,91	0,75	1,13
COBRE	ppm	8,75	9,92	1,5	3,48	6,05
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Índice degradación						
VISCOSIDAD 40°C	cSt	106,7	98,7	106,9	103,4	108,2
VISCOSIDAD 100°C	cSt	14,28	13,28	14,14	14,09	13,92
TBN	mg KOH/g	10,3	9,9	10,6	9,7	9,8
PUNTO DE INFLAMACION	° C	225	214	216	224	227
Índice contaminación						
SILICIO	ppm	3	2,68	5,17	6,03	3,93
AGUA	(a/d) %	<0,1 /---	<0,1 /---	<0,1 /---	<0,1 /---	<0,1 /---
DILUCION GO/BD	%	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
CLORUROS	ppm	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SODIO	ppm	2,05	1,22	1,22	n.d.	3,09
Otros metales						
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	0,54	0,61	2,35	n.d.	n.d.
CALCIO	ppm	2630	2590	2490	2040	2540
FOSFORO	ppm	1010	955	968	1070	1110
ZINC	ppm	1090	1080	1010	1050	1170
MAGNESIO	ppm	202	203	187	196	222

* n.d. = no detectado





Servicio ADOC-XXI Marinos. 4T
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Punto 1 101786418
Armador [redacted] Buque [redacted]
Motor AUXILIAR Número 01 Marca MAN Modelo D2842 LE301
Aceite REPSOL Tipo SUPERTURBO DIESEL SAE 15W40 Aceite nuevo para lubricación de cilindros N
Fecha toma 26/03/2014 Fecha recepción 03/04/2014 Fecha análisis 09/04/2014
Horas motor 17151 Horas aceite 19 Combustible GAS-OIL
Sangrías (l) Reposición diaria (l/día) Aceite en Servicio (l)

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Evolución de Metales

Metales Desgaste	ACTUAL	Histórico		
		Máximo	Media	Mínimo
Hierro ppm	4,57	14,92	6,1	2,1
Cromo ppm	n.d.	1,55	0,6	0,21
Manganeso ppm	n.d.	1,69	0,9	0,35
Aluminio ppm	1,3	1,76	1,2	0,56
Cobre ppm	8,75	29,23	7,9	1,5
Plomo ppm	n.d.	1,03	0,2	0
Estaño ppm	n.d.	0,9	0,2	0

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 14: Análisis de aceite motor auxiliar

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis del motor auxiliar se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son de índice de desgaste (hierro, cromo, aluminio, cobre, plomo y estaño), de índice de degradación (viscosidad a 40°C, viscosidad a 100°C, TBN (nº de base total), punto de inflamación y materia carbonosa) y finalmente, índice de contaminación (silicio, agua, cloruros, disolución GO/BD, níquel, vanadio y sodio).

También, en este caso, se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo del hierro con el cromo y aluminio, del cobre con el plomo y el estaño, de la viscosidad a 40°C con la viscosidad a 100°C y por último, del TBN (nº de base total) con la materia carbonosa. Distinguiéndose todas ellas por códigos de colores para cada parámetro del aceite.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.3. Análisis de aceite bocina.

Observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite de la bocina:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101764277

Cliente	Buque	
Equipo MBO001	-BOCINA	
Aceite en servicio REPSOL AURELIA TI 4030 SAE 40	Horas de servicio 13518	Añadidos Litros
Fecha de toma 28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014	Volumen en uso 850 Litros

Normal Alerta Alarma

	ACTUAL	101778763	101778748	101775976	101775986	
Fecha de toma	28/02/2014	31/01/2014	30/12/2013	25/11/2013	28/10/2013	
Horas de servicio	13518	13154	12599	12016	11537	
Determinación	Unidad	Valores				
⇒ VISCOSIDAD 40°C	cSt	136,2	137	136,5	136,8	136,7
⇒ CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	----	----	----	----
⇒ AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
⇒ METALES CONTAMINACION :		----	----	----	----	----
⇒ HIERRO	ppm	2,9	3,3	3,2	3,2	3,2
⇒ NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
⇒ MANGANESO	ppm	1,9	2,1	2,1	2,1	2,3
⇒ VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
⇒ CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
⇒ COBRE	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
⇒ PLOMO	ppm	1,6	1,8	1,8	1,6	1,2
⇒ SILICIO	ppm	11,8	13,9	14,3	14,1	13,2
⇒ TITANIO, ICP	ppm	0	0	0,1	0,1	0,1
⇒ SODIO	ppm	4,4	6,1	5,4	7,5	4,8
⇒ ALUMINIO	ppm	1,5	2	1,9	1,8	1,6
⇒ ESTAÑO	ppm	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6
⇒ METALES DE ADITIVACION		----	----	----	----	----
⇒ ZINC	ppm	371	395	400	389	402,7
⇒ MAGNESIO	ppm	23	26,1	26	26,5	24,4
⇒ FOSFORO	ppm	358	371	375	376	330,7
⇒ CALCIO	ppm	9310	11400	10800	10800	11350
⇒ BARIO	ppm	0,8	0,6	0,9	0,9	0,8
⇒ BORO	ppm	0,6	1,8	2,9	1,6	0,9

* n.d. = no detectado

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Le recordamos la máxima importancia de la correcta cumplimentación de la hoja de envío de datos para poder extraer conclusiones acertadas por parte del sistema experto.

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 15: Análisis de aceite bocina

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis del aceite de bocina se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de desgaste (hierro, níquel, cromo, cobre, silicio y sodio), viscosidad a 40°C, agua y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.4. Análisis de aceite servomotor.

Observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite del servomotor:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101764275

Cliente	Buque	
Equipo MSV001	-SERVOMOTOR	
Aceite en servicio REPSOL TELEX HVLP ISO 46	Horas de servicio 60635	Añadidos Litros
Fecha de toma 28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014	Volumen en uso 980 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

Fecha de toma	ACTUAL	101775952	101778736	101764905	101711358	
Horas de servicio	28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	25/02/2013	25/10/2012	
Determinación	Unidad	Valores				
↻ VISCOSIDAD 40°C	cSt	44,33	44,53	44,82	45,04	45,31
↻ VISCOSIDAD 100°C	cSt	7,83	7,73	7,8	7,8	8,06
↻ INDICE DE VISCOSIDAD		148	143	144	143	152
↻ TAN	mg KOH/g	0,7	0,71	0,75	0,84	0,83
↻ CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
↻ AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
↻ EMULSION A 54,4 °C		---	---	---	---	---
↻ METALES CONTAMINACION :		---	---	---	---	---
↻ HIERRO	ppm	3,6	3,4	3,4	3,2	3,1
↻ NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ CROMO	ppm	1,7	1,6	1,9	2,3	2,1
↻ COBRE	ppm	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7
↻ PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ SILICIO	ppm	n.d.	0,9	0,6	n.d.	0,8
↻ TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
↻ SODIO	ppm	0,5	n.d.	2,9	0,6	1,1
↻ ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ METALES DE ADITIVACION		---	---	---	---	---
↻ ZINC	ppm	533	514,6	577	577	616,1
↻ MAGNESIO	ppm	1,6	1,5	1,6	1,9	1,7
↻ FOSFORO	ppm	436	367,2	452	451	431,2
↻ CALCIO	ppm	91,2	87,8	85,1	96,5	109,2
↻ BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↻ BORO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

* n.d. = no detectado

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Le recordamos la máxima importancia de la correcta cumplimentación de la hoja de envío de datos para poder extraer conclusiones acertadas por parte del sistema experto.

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 16: Análisis de aceite servomotor

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis del servomotor se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel, cromo, cobre, plomo, silicio, sodio y aluminio), viscosidad a 40°C, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos, agua y finalmente, algunos metales de aditivación

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales. Pero debemos hacerle un seguimiento al TAN ya que en uno de los análisis dio ligeramente alto aunque ya parece subsanado.

5.7.5. Análisis de aceite sistema hidráulico maquinillas de popa.

Observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite del sistema hidráulico maquinillas de popa:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101764273

Cliente	Buque	
Equipo MHI004	-SISTEM.HIDRA.MAQUINILLAS POPA	
Aceite en servicio REPSOL TELEX E ISO 100	Horas de servicio 2997	Añadidos Litros
Fecha de toma 28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014	Volumen en uso 1276 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

	ACTUAL	101775955	101778733	101775996	101764269	
Fecha de toma	28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	29/04/2013	25/02/2013	
Horas de servicio	2997	2882	2753	2717	2664	
Determinación	Unidad	Valores				
VISCOSIDAD 40°C	cSt	98,6	98,98	97,75	99,04	98,36
VISCOSIDAD 100°C	cSt	13	12,99	12,96	13,13	12,95
INDICE DE VISCOSIDAD		129	128	129	130	128
TAN	mg KOH/g	1	0,99	1	0,9	1
CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	----	----	----	----
AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
EMULSION A 82 °C		----	----	----	----	----
METALES CONTAMINACION :						
HIERRO	ppm	1,7	1,9	2,5	1,6	2,5
NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COBRE	ppm	2,3	2,4	3,8	2,9	3,8
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	0,5	0,5	n.d.
SILICIO	ppm	0,5	0,9	0,9	n.d.	n.d.
TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
SODIO	ppm	n.d.	n.d.	2,9	1	n.d.
ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION						
ZINC	ppm	625	626	680	691	712
MAGNESIO	ppm	1,2	1	1,3	1,4	1,5
FOSFORO	ppm	498	425,1	515	511	514
CALCIO	ppm	127	129,8	133	143	134
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

* n.d. = no detectado

Comentarios

Propiedades en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Le recordamos la máxima importancia de la correcta cumplimentación de la hoja de envío de datos para poder extraer conclusiones acertadas por parte del sistema experto.

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 17: Análisis de aceite maquinillas de popa

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de las maquinillas de popa se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales. Pero debemos hacerle un seguimiento al TAN (nº de ácido total) ya que en los dos últimos análisis dio ligeramente alto.

5.7.6. Análisis de aceite reductora (Renk).

A continuación, observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite de la reductora:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101765929

Cliente	Buque	
Equipo MRD004	-REDUCTORA (RENK)	
Aceite en servicio REPSOL SUPER TAURO ISO 150	Horas de servicio 41854	Añadidos Litros
Fecha de toma 28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014	Volumen en uso 1900 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

	ACTUAL	101775988	101775980	101778738	101775997	
Fecha de toma	28/02/2014	28/10/2013	31/08/2013	26/06/2013	29/04/2013	
Horas de servicio	41854	39873	38937	37860	36915	
Determinación	Unidad	Valores				
↕ VISCOSIDAD 40°C	cSt	116,3	116,3	116,9	116,3	116,4
↕ TAN	mg KOH/g	0,41	0,44	0,42	0,44	0,44
↕ CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
↕ AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ESPUMAS		---	---	---	0-0	---
ESP., FORMACION SEC. I	mL	---	---	---	40	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. I	mL	---	---	---	0	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. I	s	---	---	---	---	---
ESP., FORMACION SEC. II	mL	---	---	---	280	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. II	mL	---	---	---	0	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. II	s	---	---	---	---	---
EMULSION A 82 °C		---	---	---	---	---
METALES CONTAMINACION :		---	---	---	---	---
↕ HIERRO	ppm	7	4,6	5,2	5	4,7
↕ NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	0,5	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↕ CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↕ COBRE	ppm	1,7	1,7	2,3	1,9	1,8
↕ PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	0,5	0,6	n.d.
↕ SILICIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TITANIO, ICP	ppm	0	---	0	0	0
↕ SODIO	ppm	n.d.	n.d.	2,3	2,6	0,8
↕ ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↕ ESTAÑO	ppm	5,3	3,7	3,8	3,7	3,5
METALES DE ADITIVACION		---	---	---	---	---
ZINC	ppm	32,8	31,1	39,1	41	40,2
MAGNESIO	ppm	5,7	6,4	7	7,3	7
FOSFORO	ppm	347	295,6	375	355	368
CALCIO	ppm	66,2	64,2	152	144	100
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	13,7	14,3	15,3	14,6	15,5

* n.d. = no detectado



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101765929

Cliente		Buque	
Equipo	MRD004	-REDUCTORA (RENK)	
Aceite en servicio	REPSOL SUPER TAURO ISO 150	Horas de servicio	41854 Añadidos Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis	21/03/2014 Volumen en uso 1900 Litros

Comentarios

El equipo va lubricado con Super Tauro 100, se ruega identificar la muestra con este aceite.
Propiedades en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Le recordamos la máxima importancia de la correcta cumplimentación de la hoja de envío de datos para poder extraer conclusiones acertadas por parte del sistema experto.

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 18: Análisis de aceite reductora (Renk)

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de la reductora se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales. Pero debemos hacerle un seguimiento a la viscosidad a 40°C ya que en los últimos análisis está oscilando su valor.

5.7.7. Análisis de aceite hélice transversal proa.

A continuación, observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite de la hélice transversal de proa:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101764276

Cliente	Buque	
Equipo MRD001	HELICE TRANSVERSAL PROA	
Aceite en servicio REPSOL SUPER TAURO ISO 150	Horas de servicio 244	Añadidos Litros
Fecha de toma 28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014	Volumen en uso 505 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

	ACTUAL	101775956	101778759	101764907	101715645	
Fecha de toma	28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	25/02/2013	29/06/2012	
Horas de servicio	244	234	221	209	188	
Determinación	Unidad	Valores				
VISCOSIDAD 40°C	cSt	147,8	148,9	147,8	98,35	147,5
TAN	mg KOH/g	0,5	0,49	0,52	1	0,46
CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ESPUMAS		---	---	0-0	---	---
ESP., FORMACION SEC. I	mL	---	---	220	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. I	mL	---	---	0	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. I	s	---	---	---	---	---
ESP., FORMACION SEC. II	mL	---	---	20	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. II	mL	---	---	0	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. II	s	---	---	---	---	---
EMULSION A 82 °C		---	---	---	---	---
METALES CONTAMINACION :		---	---	---	---	---
HIERRO	ppm	5,5	4,1	4,2	1,8	3,2
NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COBRE	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	1,4	n.d.
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SILICIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
SODIO	ppm	1,9	0,7	4,9	n.d.	0,8
ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION		---	---	---	---	---
ZINC	ppm	12,1	15,3	11,7	645	42,8
MAGNESIO	ppm	0,6	0,5	1,1	1,2	0,5
FOSFORO	ppm	222	198,4	238	492	219,2
CALCIO	ppm	13,4	4,6	13,2	116	4
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	10,3	7,1	8,8	n.d.	4,9

* n.d. = no detectado

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Ilustración 19: Análisis de aceite hélice transversal proa

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de la hélice transversal de proa se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, TAN, cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.8. Análisis de aceite sistema térmico caldera.

A continuación, observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite del sistema térmico de la caldera:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101765932

Cliente		Buque	
Equipo	MTH001	SISTEMA TERMICO CALDERA	
Aceite en servicio	REPSOL MULTIGRADO TERMICO ISO 32	Horas de servicio	62061 Añadidos Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis	21/03/2014 Volumen en uso 6833 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

	ACTUAL	101775950	101778735	101765813	101765853	
Fecha de toma	28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	25/02/2013	25/10/2012	
Horas de servicio	62061	58964	55640	52946	46366	
Determinación	Unidad	Valores				
↔ VISCOSIDAD 40°C	cSt	30,18	30,29	30,18	30,05	29,81
↔ PTO. DE INFLAMACION D-92	°C	----	220	230	224	----
↔ TAN	mg KOH/g	0,14	0,06	0,02	0,04	0,02
↔ INSOLUBLES EN HEPTANO	%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
↔ AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
METALES CONTAMINACION :		----	----	----	----	----
↔ HIERRO	ppm	3,5	2,3	1,9	n.d.	1,2
NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COBRE	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SILICIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
↔ SODIO	ppm	1,8	1,4	0,7	n.d.	n.d.
ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION		----	----	----	----	----
ZINC	ppm	0,7	n.d.	1,5	n.d.	n.d.
MAGNESIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
FOSFORO	ppm	1,1	0,5	1,4	n.d.	n.d.
CALCIO	ppm	16,2	3,7	n.d.	0,8	0,9
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	n.d.	n.d.	0,7	n.d.	n.d.

* n.d. = no detectado

Comentarios

No hay muestra suficiente para la determinación del punto de inflamación en vaso abierto.
Propiedades en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Ilustración 20: Análisis de aceite sistema térmico de caldera

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis del sistema térmico de la caldera se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, sodio y titanio, icp), viscosidad a 40°C, insolubles en heptano, agua, TAN (nº de ácido total) y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.9. Análisis de aceite anillo intermedio bocina.

A continuación, observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en los análisis de aceite del anillo intermedio de la bocina:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101764278

Cliente	Buque	
Equipo	MBO002 - ANILLO INTERMEDIO BOCINA	
Aceite en servicio	REPSOL AURELIA TI 4030 SAE 40	Horas de servicio 13518 Añadidos 5 Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014 Volumen en uso 850 Litros

Normal Alerta Alarma

	ACTUAL	101778764	101778744	101775977	101775987	
Fecha de toma	28/02/2014	31/01/2014	30/12/2013	21/11/2013	28/10/2013	
Horas de servicio	13518	13154	12599	12016	11537	
Determinación	Unidad	Valores				
VISCOSIDAD 40°C	cSt	132,9	133,2	132,8	135,2	135
CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	275	---	---
AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	0,42	< 0,1	< 0,1
METALES CONTAMINACION :						
HIERRO	ppm	3,6	4,4	5,9	3,9	4,1
NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	1,8	2	2,1	2	2,3
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COBRE	ppm	n.d.	n.d.	4	n.d.	n.d.
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	0,5	n.d.	n.d.
SILICIO	ppm	14,5	16,4	23,4	16,1	15
TITANIO, ICP	ppm	0	0	1,4	0,1	0,1
SODIO	ppm	1,5	3,7	43,6	4,7	1,6
ALUMINIO	ppm	1,7	2,3	5,4	2	2,1
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION						
ZINC	ppm	364	381	388	371	389,8
MAGNESIO	ppm	24,9	32,9	361	26,4	24,6
FOSFORO	ppm	353	362	354	363	322
CALCIO	ppm	9860	11600	10100	10900	11380
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	0,6	n.d.	n.d.
BORO	ppm	n.d.	1	0,8	1,2	0,5

* n.d. = no detectado

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Le recordamos la máxima importancia de la correcta cumplimentación de la hoja de envío de datos para poder extraer conclusiones acertadas por parte del sistema experto.

A partir de ahora, también puede consultar los resultados de ADOC en repsol.com. Acceda a través de la opción Registro situada en el menú superior y seleccione la opción de Registro de clientes. En pocos días recibirá la confirmación de alta por correo electrónico.

Ilustración 21: Análisis de aceite anillo intermedio bocina

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de anillo intermedio de la bocina se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.10. Análisis de aceite hélice transversal de popa.

A continuación, observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en los análisis de aceite del anillo intermedio de la bocina:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101765931

Cliente		Buque	
Equipo	MRD003	-HELICE TRANSVERSAL DE POPA	
Aceite en servicio	REPSOL SUPER TAURO ISO 150	Horas de servicio	438 Añadidos 5 Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis	21/03/2014 Volumen en uso 365 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

	ACTUAL	101775957	101778758	101764908	101765850	
Fecha de toma	28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	25/02/2013	25/10/2012	
Horas de servicio	438	418	404	384	367	
Determinación	Unidad	Valores				
VISCOSIDAD 40°C	cSt	147	147	147,8	147,8	147,7
TAN	mg KOH/g	0,48	0,43	0,51	0,51	0,5
CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ESPUMAS		---	---	0-0	---	---
ESP., FORMACION SEC. I	mL	---	---	500	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. I	mL	---	---	0	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. I	s	---	---	---	---	---
ESP., FORMACION SEC. II	mL	---	---	120	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. II	mL	---	---	0	---	---
ESP., ESTABILIDAD SEC. II	s	---	---	---	---	---
EMULSION A 82 °C		---	---	---	---	---
METALES CONTAMINACION :		---	---	---	---	---
HIERRO	ppm	12,4	13,4	12,9	11,7	12,1
NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COBRE	ppm	2,7	1,7	0,7	1,1	0,7
PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SILICIO	ppm	n.d.	1	n.d.	n.d.	0,7
TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	
SODIO	ppm	1,2	1	5,8	1	1,7
ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION		---	---	---	---	---
ZINC	ppm	59,6	76,8	6,2	29,6	6,8
MAGNESIO	ppm	n.d.	0,5	n.d.	n.d.	0,9
FOSFORO	ppm	215	204,7	223	228	233,5
CALCIO	ppm	3,1	1,4	n.d.	2,1	3,7
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	1,9	3,1	2,8	3,6	5,2

* n.d. = no detectado

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Ilustración 22: Análisis de aceite hélice transversal de popa

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de la hélice transversal de popa se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.11. Análisis de aceite maquinas proa.

A continuación, observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en el análisis de aceite de las maquinas de proa:



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101764274

Cliente	Buque				
Equipo	MHI003	-SISTEM.HIDRA.MAQUINILLAS PROA			
Aceite en servicio	REPSOL TELEX E ISO 100	Horas de servicio	4905	Añadidos	Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis	21/03/2014	Volumen en uso	1076 Litros

Normal Alerta Alarma
█ █ █

		ACTUAL	101775954	101778734	101775995	101764909
Fecha de toma		28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	29/04/2013	25/02/2013
Horas de servicio		4905	1850	1795	1764	1738
Determinación	Unidad	Valores				
↔ VISCOSIDAD 40°C	cSt	99,3	99,25	98,24	99,39	149,2
↔ VISCOSIDAD 100°C	cSt	13,05	12,99	12,94	13,02	14,61
INDICE DE VISCOSIDAD		129	128	128	128	96
↔ TAN	mg KOH/g	1,1	0,98	0,99	0,97	0,54
↔ CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
↔ AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
EMULSION A 82 °C		---	---	---	---	---
METALES CONTAMINACION :		---	---	---	---	---
↔ HIERRO	ppm	0,8	1,1	1,9	0,8	3,6
↔ NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ COBRE	ppm	0,7	0,7	1,7	0,9	n.d.
↔ PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	0,5	n.d.	n.d.
SILICIO	ppm	n.d.	0,5	0,8	n.d.	n.d.
TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
↔ SODIO	ppm	n.d.	n.d.	3	1,4	1
↔ ALUMINIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION		---	---	---	---	---
ZINC	ppm	637	628,7	677	674	19,9
MAGNESIO	ppm	1,3	1,3	1,1	1,5	n.d.
FOSFORO	ppm	498	422	507	475	230
CALCIO	ppm	120	120,6	116	144	11,8
BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BORO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7,1

* n.d. = no detectado

Comentarios

Propiedades en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Ilustración 23: Análisis de aceite maquinas proa

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de las maquinillas de proa se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales.

5.7.12. Análisis de aceite hélice de paso variable CPP (Control Pitch Propeller).

A continuación observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en los análisis de aceite de la hélice de paso variable CPP.



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101765933

Cliente	Buque	
Equipo	MRD005	-HELICE PASO VARIABLE CPP
Aceite en servicio	REPSOL TELEX HVLP ISO 46	Horas de servicio 14445 Añadidos 200 Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis 21/03/2014 Volumen en uso 750 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

	ACTUAL	101778745	101775949	101778772	101778737	
Fecha de toma	28/02/2014	30/12/2013	28/10/2013	31/08/2013	26/06/2013	
Horas de servicio	14445	13526	12464	11528	10451	
Determinación	Unidad	Valores				
↳ VISCOSIDAD 40°C	cSt	44,09	42,66	42,68	42,76	42,8
↳ TAN	mg KOH/g	0,62	0,8	0,77	0,74	0,78
↳ CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
↳ AGUA	(a/d) %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
↳ ESPUMAS		---	---	---	---	0-0
↳ ESP., FORMACION SEC. I	mL	---	---	---	---	450
↳ ESP., ESTABILIDAD SEC. I	mL	---	---	---	---	0
↳ ESP., ESTABILIDAD SEC. I	s	---	---	---	---	---
↳ ESP., FORMACION SEC. II	mL	---	---	---	---	110
↳ ESP., ESTABILIDAD SEC. II	mL	---	---	---	---	0
↳ ESP., ESTABILIDAD SEC. II	s	---	---	---	---	---
↳ EMULSION A 54.4 °C		---	---	---	---	---
↳ METALES CONTAMINACION :		---	---	---	---	---
↳ HIERRO	ppm	7,2	13,7	10,4	10,3	9,9
↳ NIQUEL	ppm	0,6	1	0,6	0,6	0,5
↳ MANGANESO	ppm	1,7	2,8	2	1,9	1,8
↳ VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↳ CROMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↳ COBRE	ppm	28,5	57,7	43,1	44,4	45,1
↳ PLOMO	ppm	n.d.	1	0,7	1,1	0,9
↳ SILICIO	ppm	0,7	2,2	1,8	0,7	1
↳ TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
↳ SODIO	ppm	0,9	3,1	2,6	4,8	6,6
↳ ALUMINIO	ppm	1,2	2,5	1,8	1,9	1,8
↳ ESTAÑO	ppm	n.d.	0,8	0,6	0,5	0,5
↳ METALES DE ADITIVACION		---	---	---	---	---
↳ ZINC	ppm	486	678	597,4	608	639
↳ MAGNESIO	ppm	0,6	1,4	0,9	1,3	1
↳ FOSFORO	ppm	399	496	397,3	473	479
↳ CALCIO	ppm	79,3	132	111,9	119	110
↳ BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↳ BORO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

* n.d. = no detectado

Comentarios

Todas las propiedades se encuentran en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Ilustración 24: Análisis de aceite hélice de paso variable CPP

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de la hélice de paso variable se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel, cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales. Pero debemos hacerle un seguimiento al cobre ya que en uno de los últimos análisis dio ligeramente alto.

5.7.13. Análisis de aceite unidad hidráulica Macgregor.

A continuación observaremos y estudiaremos los resultados obtenidos en los análisis de aceite de la unidad hidráulica Macgregor.



Servicio ADOC-XXI Maquinaria de Buques.
Boletín de análisis.
UNE EN ISO 9001:2008

Código muestra 101775972

Cliente	Buque				
Equipo	MHI002	- UNIDAD HIDRAULICA MACGREGOR			
Aceite en servicio	REPSOL TELEX HVLP ISO 32	Horas de servicio	899	Añadidos	Litros
Fecha de toma	28/02/2014	Fecha de análisis	21/03/2014	Volumen en uso	7000 Litros

Normal Alerta Alarma
■ ■ ■

		ACTUAL	101775953	101778757	101764906	101765852
Fecha de toma		28/02/2014	28/10/2013	26/06/2013	25/02/2013	25/10/2012
Horas de servicio		899	878	910	823	832
Determinación	Unidad	Valores				
↔ VISCOSIDAD 40°C	cSt	32,91	32,83	32,98	32,97	32,96
↔ VISCOSIDAD 100°C	cSt	6,38	6,33	6,38	6,38	6,41
↔ INDICE DE VISCOSIDAD		149	147	149	149	150
↔ TAN	mg KOH/g	1,2	1,1	1	1,1	1,1
↔ CLORUROS INORGÁNICOS	ppm	< 20	---	---	---	---
↔ AGUA	(a/d) %	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1
↔ EMULSION A 54.4 °C		---	40-38-2-20'	---	---	---
METALES CONTAMINACION :						
↔ HIERRO	ppm	7,4	6,5	7,4	7,4	6,6
↔ NIQUEL	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ MANGANESO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ VANADIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ CROMO	ppm	1	0,7	0,8	0,8	0,6
↔ COBRE	ppm	1,1	1,1	1,4	1,2	1,1
↔ PLOMO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ SILICIO	ppm	n.d.	0,6	n.d.	n.d.	n.d.
↔ TITANIO, ICP	ppm	0	0	0	0	0
↔ SODIO	ppm	2,4	6,7	3,2	1,2	1,5
↔ ALUMINIO	ppm	n.d.	0,5	n.d.	n.d.	n.d.
↔ ESTAÑO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
METALES DE ADITIVACION						
↔ ZINC	ppm	660	581,4	712	746	690
↔ MAGNESIO	ppm	1,4	1,7	1,2	1,5	n.d.
↔ FOSFORO	ppm	525	399,7	537	540	460,3
↔ CALCIO	ppm	127	108,1	124	129	132,7
↔ BARIO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
↔ BORO	ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

* n.d. = no detectado

Comentarios

Propiedades en buen estado. El aceite puede continuar en servicio.

Diagnósticos y recomendaciones

Le recordamos la máxima importancia de la correcta cumplimentación de la hoja de envío de datos para poder extraer conclusiones acertadas por parte del sistema experto.

Ilustración 25: Análisis de aceite unidad hidráulica Macgregor

Fuente: Trabajo de campo

Comentarios:

En el análisis de la unidad hidráulica Macgregor se pueden observar los parámetros más importantes a tener en cuenta, además, de los valores obtenidos en los mismos. Estos son metales de contaminación (hierro, níquel cromo, aluminio, cobre, plomo, silicio, sodio y estaño), viscosidad a 40°C, agua, TAN (nº de ácido total), cloruros inorgánicos y finalmente, algunos metales de aditivación.

En este caso, no se observan a la derecha de la hoja la evolución en el tiempo de ninguno de los valores de los parámetros.

Dicho esto, cabe decir por lo tanto, que interpretando los datos de dicho análisis, llegamos a la conclusión de que, el aceite puede continuar en servicio ya que todos los valores de los parámetros son normales. Aunque debemos hacer un seguimiento del TAN (nº de ácido total) ya que en el último análisis dio ligeramente alto.

5.8. Diagnóstico de averías por análisis de la degradación y contaminación del aceite.

A continuación, se enumerarán las relaciones que existen entre ciertos fallos en los equipos y unos valores incorrectos de los principales parámetros del aceite.

5.8.1. Efecto de los fallos sobre la viscosidad del aceite.

Un aceite en servicio puede aumentar, disminuir ó permanecer constante su viscosidad.

- La viscosidad disminuye normalmente por contaminación con el combustible (ligeros), mezcla con condensables del gas comprimido (compresores de gas combustible), contaminación con otro aceite menos viscoso, etc.

- La viscosidad aumenta normalmente por oxidación del aceite, que da lugar a la formación de productos de descomposición más viscosos, partículas carbonosas y otros contaminantes como combustibles (pesados). Ello puede ocurrir por contaminación tanto interna como externa, tanto de partículas sólidas como agua. Algunos fallos típicos son:

-Combustión defectuosa

-Filtro de aire de admisión obstruido

-Turbocompresor defectuoso

-Desgaste excesivo en los conjuntos camisa-segmentos

-Fallos en sistema de refrigeración que producen fugas de agua

-Filtro de aceite sucio ó obstruido.

- Si la viscosidad permanece constante no significa siempre que las propiedades del aceite no se han alterado, ya que pueden coexistir fallos que tienden a disminuir la viscosidad junto con otros que tienen a aumentarla, compensándose ambos efectos. [9]

5.8.2. Efecto de los fallos sobre el punto de inflamación del aceite.

El punto de inflamación de un aceite en servicio, puede aumentar ó disminuir, como ocurre con la viscosidad.

El aumento del punto de inflamación del aceite usado es debido al tiempo de utilización, debido a la vaporización de las partes volátiles.

La reducción del punto de inflamación del aceite usado es debido a la presencia de combustible (motores térmicos) los cuales provocan un descenso muy acusado.

Se considera inadmisibles cuando el punto de inflamación ha disminuido un 30% ó si baja de 180°C.

5.8.3. Efectos de los fallos sobre la acidez/basicidad del aceite.

Los fallos que producen un aumento de la acidez del aceite producen simultáneamente una reducción en la basicidad propia del aceite. El aumento de la acidez está asociado a su oxidación y a la contaminación por los ácidos provenientes de la combustión (motores térmicos). Los más importantes son:

- Bomba de inyección o inyectores defectuosos.
- Turbocompresor defectuoso.
- Filtro de aire obstruido.
- Contaminación del aceite con azufre del combustible y otros ácidos.
- Sobrecalentamientos por fallo de la refrigeración.
- Filtro obstruido ó ineficiente.

Los parámetros de diagnóstico para la acidez/basicidad del aceite son:

- TAN (Número de ácido total). Representa los mgr de KOH necesarios para neutralizar todos los constituyentes ácidos presentes en 1 gramo de muestra de aceite. [9]

Se utiliza poco porque su medida depende de los aditivos presentes en el aceite. Además, experimentalmente se puede comprobar que existe una relación entre la reducción del número de base total y el aumento del TAN, por lo que se prefiere seguir la evolución del primero por ser más significativo para evaluar un aceite y diagnosticar causas de fallos.

-TBN (Número de base total). Representa los mgr. equivalentes de KOH necesarios para neutralizar sólo a los constituyentes alcalinos presentes en un gramo de muestra.

Además de estar íntimamente relacionados el TAN y TBN, existe una relación directa entre la reducción del TBN y el desgaste. Se inicia un desgaste anormal por corrosión cuando el valor del TAN cruza el TBN.

En la evaluación de un aceite motor, se aconseja el cambio de aceite cuando el TBN es inferior al 60% del TBN inicial, ó se encuentra por debajo del valor recomendado por el fabricante del motor. El TBN de un aceite de motor nuevo debe ser mayor cuanto mayor sea el contenido en azufre del carburante.

En cuanto al TAN es aconsejable el cambio cuando éste llega a un valor del 80% del TBN medido. [9]

5.8.4. Efecto de los fallos sobre los insolubles del aceite.

Su conocimiento es interesante para el diagnóstico ya que están relacionados directamente con la degradación del aceite, la eficacia de los filtros, el desgaste y en el caso de aceites detergentes con la saturación de su capacidad dispersante.

Los insolubles se miden mediante métodos basados en la sucesiva solubilidad ó insolubilidad en diversos disolventes. El método consiste en disolver una parte de la muestra del aceite en un disolvente y posteriormente se separa la parte insoluble por filtración y centrifugación.

Los insolubles en pentano representan la casi totalidad de insolubles del aceite y están formados por contaminantes externos y por productos de la degradación del mismo que se separan fácilmente. Los insolubles en tolueno representan productos de

contaminación externa, de la corrosión, del desgaste, carbón formado en la combustión incompleta y posible coquización del aceite. La diferencia entre los insolubles en pentano y los insolubles en tolueno son los óxidos orgánicos que es lo que se trata de determinar.

Los insolubles se forman por oxidación, combustión, desgaste y contaminación externa. Los fallos más importantes que producen aumento de insolubles son:

- Bomba de inyección ó inyectores defectuosos.
- Turbocompresor defectuoso.
- Desgaste de componentes del motor.
- Filtro de aire roto u obstruido.
- Aceite degradado, ya que la degradación produce insolubles.
- Filtro de aceite obstruido ó ineficiente.

Un valor superior al 3% de insolubles indica que el aceite está degradado.

5.8.5. Efectos de los fallos sobre la detergencia y dispersividad del aceite.

El método más sencillo y utilizado para la evaluación de la detergencia y dispersividad por su sencillez y rapidez es el análisis de la mancha de aceite, que se explica más adelante. Los aditivos que confieren la detergencia y dispersividad tienen carácter básico por lo que son estos aditivos los que se cuantifican cuando se determina el TBN. Por tanto, para evaluar la detergencia y dispersividad lo mejor es controlar el TBN. Asimismo se pueden determinar elementos por espectrometría (método de determinación y cuantificación de elementos contaminantes en el aceite más usado).

Los fallos enumerados antes, que degradan el aceite, hacen reducir su detergencia y dispersividad. [9]

5.8.6. Efecto de los fallos sobre la contaminación con materias carbonosas en el aceite.

En un aceite de motor la presencia de materia carbonosa es el resultado del paso de los productos de la combustión al aceite. Estos productos además de producir espesamiento del aceite cambiando su viscosidad, producen depósitos en las superficies internas del motor.

Se mide mediante un fotómetro el cual compara la opacidad de una solución en benceno del aceite usado con una serie de filtros de opacidad conocida. Los filtros están graduados directamente en porcentaje de materia carbonosa, de 0,2 en 0,2%. Se considera un aceite contaminado cuando se alcanza un 3% de materia carbonosa.

También se mide mediante la valoración de insolubles y con el método de la mancha de aceite.

Los fallos que producen un aumento anormal de materias carbonosas en el aceite de un motor son:

- Fallos del sistema de inyección.
- Turbocompresor defectuoso o intercooler obstruido.
- Filtro de aire obstruido.

Que están asociados a una combustión anormal. Además hay otros tipos de fallos que favorecen este tipo de contaminación, como son:

- Desgaste excesivo del conjunto segmentos-camisas.
- Degradación del aceite.
- Filtro de aceite obstruido o ineficiente. [9]

5.8.7. Efecto de los fallos sobre el agua en el aceite.

La contaminación con agua procede, en un motor, de la condensación en el interior por bajas temperaturas o aumento de la presión en el cárter. También las pueden producir

las posibles fugas del sistema de refrigeración. El efecto del agua sobre el aceite es su degradación y corrosión de los metales.

Los principales fallos asociados con el aumento del contenido en agua del aceite son todos aquellos que producen fugas internas de refrigerante al aceite.

Se considera que un aceite tiene una contaminación de agua inadmisibles y, por tanto, debe ser sustituido cuando se alcanza más de un 0,5%. [9]

5.8.8. Otros elementos contaminantes:

Son elementos metálicos o no (hierro, cobre, sílice, boro, etc.) que entran al aceite provenientes tanto de fuentes externas como internas.

Su análisis alertan, por tanto, tanto del posible desgaste de elementos internos como sobre otras posibles fuentes de contaminación.

En la tabla siguiente aparecen los elementos contaminantes y su posible procedencia en el aceite.

Elemento	Fuente
1. Hierro (Fe)	Es el más común de los metales de desgaste. Paredes de cilindros, guías de válvulas, segmentos de cilindros, rodamientos de bola, levas, balancines, engranajes, cadenas, muñequillas de cigüeñal.
2. Aluminio (Al)	Pistones, cojinetes y polvo de contaminación externa.
3. Cobre (Cu)	Presente en forma de aleación, bien bronce, bien latón. Arandelas y cojinetes.

4. Magnesio (Mg)	Aditivo detergente del lubricante.
5. Sodio (Na)	Agua en equipos marinos.
6. Niquel (Ni)	Metal de válvulas de alta resistencia y álabes de turbinas.
7. Plomo (Pb)	Cojinetes. Contaminación en aceites que utilicen gasolinas con plomo.
8. Silicio (Si)	Se encuentra en la mayoría de muestras de aceite debido a polvo en el aire, juntas, y en algunos aceites aparece como agente antiespumante.
9. Estaño (Sn)	Cojinetes y restos de soldadura blanda.
10. Boro (B)	Aditivo del aceite.
11. Bario (Ba)	Aditivo detergente del aceite.
12. Molibdeno (Mo)	Segmentos de pistones y aditivos del aceite.
13. Zinc (Zn)	Componente del latón y aditivo antioxidante del aceite.
14. Calcio (Ca)	Aditivo detergente del aceite.
15. Fósforo (P)	Aditivo antidesgaste del aceite.

Ilustración 26: Elementos contaminantes

Fuente: Apuntes [2]

5.8.9. Efecto de los fallos producidos por los elementos contaminantes en el aceite.

Los fallos más importantes asociados con la presencia de elementos contaminantes en un aceite de motor son:

1. Desgaste anormal del conjunto camisa-segamentos.

Genera partículas de hierro y cromo, salvo que solo procedan de la camisa en cuyo caso genera solo partículas de hierro.

Son los elementos más sometidos a desgaste en un motor y como la película de aceite entre ambos suele ser de 3 a 7 μm , se deduce que las partículas generadas por este tipo de desgaste tendrán menos de 10 μm .

2. Desgaste anormal del pistón o alojamientos de los segmentos.

Como quiera que la mayoría de los motores actuales tienen el pistón en aleación de aluminio, el desgaste del pistón se detecta por un aumento del contenido en aluminio del aceite.

3. Desgaste anormal del cigüeñal.

Generalmente se detecta por aumento de la presencia de partículas de hierro en el aceite.

4. Desgaste anormal de cojinetes (en general).

Se detecta por la presencia de elementos como el plomo, antimonio, estaño y cobre, componentes del metal anti-fricción con que se hacen los cojinetes. Como la película de aceite entre cojinetes y cigüeñal suele estar en el rango de 0,5 a 20 μm , las partículas asociadas a su desgaste son las de menos de 20 μm .

5. Desgaste anormal del árbol de levas y empujadores.

Este es el segundo conjunto en importancia en lo referente al desgaste de un motor y, por consiguiente, en la aportación de hierro que es su principal constituyente.

El espesor de película de aceite entre levas y empujadores está en el rango de 0 a 1 μm , por lo que las partículas generadas suelen ser de tamaño inferior a 1 μm .

6. Motor muy desgastado o gripado.

Se trata de un desgaste global del motor y, consecuentemente, se detectará por la presencia de la mayoría de los elementos contaminantes del aceite en valores elevados, acompañado de una gran velocidad de desgaste.

7. Filtro de aire roto o mal instalado.

Produce un aumento de elementos como sílice y aluminio en el aceite, provenientes del polvo atmosférico.

8. Filtro de aceite obstruido o ineficiente.

Cuando se obstruye el filtro de aceite, la circulación del mismo se produce por el by-pass, con lo que aumenta la contaminación del aceite rápidamente. [9]

5.9. Valores recomendados y tolerancias de los principales parámetros del aceite.

Características	Valores límites medios.
Motores marinos	
-Agua	-Máximo 0,5%.
-Viscosidad Grados Engler a 50°C	- ± 20% en Motores de Cruceta. ± 25% en Motores de Tronco.
-Punto de inflamación	-No superior a 180°C.
-Dilución	-No superior a 5%.
-Porcentaje de depósito	-Motores de Cruceta. No superior a 0,8%. Motores de Tronco: *Alta velocidad no superior a 2%.

Trabajo de Fin de Grado
Aarón Morales Sabina

<p>-TAN</p> <p>-TBN</p>	<p>*Media velocidad no superior a 2,5%.</p> <p>-Motores de Cruceta. Alrededor de 1 mg KOH/g.</p> <p>Motores de Tronco:</p> <p>*Alta velocidad no superior a 1,5 mg KOH/g.</p> <p>*Velocidad media 2 mg KOH/g.</p> <p>-Mínimo 7.</p>
<p>Reductoras de Engranajes</p>	
<p>-Viscosidad</p> <p>-Insolubles</p> <p>-Espumas</p> <p>-E.Timken</p>	<p>-Incremento no superior al 10% (valor original).</p> <p>-<1,5% del peso.</p> <p>-0 c.c a los 600 segundos.</p> <p>-Mínimo 45 lb.</p>
<p>Turbinas</p>	
<p>-Viscosidad</p> <p>-I. de Neutralización</p> <p>-Agua</p> <p>-Espumas</p> <p>-Emulsión</p>	<p>-Máximo $\pm 20\%$ variación.</p> <p>-Máximo 0,4.</p> <p>-Máximo 0,2%.</p> <p>-0 c.c a los 600 segundos.</p> <p>-60 min para un valor máximo de 3 ml. de emulsión.</p>
<p>Aceites Hidráulicos</p>	

-Viscosidad	-Máximo $\pm 20\%$ variación.
-Índice de neutralización ácida	-Máximo hasta 2.
-Agua	-0,5% Máximo.
-Espumas	-0 c.c a los 600 segundos.
-Emulsión	-60 min para un valor máximo de 3 ml. de emulsión.
Aceites de Compresores	
-Viscosidad	- Máximo $\pm 20\%$ variación.
-Índice de neutralización	-Máximo 0,4.
-Agua	-0,2% Máximo.
-Espumas	-0 c.c a los 600 segundos.
-Emulsión	--60 min para un valor máximo de 3 ml. de emulsión.

Ilustración 27: Valores recomendados

Fuente: Apuntes [2]

Los límites anteriores se han ido estableciendo con la experiencia de fabricantes y usuarios. Sin embargo cada vez aparecen más normas relativas al análisis de lubricantes para mantenimiento predictivo. [2]

(VI). CONCLUSIONES.

A lo largo de este trabajo se ha profundizado en el campo de los análisis de aceite, para conocer los parámetros más importantes a controlar y saber interpretarlos, así como aplicaciones prácticas en buques de la marina mercante.

En este capítulo expongo las conclusiones sacadas del conjunto del proyecto llevado a cabo.

- He realizado un estudio de los diferentes lubricantes, clasificándolos y también he conocido la función de la lubricación en los equipos y las características que debe tener un aceite según equipo.
- He llevado a cabo un estudio de las diferentes propiedades de los lubricantes, de los aditivos usados en ellos y he definido las propiedades sobre las que actúan.
- He expuesto algunos casos prácticos de análisis de aceite efectuados a bordo, conociendo los parámetros más importantes a controlar y realizando una interpretación de los mismos para saber el estado del equipo.
- He hecho mención a la relación de esta herramienta (análisis de aceite) con el mantenimiento predictivo y su importancia, enumerando los distintos fallos que se pueden dar en el equipo debido al deterioro o mal estado del lubricante.

(VII). BIBLIOGRAFÍA.

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Lubricaci%C3%B3n>
- [2] Los Lubricantes. Características, propiedades y aplicaciones/José Benlloch María.
- [3] <http://www.slideshare.net/jstrespacios/5-aditivos-para-los-lubricantes>
- [4] <http://www.marcossegura.info/Aditivos%20para%20lubricantes.htm>
- [5] Seminario de aceites de CEPSA.
- [6] <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S831B.pdf>
- [7] <http://www.monografias.com/trabajos16/grasas-lubricantes/grasas-lubricantes.shtml>
- [8] <http://www.nebrija.es/~alopezro/Lubricacion.pdf>
- [9] Libro de mantenimiento (apuntes de la asignatura de Mantenimiento y Reparación de Instalaciones Marítimas).
- [10] <http://www.monografias.com/trabajos88/analisis-lubricantes-herramienta-diagnostico-tecnico/analisis-lubricantes-herramienta-diagnostico-tecnico.shtml>.
- [11] Signum oil análisis (MOBIL).
- [12] http://www.repsol.com/es_es/productos-servicios/lubricantes/quienes-somos/asistencia-tecnica-y-desarrollo/adoc-marinos/
- [13] Anexo 1: Certificado de asistencia a la Jornada de Los Lubricantes Marinos y la Diagnósis Preventiva a través de los Análisis de Aceite de Cepsa.
- Para trabajo de campo (apartado V Resultados) información suministrada por la naviera OPDR Canarias.

Anexos

ANEXOS.

Anexos

ANEXO I.



DIPLOMA DE ASISTENCIA

Para que conste y a los efectos oportunos, se extiende a:

AARON MORALES SABINA

el presente diploma de asistencia al seminario

LOS LUBRICANTES MARINOS Y LA DIAGNOSIS PREVENTIVA A TRAVÉS DEL ANALISIS DE ACEITE

realizado en Santa Cruz de Tenerife, el día 14 de Febrero de 2014

Jefe Dpto.
Lubricantes Marinos

Handwritten signature of Gerardo Socorro in black ink.

Gerardo Socorro

Responsable Área
Técnica / Innovación

Handwritten signature of Alicia Cuervo in black ink.

Alicia Cuervo

Dpto. Asistencia
Técnica

Handwritten signature of José María Gonzalo in black ink.

José M^a Gonzalo