

Aplicación de técnicas de lubricación predictivas en Grupos Electrógenos

D. Fernández-Fernández, F. Mourdoch-Misa

Recibido el 8 de junio de 2008; aceptado el 22 de abril de 2009

Resumen

Es conocido que una de las principales medidas adoptadas en el país es la generación de grupos electrógenos que utilizan combustible diesel, con potencias que oscilan entre 0.5 y 18 MW. Marcas como *MTU* (Mercedes Benz), *GUASCOR*, *HUNDAY*, *MAN* se encuentran entre las más representativas y estos grupos están formados básicamente por un motor de combustión interna (MCI) acoplado a un generador de electricidad de corriente alterna.

Es una práctica internacional comúnmente aceptada utilizar la información derivada del análisis del aceite para definir el momento óptimo para efectuar el cambio de aceite, con el consiguiente ahorro que esto representa, así como identificar posibles problemas de funcionamiento, causas probables y plan de medidas a ejecutar. De hecho, para lograr mayor efectividad, dichas técnicas se combinan con otros métodos de diagnóstico tales como el diagnóstico por vibraciones, termografía, etc.

En el presente trabajo se exponen los resultados derivados de la aplicación en los motores de los grupos electrógenos *GUASCOR*, aplicando técnicas predictivas de lubricación combinadas con técnicas de análisis de las vibraciones.

Palabras claves: lubricación predictiva, mantenimiento, evaluación, análisis de aceite, grupos electrógenos.

Application of predictable lubrication techniques in Diesel driven electric plant

Abstract

It is well known that one of the main measures adopted within the Energetic Revolution is the inclusion to the power generation of Diesel driven electric plant which use fuel and diesel combustibles of a potency that oscillates between 0.5 and 18 MW. Brands such as *MTU* (Mercedes Benz), *GUASCOR*, *HYUNDAI*, and *MAN* are among the most representatives, and are basically made up by an internal combustion motor connected to an alternating current generator.

However, it is internationally accepted to use the information derived from the oil analysis to define the best timing for changing it, which represents a consequently saving. This analysis helps also to identify possible malfunctioning problems, its probable causes and to execute a solution plan. In fact, to achieve a greater efficiency these analysis are combined with other techniques as diagnostic by vibrations, thermography, etc.

This paper shows the results derived from the application of predictable lubrication techniques combined with analysis by vibration techniques in the *GUASCOR*.

Key words: predictable lubrication, maintenance, evaluation, oil analysis

1. Introducción.

Ya desde la década del 50 fueron utilizados diferentes ensayos físico químicos para la evaluación del estado del lubricante utilizado en disímiles equipos tales como, motores de combustión interna (MCI), reductores de velocidad, transmisiones diversas, turbinas de vapor, etc. Por sólo citar algunos ejemplos. [1]

En el caso específico de los motores de combustión interna [2], los ensayos que comúnmente se utilizan y que coinciden con los efectuados para estos fines en laboratorios nacionalmente reconocidos son:

Ensayos físico químicos del lubricante comúnmente utilizados medición de viscosidad cinemática

- Determinación del índice de viscosidad
- Determinación del punto de inflamación.
- Determinación del Número Base (TBN)
- Contenido de agua.

Los ensayos de laboratorios son caros, partiendo de la utilización de reactivos no carentes, por lo que algunos no se efectúan en actualmente [3]. Existen otros ensayos recomendados por diferentes fabricantes los cuales se enuncian a continuación:

Otros métodos utilizados

- Prueba del calor
- Dilución con combustible
- Contenido de insolubles
 - Insolubles en pentano (IP) o prueba de contaminación total.
 - Insolubles en benceno
- Dispersancia /Detergencia.

Lubricación predictiva.

Aún cuando los ensayos de lubricantes juegan un rol importante desde el punto de vista de la protección de las máquinas, dependiendo de las condiciones de explotación y del estado técnico de las mismas, existe una dispersión en ocasiones bastante considerable respecto al tiempo de duración del lubricante con propiedades técnicas adecuadas para la explotación, respecto al plazo de servicio establecido por el fabricante, de ahí

que si se dispone de una adecuada información referente al estado del lubricante y su velocidad de deterioro, esta puede ser utilizada para modificar los plazos de explotación de los mismos; de lo cual se deriva un considerable ahorro de recursos, en el caso en que los plazos de servicio del lubricante se incrementen. Por otro lado, si el plazo de explotación del lubricante disminuye, los análisis suministran la información necesaria para identificar las causas y proponer las medidas correctivas que correspondan.

La utilización de la información derivada del análisis del aceite de la forma anteriormente expuesta se denomina lubricación predictiva. [4]

2. Problemática.

Una de las principales medidas adoptadas es la incorporación a la generación de grupos electrógenos que utilizan combustible diesel y fuel de potencias que oscilan entre 0.5 y 18 MW. Marcas como *MTU* (Mercedes Benz), *GUASCOR*, *HUNDAY*, *MAN* se encuentran entre las más representativas y están formados básicamente por un motor de combustión interna acoplado a un generador de electricidad de corriente alterna. [5] Debido a sus características intrínsecas, la protección del motor depende en grado significativo del funcionamiento del sistema de lubricación y de la estabilidad de los parámetros físico químicos del lubricante que se emplea.

Estos equipos, por características inherentes a su funcionamiento consumen una cantidad relativamente importante de lubricantes, los cuales se suministran de forma preventiva utilizando diferentes esquemas según las recomendaciones del fabricante.

Si se considera que en los emplazamientos de grupos electrógenos fuel y diesel se encuentran instalados más de 1000 unidades en estos momentos y que en el 2008 esta cifra alcanzará las 4000 unidades, la aplicación de técnicas de lubricación predictiva puede representar una reducción considerable en el consumo de lubricantes, lo cual se traduce en un ahorro significativo de divisas y una reducción en los gastos por concepto de transportación.

3. Análisis del lubricante. Estado del arte.

La debida preparación tanto del técnico como del personal de mantenimiento en el saber interpretar el significado de los análisis de laboratorio hace posible la correcta utilización de los lubricantes, su aplicación y conservación.

Para la decisión de que aceite se debe utilizar o que dificultades mecánicas no se aprecian a simple vista es necesario tener un conocimiento cabal para la interpretación adecuada de los análisis de laboratorio. [6]

El análisis de laboratorio no siempre constituye la única indicación de las dificultades del equipo, hay que sumar la información histórica del equipo, que tiene que encontrarse en cualquier sección de mantenimiento organizada.

Los métodos y ensayos más utilizados son:

- Medición de la viscosidad
- Medición del número básico total
- Prueba del calor
- Punto de inflamación
- Contaminación con agua
- Dilución con combustible
- Contenido de insolubles
 - Insolubles en pentano (IP) o Prueba de contaminación total.
 - Insolubles e benceno
- Dispersancia /Detergencia.

El análisis de aceites debe seguir un patrón de periodicidad de tomas de muestra para el análisis y re-análisis siempre que sea contemplado como un programa. El éxito de un programa de análisis de aceite depende del intervalo de muestreo dentro de los cuales se pueda investigar las causas de un problema dado, en algunos casos, el fallo y el análisis de laboratorio correspondiente con la debida corrección necesaria. El re-análisis inmediato del aceite evitará que se presente una falla catastrófica. Por lo que el análisis al aceite usado tiene los siguientes objetivos [7]:

- Análisis de las características físico-químicas.
 - Con el objetivo de detectar como están las propiedades del aceite, su salud, de tal manera que se pueda dejar en servicio.

- Análisis de contaminantes, como:
 - Contenido de agua: ASTM 95.
 - Dilución por gases o combustible: ASTM D 92.
 - Contenido por partículas sólidas ISO 4406.
- Análisis por medio de espectrofotometría de emisión atómica.
- Ferrografía, que da el nivel de desgaste de los mecanismos lubricados.

El análisis de laboratorio a las propiedades físico-químicas del aceite usado se lleva a cabo mediante los métodos establecidos por las normas ASTM, el grado de contaminación por partículas sólidas por la norma ISO 4406, y el análisis del desgaste utilizando la espectrofotometría por emisión atómica, y la Ferrografía. [8]

Las pruebas de laboratorio en algunos casos son caras y están dirigidas a conocer un parámetro específico de las propiedades del aceite usado, por lo que las diferentes en las pruebas de laboratorio a realizar se deben conocer el tipo de aceite utilizado, y conocer el equipo en el cual está trabajando. El éxito de un análisis físico-químico depende en gran medida en conocer cuáles son las pruebas que se le debe efectuar, porque, por ejemplo las pruebas de demulsibilidad para un aceite de turbina de vapor es importante, no así para un aceite de tipo automotor con aditivos detergentes-dispersantes; también como ejemplo el caso de la prueba de rigidez dieléctrica en un aceite del tipo dieléctrico que es importante no así para un aceite de tipo hidráulico.

Normas que evalúan las propiedades del aceite.

Existen varias normas internacionales que evalúan las propiedades de los aceites algunas de ellas son:

- Sistema ISO (*International Society of Standarization*) y AGMA
- Sistema ASTM (*American Society for Testing and Materials*)

La sociedad americana para pruebas materiales, fundada en 1898, es una organización científico técnica formada para el desarrollo por estándar sobre características y actuación de materiales de productos, sistemas y servicios y la relación del conocimiento, es la mayor fuente mundial de Standard (Normas). [9]

La sociedad coopera a través de más de 109 comités técnicos principales, estos comités funcionan en campos prescritos, prelimitados bajo regulaciones que aseguran representación balanceada entre productores, consumidores, participantes e interesados en general.

La sociedad actualmente tiene más 22000 miembros activos, de los cuales aproximadamente 14000 sirven como expertos técnicos en sus comités.

Entre los *standard* más comúnmente utilizados se encuentran:

ASTM D 130	Método normalizado para la detección de la corrosión del cobre por los productos del petróleo, por la prueba deslustre de la lámina de cobre.
ASTM D 97	Métodos de ensayo normalizado para el punto de fluidez de los productos del petróleo.
ASTM D 482	Método normalizado de prueba para cenizas de productos del petróleo.
ASTM D 874	Cenizas sulfatadas de aceites lubricantes y aditivos.
ASTM D 95	Determinación de agua por destilación en productos del petróleo y materiales bituminosos.
ASTM D 86	Métodos de ensayo normalizado para la destilación de productos del petróleo.
ASTM D 1298	Densidad relativa (gravedad específica o gravedad API) del petróleo crudo y de los productos líquidos del petróleo, por el método del hidrómetro.
ASTM D 93	Determinación de la temperatura de inflamación.
ASTM D189	Método normalizado de prueba para el residuo de carbón Conradson de los productos del petróleo.
ASTM D 92	Método normalizado para la determinación de punto de inflamación y punto de fuego por el Cleveland copa abierta.
ASTM D 893	Método de ensayo normalizado para determinar insolubles en aceites lubricantes usados.
ASTM D 445	Viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (cálculo de la viscosidad dinámica).
ASTM D 2896	Método de ensayo normalizado para la determinación del número de base de los productos del petróleo por titulación potenciométrica con ácido perclórico.

Utilización de equipamientos portátiles.

Estuche portátil para evaluación y monitoreo de aceite.

Kittiwake, con base en *Little Hampton West Sussex*, Inglaterra, ha presentado su nuevo *Digi Test* serie celular de estuches portátiles diseñados para el análisis de las características múltiples del aceite y la medición de agua en el aceite y el número base total, todo en un solo estuche.

Luchar por reducir las incidencias de motor primario, caja de engrane y fallos en el sistema hidráulico en plantas industriales y marítimas así como en las aplicaciones de equipo es una actividad primordial para muchos ingenieros. Estos ingenieros se han percatado que el éxito en el mantenimiento del aceite descansa en la necesidad de mediciones consistentes y confiables el análisis, monitoreo y manejo del sistema de lubricación dentro de la maquinaria. [10]

A pesar de que muchas evaluaciones, continúan siendo realizadas correctamente y con precisión por químicos en laboratorios de evaluación de aceite, algunos observadores industriales creen que existe un definido y compulsivo argumento para la adopción de evaluaciones in situ y el análisis de foil y aceites de lubricación hidráulicos, lo que permite al ingeniero apreciar las condiciones y funcionamiento del aceite de la maquina por una periodo de tiempo.

4. Particularidades más significativas de los grupos electrógenos **GUASCOR.**

Desde el punto de vista de las técnicas predictivas para el análisis del lubricante, dichas particularidades están vinculadas al sistema de lubricación y alimentación.

En la figura 1 aparece representada una vista general de los grupos electrógenos GUASCOR así como el esquema general.

Por su importancia sólo se abordarán las particularidades de los sistemas de lubricación y alimentación.

Sistema de lubricación.

En la figuras 2 y 3 se muestran el sistema de lubricación y alimentación respectivamente. En el caso del sistema de lubricación puede observarse como elemento significativo, la existencia de un enfriador de aceite [11]. Por otro lado, uno de los puntos de contacto entre el sistema de lubricación y el sistema de alimentación (inyección del combustible) se encuentra en la bomba de petróleo [12].

5. Análisis de lubricante en motores **GUASCOR**. Resultados más significativos

Aún cuando existen sistemas portátiles para el análisis del aceite, los resultados que se exponen en el presente trabajo fueron obtenidos a partir del análisis de muestras de aceites, Extravida Plus 15W40, procesadas en laboratorio.

Con vistas a efectuar la primera fase de la aplicación de técnicas predictivas de lubricación se utilizaron como muestras de aceite Extravida Plus 15W40, 3 unidades del emplazamiento Artemisa : Batería No 2, 22 y 8 analizándose muestras que aparecen declaradas en las tablas No 1, 2 y 3 respectivamente.



Figura 1. Vista general del grupo **GUASCOR**



Figura 2. Sistema de lubricación

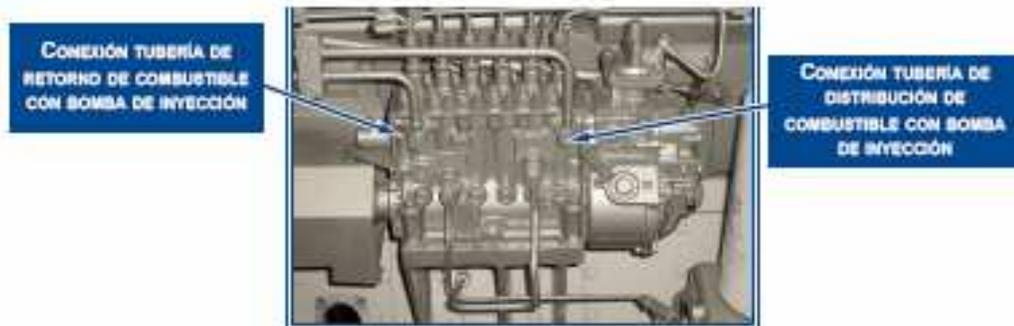


Figura 3. Sistema de alimentación.

Tabla No. 1. Comportamiento de los ensayos para el Motor No 2.

Parámetro	Lubricante Nuevo	25 Horas de explotación	438 Horas de explotación	Valor crítico
Densidad a 15 °C	0,8999			
Viscosidad cinemática a 40°C mm ² /s	102,59	96,11	81,29	
Viscosidad cinemática a 100°C mm ² /s	13,61	12,45	10,85	14,5
Índice de viscosidad	133	123	120	135
Punto de inflamación (CA)	218	200		
Punto de inflamación (CC)			186	220
Número Base BN (mg KOH/g)	10,87	9,66	3,95	11,5
Insolubles en n-Pentano (%m/m)		0,43	0,74	
Contenido de agua(%v/v)	0	0,25	0,2	

Conclusiones parciales:

- LUBRICANTE NO APTO PARA EL USO CON MENOS DE 500 HORAS DE EXPLOTACIÓN
- Dilución por combustible
- Contenido de agua en niveles límites.
- Agotamiento de los aditivos alcalinos y detergente dispersantes (Bajo nivel de BN)
- El lubricante nuevo presenta una viscosidad inferior al límite declarado

Tabla No. 2. Comportamiento de los ensayos para el Motor No 22

Parámetro	Lubricante Nuevo	25 Horas de explotación	427 Horas de explotación	Valor crítico
Densidad a 15 °C	0,8999	-		
Viscosidad cinemática a 40°C mm ² /s	102,59	-	84,34	
Viscosidad cinemática a 100°C mm ² /s	13,61	-	11,17	14,5
Índice de viscosidad	133	-	120	135
Punto de inflamación (CA)	218	-		
Punto de inflamación (CC)		-	196	220
Número Base BN (mg KOH/g)	10,87	-	5,55	11,5
Insolubles en n-Pentano (%m/m)		-	0,6	
Contenido de agua(%v/v)	0	-	0	

Conclusiones parciales:

- LUBRICANTE NO APTO PARA EL USO CON MENOS DE 500 HORAS DE EXPLOTACIÓN
- Dilución por combustible
- Agotamiento de los aditivos alcalinos y detergente dispersantes (Bajo nivel de BN)

Tabla No. 3. Comportamiento de los ensayos para el Motor No 8

Parámetro	Lubricante Nuevo	25 Horas de explotación	482 Horas de explotación	Valor crítico
Densidad a 15 °C	0,8999			
Viscosidad cinemática a 40°C mm ² /s	102,59		90,95	
Viscosidad cinemática a 100°C mm ² /s	13,61		11,54	14,5
Índice de viscosidad	133		116	135
Punto de inflamación (CA)	218			
Punto de inflamación (CC)			198	220
Número Base BN (mg KOH/g)	10,87		4,75	11,5
Insolubles en n-Pentano (%m/m)			0,57	
Contenido de agua(%v/v)	0		0,5	

Conclusiones parciales:

- LUBRICANTE NO APTO PARA EL USO CON MENOS DE 500 HORAS DE EXPLOTACIÓN
- Dilución por combustible
- Agotamiento de los aditivos alcalinos y detergente dispersantes (Bajo nivel de BN)
- Contenido de agua en niveles inadmisibles.

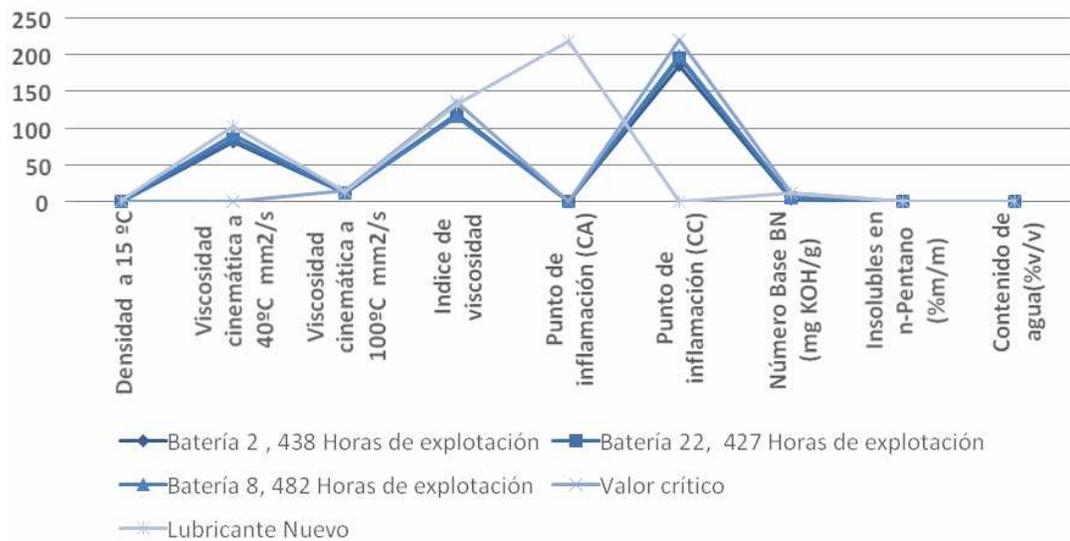
Análisis Comparativo.

Con vistas a establecer un análisis comparativo del comportamiento de las diferentes baterías, así como identificar las regularidades, se utilizaron las muestras con más de 400 horas de explotación. Tabla No. 4.

Tabla No. 4 Análisis comparativo del comportamiento de los ensayos para los motores 2, 22 y 8

	Batería 2 , 438 Horas de explotación	Batería 22, 427 Horas de explotación	Batería 8, 482 Horas de explotación	Valor crítico	Lubricante Nuevo
Densidad a 15 °C					0,8999
Viscosidad cinemática a 40°C mm ² /s	81,29	84,34	90,95		102,59
Viscosidad cinemática a 100°C mm ² /s	10,85	11,17	11,54	14,5	13,61
Indice de viscosidad	120	120	116	135	133
Punto de inflamación (CA)					218
Punto de inflamación (CC)	186	196	198	220	
Número Base BN (mg KOH/g)	3,95	5,55	4,75	11,5	10,87
Insolubles en n-Pentano (%m/m)	0,74	0,6	0,57		
Contenido de agua(%v/v)	0,2	0	0,5		0

Resultados de los ensayos



6. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis químicos realizados a las muestra de aceite de los motores Guascor, se llega a las siguientes conclusiones:

1. El lubricante se encuentra no apto para el uso con menos de 500 horas de explotación en las baterías objetos de estudio.
2. La disminución de la viscosidad y el punto de inflamación determinan la existencia de la dilución por combustible en el aceite.
3. Los problemas principales se derivan de la contaminación con combustible y agua.
4. La condición de estado deficiente del lubricante se alcanza transcurridas pocas horas de funcionamiento (menos de 50 horas).
5. Existe problema de dilución por combustible en las baterías objeto de estudio marcadamente antes de las 500 horas de trabajo.
6. El aceite presenta antes de las 500 horas de trabajo un agotamiento de los aditivos alcalinos y detergentes dispersantes (Bajo nivel de BN).

7. Recomendaciones

1. Profundizar y aplicar, en conjunto con el análisis químicos, técnicas analíticas sofisticadas de mantenimiento predictivo, como por ejemplo análisis vibracional, contador de partículas, espectroscopia de plasma o infrarroja.
2. Se requiere la utilización de maletas portátiles para el análisis in situ.

3. Hacer extensivo el análisis químico a todos los grupos electrógenos instalados en el país.
4. Implantar un programa de análisis químico a los grupos electrógenos como aplicación de la lubricación predictiva.

8. Referencias.

1. Disponible en: <http://www.cnctv.cubasi.cu/noticia.php?idn=4264>
2. **BOGOSLOVKI, A. M.** *Manual del mecánico de motores marinos de combustión Interna*. 1971.
3. Disponible en: www.ingenierosdelubricacion.com
4. *Mantenimiento*. Mayo 1997
5. Disponible en: <http://www.monografias.com/>
6. *Machinery Lubrication*. Abril-Mayo 2007.
7. *Fuels, lube oil & Analysis* Disponible en: <http://www.dgtww-digital.com/dgtww/200704/?pg=34&liid=2d8a291d61>
8. Annual Book of ASTM Standard. En 2000, vol. 17.
9. Disponible en: <http://www.conservaenergia.com/empresas/astm/normas.htm>
10. *Diesel & Gas Turbina Worldwide*. April 2007
11. "Taller. Motores Diesel F/SF Diesel en V". Junio.2003
12. "Recambio F/SF 360". Enero 2004

D. Fernández-Fernández, F. Mourdoch-Misa

Grupo de Análisis Dinámico, Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas, EMCE.
Calle 69 y 100, Marianao, Habana. Cuba.