

PROPUESTA DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITES PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Franco Agnelli, Martin Cervera, Esteban Tarulli
Director Ing. Conte Daniel Aldo

Grupo de Investigación en Modelos y Sistemas para la ayuda a la Eficiencia de las organizaciones
GIMSE
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba
Maestro M. Lopez esq. Cruz Roja Argentina - Ciudad Universitaria

Resumen¹

El presente proyecto consistió en la realización de un laboratorio de análisis de aceites para mantenimiento predictivo, con vistas a desarrollar la tecnología, la organización, los conocimientos y la práctica rutinaria necesaria para el diagnóstico avanzado de maquinaria en servicio continuo, de diagnóstico a distancia y los análisis correspondientes para los casos de falla declarada. En este último caso, es importante estudiar las fallas, desde la aparición, evolución y estado de criticidad, para así proteger y extender la vida útil de los equipos. También, un laboratorio de este tipo es de utilidad para planificar una intervención y un programa de mantenimiento predictivo conveniente, preparar los medios necesarios, evitar penalizaciones en los costos, etc. -1-

Palabras clave: análisis de aceite, tribología, mantenimiento predictivo.

Introducción: El objetivo principal ha sido proponer la realización de un laboratorio de análisis de aceites para el mantenimiento predictivo, para ello se deben determinar los análisis más relevantes.

Los análisis se determinaron recabando información sobre el daño generado al aceite y a los equipos, el comportamiento de máquinas y elementos mecánicos, y considerando los pedidos que realizan distintas empresas normalmente para mantenimiento predictivo.

Información recabada:

Contenido de humedad:

El daño al aceite

El agua que entra al aceite empieza a degradarlo. Primero ataca los aditivos. Algunos aditivos pueden formar compuestos ácidos, causando corrosión al bronce. En algunos casos los aditivos se adhieren al agua, saliendo del aceite al eliminar el agua. El agua también ataca al aceite básico, causando oxidación y aumentando la formación y acumulación de lodos y barniz.

El daño al equipo

Cuando el aceite contiene agua modifica la viscosidad y reduce la fuerza de su película, disminuyendo el flujo y permitiendo el contacto entre piezas bajo presiones. Ataca directamente a las superficies metálicas, causando herrumbre a todo el hierro y corrosión donde vaya. 1% de agua en el aceite puede acortar la vida útil de cojinetes en un 90%. El daño en rodamientos

1 **Mantenimiento Predictivo**

La monitorización de estado/mantenimiento predictivo es el proceso de determinación del estado de la maquinaria en funcionamiento. Esto permite la reparación de la maquinaria antes de que se produzca el fallo. La monitorización de estado no sólo ayuda al personal de las fábricas a reducir la posibilidad del fallo catastrófico o grave, sino que también les permite disponer de los recambios con anterioridad, planificar los trabajos y planificar otras reparaciones durante la parada. Con la monitorización de estado, el análisis de la maquinaria toma dos formas: la predictiva y de diagnóstico.

aunque los rodamientos lubricados “de por vida” se montan sin precisar mantenimiento posterior, cerca del 36% de los fallos prematuros de todos los rodamientos son causados por especificaciones y aplicaciones incorrectas de los lubricantes.

La oxidación:

El daño al aceite

Es un proceso de degradación química que afecta a la mayor parte de los materiales orgánicos. Básicamente consiste en la asimilación de átomos de oxígeno por parte de las sustancias constituyentes del lubricante, lo que conlleva a la degradación de las mismas y la pérdida paulatina de características y prestaciones del aceite. Este proceso se ve favorecido por el calor, la luz, el agua y la presencia de contaminantes.

Factores que favorecen la oxidación: El calor es un factor determinante en el proceso de oxidación. La tasa de oxidación es relativamente baja por debajo de 85°C, duplicándose por cada incremento de 10° en la temperatura. Por encima de los 315°C el aceite se descompone térmicamente: comienzan a formarse sustancias insolubles y se degradan los aditivos.

La radiación ultravioleta que contiene la luz natural facilita la rotura de ciertos enlaces atómicos débiles en algunas moléculas. Estos enlaces rotos se ven rápidamente completados con átomos de oxígeno.

El agua y algunos contaminantes pueden actuar como catalizadores de la reacción de oxidación. En concreto el agua puede disolver a los aditivos antidesgaste (como el bisulfuro de molibdeno), disolviéndose y produciendo ácidos sulfúrico y sulfhídrico. En los motores de combustión interna el agua puede reaccionar con los gases de escape y producir ácidos.

El daño al equipo

La oxidación del aceite provoca:

- Aumento de la viscosidad, pudiendo llegar a ser doble incluso triple que la del aceite nuevo.
- Oscurecimiento del aceite, pasando del tono traslucido original a ser totalmente opaco.
- Formación de depósitos carbonosos, aunque esto ocurre en fases avanzadas de la oxidación.
- Aumento de la acidez del aceite, debido a los productos ácidos que se forman.

La oxidación es un fenómeno que reduce la vida del aceite. Dada la naturaleza química de los productos de la oxidación, la mayor parte de estos no pueden ser eliminados mediante el filtrado simple del aceite. Sólo con métodos avanzados pueden eliminarse estas sustancias

Importancia de la viscosidad correcta

Si la viscosidad del aceite es muy baja para la aplicación, el desgaste es mayor por falta de película lubricante interpuesta entre las superficies en movimiento.

Si la viscosidad del aceite es muy alta para la aplicación, el consumo de energía es mayor, el desgaste puede ser mayor por falta de circulación y el aceite se calentará por fricción.

Ensayo de partículas sólidas, código de limpieza ISO 4406

Contaminación del aceite lubricante

Los insolubles están constituidos por todos aquellos materiales sólidos capaces de contaminar un aceite lubricante en uso. Por ejemplo, partículas carbonosas, partículas metálicas, polvo y productos resultantes de la degradación del propio lubricante.

Existen varios métodos para determinar insolubles en lubricantes.

Los niveles de contaminación se refieren a la cantidad de material sólido contaminante presente en la muestra de aceite usado. La metodología que se utiliza para clasificar y cuantificar las partículas de acuerdo al tamaño de las mismas, se basa en el código de clasificación ISO 4406 y la norma americana U.S National Aerospace Standard 1638. El código ISO 4406 especifica dos o tres tamaños en los niveles de limpieza, donde el número se refiere a la **cantidad de partículas presentes en un mililitro de muestra por cada tamaño establecido**. En el caso del código de dos tamaños el primer número se refiere a partículas mayores de 5 micrómetros y el segundo a las mayores de 15 micrómetros. Sin embargo el código de tres tamaños, el primer número se refiere a la cantidad de partículas mayor de 2 micrómetros, el segundo a partículas mayores de 5 micrómetros y el tercero a partículas mayores de 15 micrómetros.

Existe una diversidad de metodologías para el conteo de partículas. Se tiene el método visual que es el más antiguo, hasta el desarrollo de una variedad de instrumentos que utilizan una diversidad de mecanismos de medida, desde contadores ópticos tipo láser hasta monitores de bloqueo por tamaño de poro, los cuales se utilizan actualmente por la mayor confiabilidad de los resultados.

Selección de los análisis:

Los análisis a tener en cuenta son: Contenido de humedad, limpieza, envejecimiento, viscosidad, índice de viscosidad, análisis morfológico, contenido de azufre, punto de inflamación, punto de enturbiamiento, TAN y TBN.

Para la selección de los análisis se realizó un cuadro de valuación en donde se supuso que sería aplicado para motores y sistemas hidráulicos. También se utilizó la experiencia que posee el grupo GIMSE en vibraciones para el complemento de este, ver tabla 1.

Provee información de complemento de análisis de vibraciones: 9

Provee información del estado general del aceite: 5

Idea del estado del dispositivo o máquina: 8

Tabla N° 1: Valuación de análisis

Criterios tomados para la selección		Contenido de humedad	limpieza	envejecimiento	viscosidad	índice de viscosidad	análisis morfológico	contenido de azufre	punto de inflamación	punto de enturbiamiento	TAN TBN
Provee información de complemento a vibraciones	9	5	10	3	9	7	9	5	2	1	4
Provee información del estado general del aceite	5	9	7	5	8	9	4	6	3	2	9
Idea del estado del dispositivo o máquina	8	7	9	4	7	1	10	2	3	3	5
Total		146	197	84	177	116	181	91	57	43	121

Quedando en base a los criterios tomados los valores de la tabla 2.

Tabla N° 2: Análisis seleccionados

Análisis	Puntaje
Limpieza	197
Análisis morfológico	181
Viscosidad	177
Contenido de humedad	146
TAN TBN	121
Índice de viscosidad	116

Se adoptaron para la realización de estos análisis, normativas que estipulan procedimientos para la ejecución de los mismos. En este caso nos hemos basado en las normas ASTM (American Society for Testing Materials) e ISO para la confección de estos procedimientos. La ASTM está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO, y mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias, con un casi monopolio en las industrias petrolera y petroquímica. Adoptando para cada caso las normas detalladas en la tabla 3.

Tabla N° 3: Normativas adoptadas

Análisis	Norma	Número
limpieza	ISO	4406
Análisis morfológico	ISO	4406
Viscosidad	ASTM	D-445
Contenido de humedad	ASTM	D-95
TAN TBN	ASTM	D-974
Índice de viscosidad	ASTM	D-2270

Equipos seleccionados para realizar los análisis

Se realizó una evaluación del equipamiento necesario de acuerdo al precio de mercado, teniendo como tope un monto estipulado de compra por el GIMSE. Luego se realizó por la facultad una licitación entre empresas por parte de la facultad.

El presupuesto fue recibido a través del PID de investigación en detección temprana de fallas mediante técnicas no invasivas, con maquinaria en marcha y por monitoreo a distancias, Código VAINCO637 25/E113.

El lugar de trabajo

Para la realización de los análisis se enviaron notas a los laboratorios de ingeniería química, mecánica y metalúrgica, solicitando un lugar de trabajo que posea los niveles de seguridad requeridos para la ejecución de los análisis.

Nos permitieron utilizar todas las instalaciones del laboratorio de ingeniería metalúrgica, en donde el jefe de laboratorio ha explicado el sistema de trabajo que llevan a cabo para las buenas prácticas dentro del laboratorio.

Equipamiento adquirido



Figuras: 1 Equipo para análisis de viscosidad, 2 viscosímetro, 3 extractor de muestras y 4 equipo de contenido Humedad.



Figuras: 5 Análisis de limpieza, 6 TAN y 7 TBN



Figuras 8 y 9 Filtros de análisis de limpieza

Resultados experimentales

Comenzado con pruebas de aceites de muestras conocidas, para corroborar resultados realizamos los procedimientos adecuados para cada caso. También se realizó una confección de un modelo de informe final de resultados.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MODELOS Y SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN PARA LA EFICIENCIA DE LAS ORGANIZACIONES (GIMSE)

Estado Condición de Sistema

Protocolo N° 100521-145 1 de 2

ANÁLISIS DE ACEITE

Empresa: Corblock
Contacto: Martín Pezard

Fecha Informe: 30/05/2018

Identificación de la muestra: OTI-012 Engfield 80W90

Man/Equipo:
Flujo de muestra: -
Método de muestreo: -
Fecha de muestreo: 08/05/2018
Fecha de recepción de muestra: 15/05/2018

Aceite especificado:
ISO VG 32/46 Adma 80W90



Método de Control:
Color
Luz
Comprobador

Zum	Sum	15um	25um
26	10000	10000	10000
25	10000	10000	10000
24	10000	10000	10000
23	10000	10000	10000
22	10000	10000	10000
21	10000	10000	10000
20	10000	10000	10000
19	10000	10000	10000
18	10000	10000	10000
17	10000	10000	10000
16	10000	10000	10000
15	10000	10000	10000
14	10000	10000	10000
13	10000	10000	10000
12	10000	10000	10000
11	10000	10000	10000
10	10000	10000	10000
9	10000	10000	10000
8	10000	10000	10000
7	10000	10000	10000
6	10000	10000	10000
5	10000	10000	10000
4	10000	10000	10000
3	10000	10000	10000
2	10000	10000	10000

Muestra de Limpieza:
6 Limpieza normal
4 Limpieza normal
3 Limpieza normal
2 Limpieza normal

Realizado por: Agrado, Corvera, Tassil Controlado por: Ing. Daniel Abdo Coria Fecha: 30/05/18

Maestro W. Lopez eqs, Craz Roja Argentina - Ciudad Universitaria-Mail: grupogm@gmail.com - Tel: 0351-244862

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MODELOS Y SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN PARA LA EFICIENCIA DE LAS ORGANIZACIONES (GIMSE)

Protocolo N° 100521-145 2 de 2

Resultados del análisis

Requisito	Unidad de medida	Valor	Valores límites Minimo	Valores límites Maximo	Condición
Partículas Código ISO 4406	-	-	-	18/16/13	NI
Agua ASTM D-465	%	0,4	0	0,5	R
Coloración ASTM D-1500	-	6	3	4	NC
Viscosidad 40°C ASTM D-445	cSt	240,02	145	-	NC
Viscosidad 100°C ASTM D-445	cSt	25,8	15,5	-	NC
Índice de Viscosidad (IV) ASTM D-2270	-	124	105	-	N
Acidez ASTM D-474	mg/KOH/g	0,67	0,1	0,75	R
Pto. Inflamación	°C	-	210	-	NI
Pto. Flash crítico DIN ISO 3018	°C	-	205	-	NI

Referencia de condición: N(Normal); R(Regular); NC (No Cumple); NI(No Evaluado)

OBSERVACIONES: La muestra presenta una coloración marrón oscura (valor 6 según norma ASTM D-1500) siendo que el valor normal está entre 2 (blanco) y 4 (amarillo). El ensayo de partículas según código ISO 4406, debido por sustrato por saturación de la membrana de filtración, la misma tiene presencia de partículas de tamaño considerable (mayores a 5 micrones). La viscosidad tanto a 40 °C y a 100 °C es superior a los valores normales. La acidez se encuentra cercano a su valor máximo al que que el contenido de humedad.

Conclusión: El aceite presenta un grado de degradación considerable, lo cual puede afectar el normal funcionamiento de los mecanismos inyectores. Por lo tanto, el aceite NO se encuentra apto para continuar en uso.

Recomendaciones: Proceder a realizar el mantenimiento del aceite, revisar el estado del equipo y del ambiente trabajo donde se encuentra el mismo. Realizar un control periódico del aceite utilizado.

Firma y aclaración:

Realizado por: Agrado, Corvera, Tassil Controlado por: Ing. Daniel Abdo Coria Fecha: 30/05/18

Maestro W. Lopez eqs, Craz Roja Argentina - Ciudad Universitaria-Mail: grupogm@gmail.com - Tel: 0351-244862

Figura 10 y 11 Modelo de informe

A medida que se avanzó con la puesta en marcha se observó la posibilidad de realizar el análisis de punto de inflamación de aceite, el desarrollo del mismo está en la web del grupo.

Conclusión:

En el desarrollo descrito pudimos obtener buenos resultados en cada uno de los análisis seleccionados para ser aplicados al laboratorio. Estos permiten monitorizar los aceites para mantenimiento predictivo de equipos. Logrando conformar el laboratorio con un presupuesto acotado y continuar actualmente con el perfeccionamiento del mismo. La propuesta de este laboratorio fue disparador de varias prácticas supervisadas para el complemento y perfeccionamiento de los análisis aquí desarrollados.

Bibliografía:

<http://www.etpcbba.com.ar/Sedronar.html>

<http://www.sedronar.gob.ar/>

Lista de productos regulados

http://www.etpcbba.com.ar/Documentos/Sitios/SEDRONAR/anexo_3_listas.pdf

Cálculos de R y R <http://www.inti.gob.ar/interlaboratorios/descargas/estadistico.pdf>

Norma ASTM D 974-02 Designación 139/98

Norma ASTM D95-83 (Reaprobada 1990)

<http://www.solomantenimiento.com/m-aceite-lubricante.htm>

Aceites y lubricantes industriales - Su tecnología y aplicación. YPF

Guía rápida Pall Corporation

Contaje de partículas - Lubrication management. Manuel Bilbao, Adolfo Málaga

Normas ASTM D445-04, ASTM D2270-93 (reaprobada en 1998), ISO 4406:99.

Guide to ASTM Test Methods for the Analysis of Petroleum Products and Lubricants. Second Edition.

Autor: Kishore Nadkarni. Editorial: ASTM International. 2007

Apunte de cátedra: Química Aplicada-

Autor: Ing. Carlos González año 2011-Editorial Educo.

Normas ASTM- Página web oficial: www.astm.org

Norma ISO- Página web oficial: www.iso.org

Apuntes Noria Mantenimiento predictivo

Apunte de cátedra: Electrotecnia y máquinas eléctricas

Autor: Héctor Bianchi año 2014-Editorial : Educo

Análisis de aceites aislantes para transformadores y fluidos dieléctricos

Autor: Laboratorios Cataldi- Página web oficial: www.laboratoriocataldi.com.ar