

**METODOLOGIA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS A
PARTIR DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN**

JOSE CAMILO VALEST SANDOVAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

**METODOLOGIA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS A
PARTIR DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN**

JOSE CAMILO VALEST SANDOVAL

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Diego Andres Garcia Santos
Especialista en Ingeniería de Operaciones en Manufactura y Servicios

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

Dios me ha bendecido rodeandome de excelentes seres humanos y salud
A mis padres, hermanos y sobrino, de incondicional compañía y apoyo

AGRADECIMIENTOS

Ing. Diego Garcia Andres Santos, director de este trabajo quien me brindo su apoyo y compromiso amablemente

Grupo de docentes de la especialización, personas de gran conocimiento

Grupo administrativo de ASEDUIS bogota, por su calides y amabilidad en la atención

Compañeros de la especialización, con quienes se conformo un agradable grupo de trabajo

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	16
1. SELECCIÓN DE LUBRICANTES I.....	22
1.1 SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	24
1.1.1 API.	24
1.2 SAE.	29
1.2.1 ACEA.....	30
1.2.2 Otras Clasificaciones.	33
1.2.3 Evolución en los niveles de calidad de los aceites y normas ambientales....	35
1.3 MOTORES A GAS.....	36
2. SELECCIÓN DE LUBRICANTES II.....	38
2.1. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES AUTOMOTRICES	38
2.2. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS ATF.....	41
2.2.1. DEXRON. Especificación indicada por General Motors (GM) para sus cajas automáticas, presenta las siguientes divisiones:	41
2.2.2. Ford.	42
2.2.3. Otras especificaciones para lubricantes de transmisiones automáticas.	42
2.3. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA ACEITES INDUSTRIALES	43
2.3.1. ISO.	43
2.4. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA ENGRANAJES	44
2.4.1. Propiedades generales de los lubricantes para engranajes.	44
2.4.2. Equivalencia de grados de viscosidades.	46
2.4.3. Aceite o Grasa.	47
2.5. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA COMPRESORES	47
2.5.1. Propiedades generales de los lubricantes para compresores.....	48

2.6. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS	49
2.7. Propiedades generales de los lubricantes para sistemas hidráulicos.	49
2.7.1. Requerimientos de los fluidos hidráulicos.	50
2.7.2. Designación de aceites hidráulicos.	50
2.7.3. Otras especificaciones.	51
2.8. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA RODAMIENTOS Y COJINETES.....	51
2.9. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA CADENAS Y CABLES.....	52
3. PROGRAMA DE ANÁLISIS DE ACEITE.....	54
3.1. USOS Y BENEFICIOS PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO	54
3.2. ACTIVIDADES A DESARROLLAR	55
3.2.1. Selección de equipos.....	56
3.2.2. Procedimiento adecuado de toma de muestras.....	57
3.2.3. Selección de las pruebas a realizar.	59
3.2.4. Interpretación de la información obtenida.	61
3.3. DURABILIDAD DEL LUBRICANTE	65
3.4. ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y RESPONSABLE DEL PROGRAMA	66
3.4.1. Criterios de selección de un laboratorio de análisis de aceite.....	67
4. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES.....	71
4.1. RECEPCIÓN DE LUBRICANTES.....	71
4.1.1. Descargue de productos.....	72
4.1.2. Traslado para almacenamiento.....	73
4.2. AREA DE ALMACENAMIENTO.....	74
4.2.1. Almacenamiento en exteriores.....	79
4.3. DISTRIBUCIÓN	80
4.3.1. Camión lubricador.....	81
4.4. RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE ACEITE USADO	83
4.5. AUDITORIA Y ASPECTOS GENERALES.....	84
4.6. APLICACIÓN DE LUBRICANTES	85
5. ADMINISTRACION DEL PROGRAMA.....	87

5.1. RESPONSABLE DEL PROGRAMA	87
5.2. DEFINIR OBJETIVOS E INDICADORES	89
5.3. PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES DE LUBRICACIÓN.....	91
5.4. CONSOLIDACIÓN DE LUBRICANTES	92
5.4.1. Cartas de lubricación.	93
5.5. SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y PROCESO DE COMPRA.....	94
5.5.1. Errores en la compra de lubricantes.	94
5.5.2. Proceso de compras y selección de proveedores.....	95
5.5.3. Criterios de selección del área técnica.	96
5.6. MEJORA CONTINUA DE LA LUBRICACIÓN.....	97
5.6.1. Auditorías.	98
6. CONCLUSIONES.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Grado SAE en función de la temperatura ambiente de operación.....	30
Figura 2. Evolución nivel de calidad API respecto a normas EPA	35
Figura 3. Evolución nivel de calidad API respecto a normas EURO y diseño de los motores.....	36
Figura 4. Clasificación de los lubricantes líquidos industriales en función de la viscosidad según norma ISO 3448	43
Figura 5. Comparaciones del grado de viscosidad de los lubricantes	46
Figura 6. Formulación típica de un fluido hidráulico Antidesgaste “AW”	50
Figura 7. Norma ISO 6743/4. Clasificación de los fluidos hidráulicos (Familia H)..	51
Figura 8. Toma de muestras con bomba de vacío y por carter.....	58
Figura 9. Toma de muestra por puerto de muestreo.....	58
Figura 10. Posibles fuentes de metales de desgaste en un motor diesel	64
Figura 11. Procedimiento de recepción y descargue de lubricantes.....	73
Figura 12. Herramientas para el traslado de productos	73
Figura 13. Organización interna del almacén	76
Figura 14. Modelo de rotulación.....	76
Figura 15. Organización para control de inventarios.....	77
Figura 16. Estructura para almacenamiento horizontal.....	77
Figura 17. Elementos de seguridad	78
Figura 18. Almacenamiento en exteriores	79
Figura 19. Organización para control de inventarios.....	80
Figura 20. Almacenamiento de herramientas de suministro	81

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación API para lubricantes de motores a gasolina.....	25
Tabla 2. Clasificación API para lubricantes de motores diesel	26
Tabla 3. Clasificación ACEA para lubricantes de motores a gasolina.....	30
Tabla 4. Especificación ACEA para cumplimiento de EURO IV	32
Tabla 5. Clasificación ACEA para lubricantes de motores diesel.....	33
Tabla 6. Clasificación API para transmisiones automotrices manuales	38
Tabla 7. Condiciones operativas que influyen en la selección del lubricante.....	45
Tabla 8. Propiedades de los lubricantes sintéticos para compresores	48
Tabla 9. Posibles causas de degradación del lubricante	64

LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto 1. Exterior almacén de lubricantes.....	74
Foto 2. Acceso a almacén de lubricantes	75
Foto 3. Ejemplo de codificación de producto por colores.....	81
Foto 4. Camión lubricador.....	82
Foto 5. Acopio de aceite usado.....	84

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. AUDITORIA DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LUBRICANTE.	103
Anexo B. AUDITORIA DE GESTION DE LUBRICACION	108

RESUMEN

TITULO: METODOLOGIA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS A PARTIR DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN*

AUTOR: JOSE CAMILO VALEST SANDOVAL**

PALABRAS CLAVES: LUBRICACION, ANALISIS DE ACEITE, CONFIABILIDAD, PREDICTIVO, PLANEACION, SELECCIÓN DE LUBRICANTES, AUDITORIA

CONTENIDO Esta monografía desarrolla una metodología con la cual se pretende aumentar la calificación de confiabilidad de un departamento de mantenimiento, y lo hace a través de un programa integral de lubricación. Integral porque toma el global de esta área, analiza cada actividad que se relaciona con el lubricante en todas sus fases y establece un modelo organizado de planeación y control de actividades, con objetivos claros y estrategias definidas para su cumplimiento; esto en un marco de mejora continua en el cual se establece y resalta el desarrollo periódico de auditorías que permitan medir y evaluar el progreso del programa, la eficiencia de las actividades y estrategias planteadas, las fortalezas y debilidades para asegurar el éxito del proyecto.

No se centra en un campo industrial específico, porque la gran mayoría de procesos industriales debe manejar la lubricación de sus equipos y por tanto están vinculados con el tema en mayor o menor proporción, y allí, donde existan unas actividades o procedimientos de manipulación de lubricante, la metodología planteada es aplicable.

Toma como pilar la lubricación por dos razones fundamentales; la primera de ellas se menciona líneas atrás y es que la lubricación hace parte de la mayoría de procesos industriales por ello cuenta con una alta aplicabilidad. La segunda, porque muchas empresas tienen el tema de lubricación en un segundo plano, limitado a actividades de mantenimiento rutinarias, desconociendo que es un punto crítico cuya correcta administración puede generar grandes beneficios, uno de ellos muy atractivo a cualquier gerencia o administración; ahorros. Además de su objetivo general inicial, la confiabilidad. Su implementación no requiere grandes inversiones económicas, tan solo un equipo de trabajo dinámico y comprometido de cuya gestión dependerá el tiempo de los resultados

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director Diego Andres Garcia Santos.

SUMMARY

TITLE: METHODOLOGY TO IMPROVE RELIABILITY EQUIPMENT FROM A PROGRAM OF LUBRICATION*

AUTHOR: JOSE CAMILO VALES SANDOVAL**

KEYWORDS: LUBRICATION, OIL ANALYSIS, RELIABILITY, PREDICTIVE, PLANNING, SELECTION OF LUBRICANTS, AUDIT

DESCRIPTION: This paper develops a methodology which aims to increase the rating of reliability of a maintenance department, and does so through a comprehensive lubrication program. Integral global because it takes in this area, analyzes every activity that relates to the lubricant in all its phases and provides an organized model of planning and control activities, with clear objectives and defined strategies for compliance; this in a framework of continuous improvement in which states and highlights the development of periodic audits to measure and evaluate program progress, efficiency of activities and raised strategies, strengths and weaknesses to ensure project success.

It does not focus on a specific industrial field, because the vast majority of industrial processes should handle the lubrication of equipment and therefore are related to the topic in greater or lesser degree, and there, where some activities or lubricant handling procedures exist the methodology is applicable posed.

Shot as a pillar lubrication for two reasons; the first of these lines back and mentioned that lubrication is part of most industrial processes therefore has a high applicability. Second, because many companies have lubrication theme in the background, limited to routine maintenance activities, knowing that is very attractive to any management or administration critical point whose proper management can generate great benefits, one of them; savings. In addition to its initial general objective reliability. Its implementation does not require large financial investments, only a team of dynamic and committed work of the management time will depend on the results

* Draft grade

** Faculty of Engineering Physical-mechanical, School of Mechanical Engineering, Director Diego Andres Garcia Santos

INTRODUCCION

El mantenimiento predictivo surge como una evolución de las filosofías tradicionales del mantenimiento como lo son el correctivo y preventivo, apuntando siempre a la confiabilidad de los equipos y de los procesos productivos, que finalmente desembocan en la rentabilidad del negocio. Establece parámetros funcionales indicadores del estado y condición del equipo los cuales deben ser monitoreados para garantizar su operación óptima y/o visualizar fallas operativas que puedan estar desarrollándose, lo cual permite implementar medidas que eviten situaciones de impacto negativo a la operación.

Pueden tomarse varios o diferentes parámetros funcionales, por ejemplo: rangos de temperatura de operación, nivel de vibraciones bajo condiciones específicas, nivel de emisiones acústicas..., etc. dependiendo de la facilidad o posibilidad de medición y sobre todo del nivel de información suministrado. Para cada una de estas variables operativas se han desarrollado diferentes técnicas de medición que a la par con el desarrollo tecnológico y demás, han venido evolucionando proporcionando información de mayor precisión y confiabilidad que permite un seguimiento más estricto que finalmente se convierten en el sustento de las decisiones y actividades de mantenimiento a desarrollar que van a repercutir en los indicadores establecidos y la rentabilidad.

Una de las herramientas con las que cuenta el mantenimiento predictivo y quizás la más utilizada por la información que suministra y la facilidad de desarrollarla, es el análisis de aceite. Esta técnica permite monitorear la condición operativa interna de las maquinas a través de pruebas en laboratorio a las muestras de lubricante tomadas. Estas pruebas o análisis brindan información principalmente sobre tres aspectos: Desgaste de las partes metálicas, contaminantes que puedan estar

ingresando al sistema monitoreado y condición del lubricante en sus propiedades físicas y químicas.

El mantenimiento predictivo y la herramienta del análisis de aceite abren la puerta a un área de gran importancia en la industria, que es la lubricación. Es una ciencia que se encontraba oculta o que no ocupaba los primeros lugares de interés por los responsables del mantenimiento, sin embargo los conceptos de confiabilidad obligan a evaluar todas estas áreas de apoyo a la operación, y encuentra que esta en particular abarca aspectos que pueden generar un gran impacto.

Por lo general se tiende a asociar y simplificar la lubricación a una labor de aplicación de lubricantes sin tener en cuenta aspectos básicos como volumen o frecuencias de suministro y desconociendo los criterios de selección del producto; el desarrollo e inclusive la planeación de las actividades de esta área son delegadas a personas cuyo conocimiento y capacitación no le permiten dimensionar la importancia que la lubricación tiene dentro del mantenimiento y la confiabilidad de los equipos, e inclusive personas que no participan o influyen directamente en la organización y planeación del mantenimiento. No se consideran aspectos como el almacenamiento adecuado, control de la contaminación en las etapas de suministro y manipulación del lubricante, selección de productos y proveedores, planeación y administración de las tareas de lubricación, frecuencias de muestreo, interpretación de análisis de laboratorio, sistema de administración de la información, disposición final del lubricante usado como una sustancia tóxica de alto riesgo para la salud y el medio ambiente..., etc.

Como se evidencia la lubricación no es un área simple, requiere de atención especial e influye en gran proporción la estructura operativa y productiva de una empresa; su adecuada administración impacta positivamente la confiabilidad de los equipos, reduciendo costos asociados a las diferentes actividades de mantenimiento y asegurando el cumplimiento de indicadores y de las metas de

producción planeadas. En la gestión de la lubricación deben estar involucradas las diferentes dependencias de una compañía: Gerencia, Mantenimiento, Producción, Compras, Almacén. Todos tienen participación en un programa integral de lubricación y de su oportuna y adecuada intervención depende el éxito de dicho programa.

Este trabajo pretende plantear una metodología para desarrollar un plan integral de lubricación que aporte positivamente con la confiabilidad de equipos. Se basa en conceptos de diferentes autores que se combinan en gran proporción con experiencias y observaciones de la gestión de la lubricación en diferentes industrias a nivel nacional, y busca un modelo sencillo y muy ajustado a la realidad industrial del país, para su seguimiento e implementación. Para su desarrollo se plantean cuatro pilares o áreas de enfoque sobre las cuales se cimienta la metodología para su desarrollo correcto; a continuación se describen resumidamente dichas áreas ya que en el desarrollo del trabajo se tratarán en detalle:

- Selección de lubricante: En muchos casos esta actividad la realiza el “lubricador” en base a su criterio y experiencia. Existen muchos mitos en torno a este punto, especialmente aquel que plantea que los lubricantes de mayor viscosidad van a generar una mayor protección al mecanismo, películas lubricantes firmes que toleran condiciones operativas extremas. Sin embargo la selección de los lubricantes por ser de tan alta importancia en la gestión de la lubricación, se convierte en una ciencia de la cual se han escrito libros completos. Existen parámetros universales definidos para la selección adecuada de los lubricantes, especificaciones de los fabricantes de equipos y un estudio completo alrededor de las condiciones operativas y el comportamiento del lubricante de acuerdo a su formulación o composición; por tal razón es uno de los puntos primordiales a considerar y establecer en un plan de lubricación

- Recepción, almacenamiento y manipulación de lubricantes: Es un área que ocasionalmente se tiene en cuenta. Los procedimientos e instalaciones para el almacenamiento y manipulación del lubricante esconden una larga lista de puntos a tener en cuenta, de allí se pueden optimizar inventarios, optimizar número de referencias, evitar o minimizar la contaminación del lubricante previo a su aplicación, dar un manejo adecuado al producto sin que afecte el medio ambiente, reducir pérdidas, ... etc. Así que se expondrán las mejores prácticas para el adecuado manejo de este punto
- Programa de análisis de aceites usados: Ya se había mencionado que es uno de los pilares del mantenimiento predictivo y una de las herramientas de mayor uso. Un programa de análisis de aceite sugiere un grupo de personas capacitadas en el tema trabajando disciplinadamente. Intervienen desde la persona que toma la muestra directamente en el equipo, análisis en laboratorio, interpretación de la información suministrada, responsable de mantenimiento quien evalúa y aplica las recomendaciones sugeridas y un programa de administración de la información; cada tarea sugiere una habilidad específica. Por las fases que presenta y las personas que intervienen requiere de un seguimiento continuo y juicioso ya que también es un proceso constante que nunca se detiene.
- Selección de proveedores y administración del programa de lubricación: En la actualidad los proveedores presentan una influencia altísima es este tipo de planes; su actividad no puede limitarse al suministro de un producto sino que debe generar un valor adicional que se obtiene involucrándolos y entregando responsabilidades incluso económicas (de inversión) dentro del plan. Al entrar a ser un participante activo es importante tener claros los criterios para la selección adecuada de este agente y evitar errores que puedan frenar el desarrollo de la metodología.

Por otra parte se plantea la administración del programa de lubricación. Como se mencionó en las últimas líneas del “programa de análisis de aceite” un plan integral de lubricación es un proceso constante que no se detiene y debe contar con una administración adecuada para su éxito y permanencia en el tiempo a pesar del flujo de personal. Es también un proceso de mejora continua el cual debe ser evaluado y auditado en cada una de sus áreas frecuentemente, identificando puntos de mejora y proponiendo nuevas metas a cumplir.

Los pasos o áreas de trabajo aquí citadas pueden cambiar de acuerdo al criterio de quienes lean este trabajo; como se menciona, se cimienta en conceptos teóricos y mayormente en observaciones sobre la gestión de lubricación en la industria nacional para hacerlo más funcional. Es importante como cualquier proceso que se quiera adelantar, establecer cuál es el estado actual de área a intervenir, de esta evaluación inicial se tendrá un panorama más claro de las medidas a tomar y los pasos a seguir. Es común encontrar un estigma sobre la lubricación, la imagen de un área descuidada, desorganizada y desaseada; por esto es fundamental realzar y dignificar esta imagen tomando las medidas que se consideren necesarias con base a esa evaluación inicial, cambiando dicho concepto, y este es un muy buen comienzo.

Existen varias compañías dedicadas a la consultoría y entrenamiento en la gestión de lubricación. También muchos autores con conceptos y propuestas muy aterrizadas; para el caso del trabajo en desarrollo y para el cierre de esta introducción, un fragmento de un artículo de una reconocida autoridad en lubricación industrial, que encaja de manera muy apropiada en el tema planteado: “La lubricación de excelencia debe ser diseñada y ejecutada como cimiento de todo programa de confiabilidad. Una planta donde los lubricantes son seleccionados cuidadosamente en función de sus requerimientos de desempeño, almacenados adecuadamente, transportados y aplicados procurando conservar

sus características y limpieza, que además durante su operación son mantenidos correctamente y analizados para determinar su salud y grado de contaminación, así como para monitorear la condición de la maquinaria, decidiendo con base en su condición cuándo deben ser reemplazados; tendrá una mayor posibilidad de que el resto de sus programas dirigidos a incrementar la confiabilidad den mucho mejores resultados.

Un programa de lubricación de clase mundial consiste en investigación, documentación e implementación de las mejores prácticas y procedimiento según lo definido por los líderes en la industria de la lubricación y confiabilidad, atendiendo las cada vez más estrictas políticas de rendimiento.

Después de colocar todas las mejores prácticas dentro de cada categoría, se inicia con un proceso de evaluación y auditoria que permita medir la gestión desarrollada, identificar puntos de mejora e implementar las medidas que tengan lugar, convirtiéndolo en un proceso de mejora continua.”

1. SELECCIÓN DE LUBRICANTES I

La selección de lubricantes es fundamental en cualquier industria y un punto de especial manejo en un plan o programa de lubricación que debe ser plenamente definido desde su inicio. Una selección errada de un lubricante puede generar efectos desastrosos para el componente y en consecuencia para la línea productiva en la que se encuentre e inclusive afectar toda la producción según la criticidad del equipo.

Existen creencias populares alrededor de este tema, por ejemplo: aplicar lubricantes de mayor viscosidad buscando una mayor protección al equipo, “calcular” la viscosidad de los lubricantes a través del tacto, aplicar diferente productos al lubricante para mejorar sus propiedades,... Todas estas y entre otras, bastante discutibles y seguramente falsas. Estos mitos han sido infundidos por personas cuyo conocimiento teórico en torno a la lubricación es muy escaso y prevalecen sus experiencias y observaciones sin una debida orientación técnica, pero justamente es en estas personas en quienes en ocasiones se deja la responsabilidad de las distintas tareas de la lubricación subvalorando el aporte positivo que puede generarse.

Acertada y afortunadamente la selección de lubricantes sigue unos criterios establecidos que podrían afirmarse son de manejo mundial. Entidades internacionales han centrado su interés en establecer normas y estándares que permitan productos de niveles de calidad óptimos para componentes y/o condiciones de operación definidas. En realidad es un tema de gran profundidad a nivel técnico del cual se encuentra disponible nutrida información; de igual manera la industria de los lubricantes día a día trabaja para alcanzar esos estándares de calidad que le son impuestos con la aplicación de estudios y tecnologías que permitan lograr productos de mejores características y desempeño.

Para la selección adecuada de un lubricante se debe tener en cuenta en primera instancia las recomendaciones o especificaciones que realiza el fabricante del equipo, cuyo conocimiento sobre las características, condiciones operativas, diseño y demás (adicional a aspectos relativos a garantías) aseguran una selección adecuada. Estas recomendaciones deben estar basadas en aprobaciones internacionales, aprobaciones o especificaciones establecidas por los mismos fabricantes o un conjunto de estas dos, las cuales definen con claridad niveles de calidad y propiedades físico-químicas del producto principalmente. En ocasiones los OEMs limitan o sugieren la aplicación de marcas específicas, sin embargo no es un aspecto obligatorio (a menos que haya un condicionamiento legal de por medio o que tan solo exista un producto con las características requeridas) si se cuentan con otros productos que cumplan con las exigencias que se plantean; es la razón de ser de estas entidades internacionales y las normas que establecen, las cuales se tratarán líneas adelante.

Ya que hay un extenso listado de especificaciones y aprobaciones, el primer paso para seleccionar adecuadamente un lubricante es definir el componente en el cual se va a aplicar el producto y es importante para el desarrollo de este trabajo tener claro el significado del término “componente”; hace referencia al sistema o parte lubricada la cual contiene un solo lubricante, algunos de ellos: motor diesel, motor a gasolina, motor a gas, sistemas hidráulicos, engranajes, compresores, transmisiones manuales, transmisiones automáticas, diferenciales, mandos finales, servo-transmisiones, cajas reductoras, procesos térmicos, transformadores, turbinas,... etc. Los componentes no hacen referencia al equipo o máquina en la cual se aplica un producto determinado ya que una misma máquina puede tener varios y/o diferentes componentes, por ejemplo un tracto-camión cuenta con motor, transmisión y diferencial básicamente y cada uno de estos cuenta con tipos diferentes de lubricante para diferentes condiciones operativas. Nótese que en el ejemplo del tracto-camión no se mencionan datos

específicos como marca, modelo serie, etc. ya que resultaría muy complejo listar la totalidad de los equipos existentes y definir para cada uno de ellos el lubricante específico, por tal razón se va al plano general, así diferentes industrias con diferentes equipos pueden presentar los mismos tipos de componentes.

De este modo, la clasificación por componentes simplifica la selección de lubricantes. A continuación se listan algunas de las aprobaciones y especificaciones utilizadas por tipo de componente, mencionando algunos de los principales entes a nivel mundial que regulan lo relacionado a lubricantes industriales:

1.1 SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

El primer caso de estudio será entonces el motor, de estos equipos podemos distinguir o clasificar dos componentes principales: motores a gasolina y motores diesel. Estos son los equipos que con mayor frecuencia se pueden encontrar. Existen otros como son motores a gas, motores de locomotoras, motores marinos, motores 2T, fuera de borda, motores de motocicletas,... entre otros, que se encuentran en menor proporción.

1.1.1 API. Para la selección de lubricantes para motor se deben conocer los lineamientos o exigencias del API (American Petroleum Institute) Instituto Americano del Petróleo; esta es una organización técnica y comercial que representa cerca de 400 corporaciones implicadas en la producción, refinamiento, distribución, y muchos otros aspectos de la industria del petróleo y del gas natural. A través de su asociación con la SAE (Society of Automotive Engineers) Sociedad de Ingenieros Automotrices y ASTM (American Society for Testing of Materials) Sociedad Americana para Ensayos de Materiales, han desarrollado

numerosos ensayos que definen niveles de calidad y propiedades físicas y químicas de los lubricantes. Cada motor tiene, de acuerdo con su diseño y condiciones de operación, necesidades específicas que el lubricante debe satisfacer. Se puede entonces clasificar a los aceites según su capacidad para desempeñarse frente a determinadas exigencias. API ha desarrollado un sistema para seleccionar y recomendar aceites para motor basado en las condiciones de servicio, como sigue.

1.1.1.1 Motores a Gasolina. Cada clase de servicio es designada por dos letras. Para el caso de los motores a gasolina inicia con la “S” (spark) y la segunda letra indica la exigencia en servicio, comenzando por la “A” para el menos exigido, y continuando en orden alfabético a medida que aumenta la exigencia.

Tabla 1. Clasificación API para lubricantes de motores a gasolina

Categoría	Estado	Servicio
SN	Actual	Para todos los motores a gasolina vigente desde octubre de 2010, proporciona una mejor protección frente a la formación de depósitos, altas temperaturas, mayor control de lodos y compatibilidad con juntas. Mayor economía de combustible, protección del turbocompresor, compatibilidad con los sistemas de control de emisiones
SM	Actual	Para todos los motores a gasolina de uso en la actualidad, introducidos en el año 2004. Están diseñados para brindar una mayor resistencia contra la oxidación, a la formación de depósitos, mejor protección contra el desgaste y mejor desempeño a la baja temperatura
SL	Actual	Para motores a gasolina hasta el 2004 y anteriores
SJ	Actual	Para motores a gasolina hasta el 2001 y anteriores

SH	Obsoleto	Para motores de gasolina hasta el 1996 y anteriores
SG	Obsoleto	Para motores de gasolina hasta el 1993 y anteriores
SF	Obsoleto	Para motores de gasolina hasta el 1988 y anteriores
SE	Obsoleto	No adecuados para uso en motores a gasolina fabricados después del año 1979
SD	Obsoleto	No adecuados para uso en motores a gasolina fabricados después del año 1971
SC	Obsoleto	No adecuados para uso en motores a gasolina fabricados después del año 1967
SB	Obsoleto	No adecuados para uso en motores a gasolina fabricados después del año 1951
SA	Obsoleto	No contiene aditivos, No adecuados para uso en motores a gasolina fabricados después del año 1930

Fuente API publicaciones, el aceite para motor es importante

Motores Diesel. De forma análoga, los motores diesel se nombran iniciando con la letra “C” (compression) y la segunda letra indica la exigencia en servicio, comenzando por la “A” para el menos exigido, y continuando en orden alfabético a medida que aumenta la exigencia. Para motores de dos tiempos se agrega “-2”

Tabla 2. Clasificación API para lubricantes de motores diesel

Categoría	Estado	Aplicación
CJ-4	Vigente	Para motores diesel de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape para modelos de automóviles en carretera del año 2010 y las normas de emisiones Tier 4 para vehículos fuera de carretera, así como para modelos de motores diesel anteriores. Estos aceites están formulados para su utilización en todas las aplicaciones con

		<p>combustibles diesel con un contenido de azufre de hasta 500 p.p.m. (0.05 % en peso). Sin embargo, el uso de estos aceites con combustibles con contenido de azufre mayor a 15 p.p.m. (0.0015 % en peso) puede afectar a la durabilidad de los sistemas de postratamiento de los gases de escape y/o al intervalo de cambio del aceite. Los aceites CJ-4 son especialmente eficaces en el mantenimiento de la durabilidad del sistema de control de emisiones cuando se emplean filtros de partículas y otros sistemas avanzados de postratamiento de los gases de escape. La protección es óptima para el control de la contaminación del catalizador, bloqueo de filtros de partículas, desgaste del motor, formación de depósitos en pistones, estabilidad a baja y alta temperatura, propiedades dispersantes del hollín, espesamiento debido a la oxidación, formación de espuma y pérdida de viscosidad debido al cizallamiento. Los aceites API CJ-4 superan los niveles de prestaciones API CI-4 con CI-4 PLUS, CI-4, CH-4, CG-4 y CF-4</p>
CI-4	Vigente	<p>Se comenzó a utilizar en el año 2002. Para motores diesel de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir con las normas de emisiones de gases de escape del año 2004 implementadas en el año 2002. Los aceites CI-4 están formulados para mantener la durabilidad del motor cuando se emplean sistemas de recirculación de gases de escape, y están diseñados para ser utilizados con combustibles diesel con un contenido en azufre de hasta 0.5 % en peso. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-</p>

Tabla 2. (Continuación)

Categoría	Estado	Aplicación
CI-4	Vigente	4, CG-4 y CH-4. Algunos aceites CI-4 también pueden calificarse como CI-4 PLUS.
CH-4	Vigente	Se comenzó a utilizar en el año 1998. Para motores de alta velocidad 4T, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape del año 1998. Los aceites CH-4 están específicamente formulados para su uso con combustibles diesel con un contenido en azufre de hasta 0.5 % en peso. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-4 y CG-4.
CG-5	Obsoleto	Se comenzó a utilizar en 1995. Para motores de trabajo severo, alta velocidad y ciclos de cuatro tiempos que utilizan combustibles con menos de 0.5 % de azufre en peso. Los aceites CG-4 se requieren para motores que cumplen las normas de emisiones de gases de escape del año 1994. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE y CF-4.
CF-4	Obsoleto	Se comenzó a utilizar en el año 1990. Para motores de alta velocidad, con ciclos de cuatro tiempos, aspiración natural y turbocomprimidos. Puede utilizarse en lugar de aceites CD y CE.
CF-2	Obsoleto	Se comenzó a utilizar en el año 1994. Para motores de trabajo severo y ciclos de dos tiempos. Puede utilizarse en lugar de aceites CD-II.
CE	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de los motores diesel fabricados después del año 1994.
CD-II	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de los motores diesel fabricados después del año 1994.
CD	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de los motores diesel

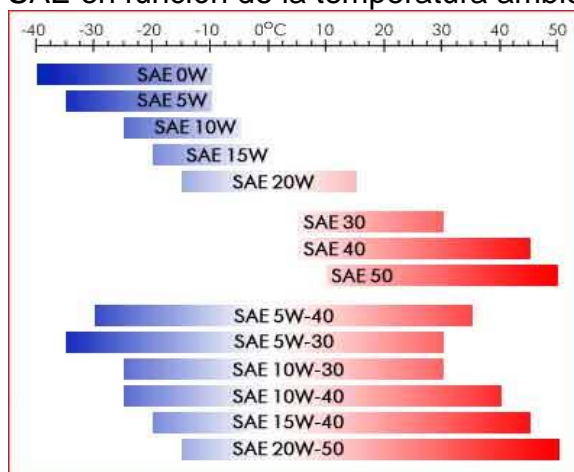
		fabricados después del año 1994.
CC	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de los motores diesel fabricados después del año 1990.
CB	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de los motores diesel fabricados después del año 1961.
CA	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de los motores diesel fabricados después del año 1959.

Fuente API publicaciones, el aceite para motor es importante

La clasificación API es una clasificación abierta. Esto significa que se van definiendo nuevos niveles de desempeño a medida que se requieren mejores lubricantes para los nuevos diseños de motores. En general, cuando se define un nuevo nivel el API designa como obsoletos algunos de los anteriores; cada nivel API tiene sus propios ensayos de evaluación para su aprobación, los cuales son desarrollados a través de la ASTM (American Society for Testing of Materials) Sociedad Americana para Ensayos de Materiales.

1.2 SAE. (Society of Automotive Engineers) Sociedad de Ingenieros Automotrices, también hace una clasificación de los lubricantes en base a su viscosidad, relacionándola con las temperaturas ambiente de operación en las cuales el producto puede fluir sin restricciones, formar y mantener una película lubricante efectiva; no hace una distinción sobre los componentes. Establece niveles con valores sobre la escala del 5; para operaciones en ambientes muy fríos adiciona la letra "W" (Winter) de esta forma establece lubricantes monogrado y multigrados, diferenciándose básicamente por el rango de temperatura de operación.

Figura 1. Grado SAE en función de la temperatura ambiente de operación



Fuente www.kawaner6s.es

Adicional a las entidades ya mencionadas, existen otras organizaciones que también han desarrollado sus propios sistemas de clasificación de lubricantes. Vale la pena mencionar la ACEA.

1.2.1 ACEA. Asociación de constructores europeos de automóviles cuyos miembros son todos los fabricantes de vehículos de Europa. Está basada en las características de funcionamiento de los motores de acuerdo al tipo de servicio que deben prestar; incluye nuevos ensayos y pruebas, otras son iguales a las planteadas por el API. Esta clasificación divide los lubricantes en varias series específicas para cada motor, identificadas por una letra seguida de un número del 1 al 5 que indica en orden creciente el nivel de calidad del aceite dentro de la serie; a continuación se coloca el año en que se publicó la norma. Cuanto más alto es el número y más reciente es el año, mayor calidad tiene el aceite.

Tabla 3. Clasificación ACEA para lubricantes de motores a gasolina

Serie "A" para motores de gasolina			
Nivel acea	Año de revisión	Características	Aplicaciones

A1	2.002	Calidad estándar superior a A2. Aceites economizadores de combustible. Baja viscosidad (0W30, 5W30...)	Principalmente orientados a utilitarios. Estos lubricantes pueden no ser aptos para algunos motores.
A2	1.996	Calidad estándar. Inferior a A1 Sin requisitos de ahorro de combustible.	En desuso.
A3	2.002	Nivel alto de calidad. Casi todos los sintéticos.	Vehículos de altas prestaciones.
A5	2.002	Nivel más alto de calidad y prestaciones. Aceites economizadores de combustible.	Para vehículos de altas prestaciones y largos periodos de cambio de aceite. Estos lubricantes pueden no se aptos para algunos vehículos.
Serie "B" para motores de gasolina			
Nivel acea	Año de revisión	Características	Aplicaciones
B1	2.002	Calidad estándar superior a B2. Aceites ahorradores de combustible.	Principalmente orientados a utilitarios. Estos lubricantes pueden no ser aptos para algunos motores.
B2	1.998	Calidad estándar. Inferior a B1 Sin requisitos de ahorro de combustible.	En desuso.
B3	1.998	Nivel alto de calidad. Deja fuera casi todos los minerales.	Vehículos Diesel de altas prestaciones.
B4	2.002	Máxima calidad. Tendencia	Norma específica para motores de

		a sintéticos. Norma muy severa.	inyección directa. Apto también para motores en los que se exija una norma B3.
Serie “B” para motores de gasolina			
Nivel acea	Año de revisión	Características	Aplicaciones
B5	2.002	Nivel más alto de calidad y prestaciones. Aceites economizadores de combustible.	Para vehículos de altas prestaciones y largos períodos de cambio de aceite. Estos lubricantes pueden no ser aptos para algunos vehículos.

Fuente Clasificación de los lubricantes, cámara Argentina de lubricantes CAL

La norma ACEA “C” surge de la necesidad de cumplir con la norma EURO IV obligatoria desde enero de 2.006 que reduce los límites de emisión de sustancias contaminantes. La solución a la exigencia de esta norma en los automóviles diesel se encuentra en los filtros activos de partículas (FAP) ubicados en la línea de escape. Este filtro contribuye a reducir las emisiones de gases contaminantes emitidos por los motores gracias a su estructura porosa.

Los vehículos que incorporen cualquier dispositivo en su sistema de escape para cumplir con la norma EURO IV (gasolina o diesel) deberán utilizar un aceite de motor específico (norma C1, C2 o C3).

Tabla 4. Especificación ACEA para cumplimiento de EURO IV

Serie “C” para cumplimiento de EURO IV	
Fabricantes	Acea “C”
Ford	ACEA C1
Peugeot/Citroën	ACEA C2

Renault	ACEA C3
---------	---------

**Fuente Clasificación de los lubricantes, cámara Argentina de lubricantes
CAL**

Tabla 5. Clasificación ACEA para lubricantes de motores diesel

Serie "E" para motores diesel pesados			
Nivel acea	Año de revisión	Características	Aplicaciones
E1	2.002	Equivale a MB p227 (homologación de Mercedes Benz)	Indicado para motores antiguos.
Serie "E" para motores diesel pesados			
Nivel acea	Año de revisión	Características	Aplicaciones
E2		Test OM 364 ^a a nivel MB p228.1 y MACK T8, nivel mínimo de protección contra hollín.	
E3		Test OM 364 ^a al nivel MB p228.3.	
E4		Equivale a MBp228.5.	
E5		Aceites de última generación, con los que se consigue alargar los periodos de cambio de aceite, reducir los desgastes del motor y emitir menor cantidad de emisiones contaminantes	

**Fuente Clasificación de los lubricantes, cámara Argentina de lubricantes
CAL**

1.2.2 Otras Clasificaciones. Existen otras organizaciones que han definido sus propios sistemas de clasificación de lubricantes, como ILSAC comité internacional

para la normalización y aprobación de lubricantes, conformado por asociaciones de fabricantes de motores americanos y japoneses. Este sistema con un reconocimiento comercial menor a los sistemas anteriormente estudiados. También existen especificaciones establecidas por la industria militar estadounidense cuya identificación general es “MIL”

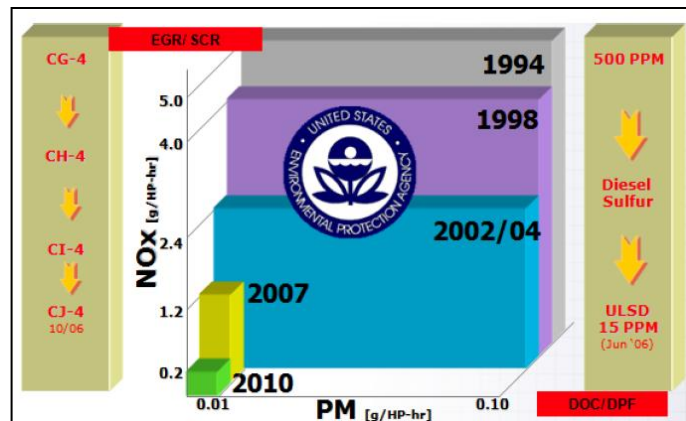
Independientemente del cumplimiento de las especificaciones estudiadas que como se menciono son de conocimiento global, fabricantes de motores y equipos establecen normas propias que deben cumplir los aceites utilizados en sus unidades, por ejemplo: general motors, ford, volkswagen, mercedes benz, bmw, porsche, volvo, scania, iveco, cumminis, fiat, john deere, caterpillar, peugeot, man, mack, etc. Indican no solo el tipo de servicio sino también, características y propiedades químicas y físicas del producto e inclusive periodos de servicio (tema de estudio más adelante)

En resumen el fabricante del equipo realiza unas recomendaciones sobre el lubricante a utilizar. Estas recomendaciones se basan en sistemas y clasificaciones establecidas por diferentes entidades a nivel mundial relacionadas en distintos niveles con los lubricantes. En las fichas técnicas de los productos se encuentra toda la información para determinar si este cumple con las exigencias y requerimientos; descripción del producto, aplicaciones, ventajas, desventajas, información técnica, especificaciones, aprobaciones y propiedades físico – químicas, figuran allí. Importante entender la diferencia de dos conceptos que suelen encontrarse en estos documentos: especificaciones y aprobaciones. Las especificaciones sugieren que el producto en cuestión se ha desarrollado siguiendo los parámetros establecidos por una entidad determinada, las aprobaciones son documentos emitidos por dicha entidad que certifican que efectivamente el producto cumple con las exigencias emitidas y por ende es aprobado para su aplicación. Estas aprobaciones tienen un costo y por tal razón

no todos los fabricantes de lubricantes cuentan con todas la aprobaciones del mercado.

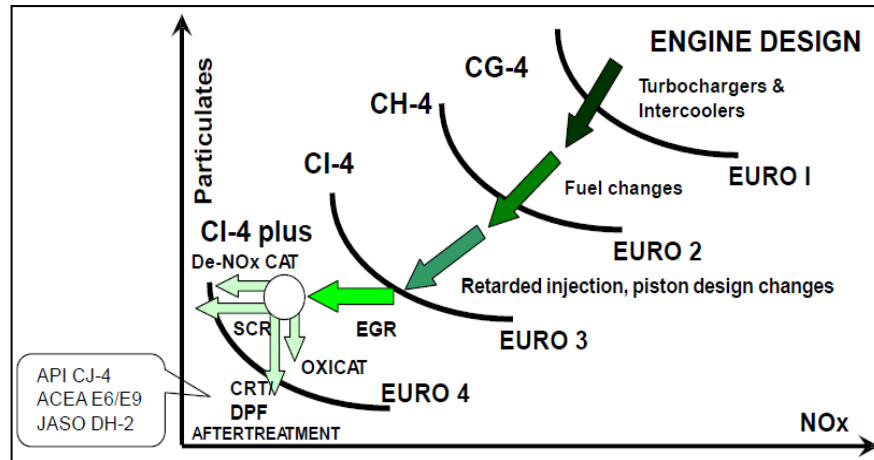
1.2.3 Evolución en los niveles de calidad de los aceites y normas ambientales. La evolución en los niveles de calidad del lubricante en cualquiera de los sistemas estudiados está directamente relacionada a las normas ambientales cuyos objetivos principales son el control de emisiones, reducción del consumo de combustibles e implementación de energías o combustibles alternativos; objetivos que han obligado a fabricantes de motores a desarrollar nuevos diseños que a su vez requieren de lubricantes con distintas especificaciones. Dentro de dichas normas ambientales se encuentran principalmente las que rigen el mercado europeo conocidas EURO y las normas establecidas por la agencia estadounidense para la protección del medio ambiente EPA.

Figura 2. Evolución nivel de calidad API respecto a normas EPA



Fuente Memorias 8° encuentro nacional de jefes de mantenimiento ANDI

Figura 3. Evolución nivel de calidad API respecto a normas EURO y diseño de los motores



Fuente Memorias 8º encuentro nacional de jefes de mantenimiento ANDI

Para el cumplimiento de estas normas los fabricantes de motores han modificado los diseños de sus motores e implementado mecanismos que cumplan con los objetivos y exigencias que estas normas establecen, tales como: SCR (reducción catalítica selectiva), SOF (fracción orgánica soluble), EGR (recirculación de gases de escape) DPF (filtro de partículas diesel) DOC (catalizador de oxidación diesel), entre los más comunes; en consecuencia los lubricantes también han tenido que modificar su formulación para atender estas nuevas exigencias, sin retroceder en su calidad y desempeño. De forma análoga sucedió con el combustible.

1.3 MOTORES A GAS

Los lubricantes para estos equipos no cuentan con una clasificación definida o bajo estándares internacionales, los criterios principales son establecidos individualmente por los fabricantes de equipo. También es necesario y muy importante conocer las condiciones operativas que sugieren este tipo de combustible y sus efectos sobre el lubricante. Los motores a gas presentan temperaturas de operación más elevadas lo que genera un efecto oxidativo mayor en el lubricante, que a su vez incrementara la viscosidad. La combustión del gas

produce óxidos nitrosos en mayor proporción y esto genera la nitración del lubricante. Al ser un combustible gaseoso su lubricidad es menor aunque esta condición evita los efectos de la dilución. La combustión por lo general es más completa y limpia, los residuos generados son menores por tanto la proporción de aditivos detergentes y dispersantes debe ser mínima. De acuerdo a estas características básicas los lubricantes para motores a gas deben tener un muy bajo contenido de cenizas sulfatadas (baja dispersacia y detergencia), a su vez su TBN. La viscosidad y nivel de calidad la establece el fabricante del equipo.

2. SELECCIÓN DE LUBRICANTES II

2.1. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES AUTOMOTRICES

Para estos equipos API cuenta con una clasificación específica va de la GL-1 a la GL-5 y la MT-1, cada una de las cuales se define para un tipo específico de engranajes y describe los requerimientos de desempeño

Tabla 6. Clasificación API para transmisiones automotrices manuales

Clasificación API: transmisiones automotrices		
Clasificación	Tipo de servicio	Características
GL-1	Engranajes cilíndricos y cónicos de dientes rectos y helicoidales con cargas ligeras y uniformes.	Transmisiones manuales operando bajo condiciones de bajas presiones y velocidades mínimas de deslizamiento, tan suaves que se puede usar satisfactoriamente aceite sin tratar. Se pueden utilizar inhibidores de la oxidación y la herrumbre, así como inhibidores de la fluidez. No se deben utilizar modificadores de fricción ni aditivos de presión extrema
GL-2	Engranajes, tornillos sin fin y corona que trabajan en condiciones severas de cargas	Ejes de engranajes de tornillo sinfín de tipo automotor que funcionan bajo condiciones de carga, temperatura y velocidades de deslizamiento tales, que los lubricantes que funcionan bien para el servicio API GL-1 no serán suficientes.
GL-3	Cajas de cambio y diferenciales con	Transmisiones manuales y ejes cónicos espirales operando bajo condiciones de

	engranajes cónicos bajo condiciones moderadamente severas.	velocidad y carga de suaves, moderadas y severas. Estas condiciones requieren un lubricante que tenga capacidades de transporte de cargas mayores que las que funcionan con APL GL-1, pero inferiores a los requerimientos de los lubricantes que sirven para el servicio API GL-4.
GL-4	Diferenciales con engranajes hipoidales en general.	Engranajes cónicos espirales e hipoides en los ejes automotrices que funcionan con velocidades y cargas moderadas. Estos aceites se pueden utilizar en transmisiones manuales y aplicaciones de transeje seleccionadas.
GL-5	Diferenciales con engranajes hipoidales sometidos a cargas variables.	Engranajes, especialmente los hipoidales, en los ejes automotrices bajo condiciones de altas y/o bajas velocidades y torque alto. Los lubricantes calificados bajo la especificación militar de los Estados Unidos MIL-L-2105D (anteriormente MIL-L-2015C), MIL-PRF-2105E y SAE J2360 cumplen con los requisitos de la designación de servicio API GL-5.
GL-6	Diferenciales hipoidales con grandes distancias entre ejes de la corona y del piñón. Obsoleta.	Engranajes diseñados con un descentramiento muy alto del piñón. Este tipo de diseños generalmente requiere una protección contra estriación (engranaje) superior a la provista por los aceites para engranajes API GL-5. El instrumental de pruebas original API GL-6 está obsoleto

Las categorías API GL-1, GL-2, GL-3 y GL-6 se declararon inactivas por el Comité Técnico 3 de la SAE en 1995

Fuente www.espanol.lubrizol.com/AutomotiveGearOil

Adicional a la clasificación del API e se deben tener claro otras normas y términos que se presentan en este campo, como son:

- Categoría API MT-1 designa a los lubricantes diseñados para las transmisiones manuales no sincronizadas que se usan en autobuses y camionetas para uso pesado. Los lubricantes que cumplen con API MT-1 brindan protección contra la combinación de degradación térmica, desgaste de los componentes y deterioro del sello de aceite, algo que no proporcionan los lubricantes que cumplen únicamente con los requisitos de API GL-4 y API GL-5.
- MIL-PRF-2105E. Estándar de aprobación militar de los Estados Unidos, esta especificación emitida en 1995 combina los requisitos de rendimiento de su predecesora (MIL-L-2105D) y de API MT-1; mantiene todos los requerimientos químicos y físicos existentes y agrega los requisitos estrictos de prueba de durabilidad térmica y de compatibilidad del sello.
- La norma SAE J2360 es un nuevo estándar de calidad global que define un nivel de rendimiento equivalente al definido por MIL-PRF-2105E, que no estaba disponible para los mezcladores de aceite en todo el mundo. Incluye todos los requisitos más recientes de pruebas del eje y la transmisión identificados en API GL-5, API MT-1 y MIL-PRF-2105E, incluyendo la necesidad de demostrar la prueba de rendimiento por medio de pruebas de campo rigurosas.

En relación a la especificación de la SAE, no se tienen grados de viscosidad definidos para estos componentes, sin embargo los más utilizados son 80W-90,

85W-140, 90, 140 y 250. El grado de viscosidad lo establece el fabricante del equipo de acuerdo al diseño y las condiciones de operación.

2.2. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS ATF

Las transmisiones automáticas son equipos de altas prestaciones que representan un gran desarrollo de ingeniería. De igual modo pasa con los lubricantes requeridos para estos equipos; deben actuar como fluidos hidráulicos transmitiendo potencia, lubricar partes de diferentes materiales como engranajes, rodamientos, bandas, embragues, válvulas y mantener la compatibilidad con cada uno de estos materiales, operar en un amplio rango de temperatura, ser resistente a la oxidación y evitar la formación de espuma, entre otros.

De las especificaciones para estos lubricantes se han encargado principalmente los fabricantes de vehículos Ford y GM con las especificaciones Mercon y Dexron respectivamente, como las más populares.

2.2.1. DEXRON. Especificación indicada por General Motors (GM) para sus cajas automáticas, presenta las siguientes divisiones:

- Dexron II: Mejora de la fórmula con un mejor control de la viscosidad e inhibidores de oxidación. Se puede utilizar en lugar de Dexron.
- Dexron IIE: Lubricante para cajas automáticas de GM para las transmisiones electrónicas.
- Dexron III: Reemplaza Dexron IIE, mejora control contra la oxidación y la corrosión.
- Dexron III H: Versión mejorada del Dexron III lanzado en 2003.
- Dexron III Saturno: Una especificación de un aceite ATF para GM Saturno.
- Dexron V: Lubricante para cajas automáticas a la venta desde el 2006 para GM Hydra Matic 6L80 de seis velocidades con tracción trasera.

- Dexron VI: reemplaza a Dexron III y II, vigente desde el 2006.

2.2.2. Ford. El fabricante Ford también generó sus propias especificaciones en relación a los lubricantes para transmisiones automotrices, así:

- Tipo F: Fue puesto a la venta por FORD en el año 1967. También es utilizado por Toyota.
- Tipo CJ: Es un aceite especial para cajas automáticas FORD C6 similar al DEXRON II. No se debe utilizar en las cajas automáticas que recomiendan lubricante ATF tipo F. Se puede utilizar en cambio MERCON V o MERCON.
- Tipo H: Es otra especificación FORD que se diferencia de DEXRON y Tipo F, se puede utilizar un aceite que cumpla MERCON o MERCON V.
- MERCON : Es una especificación que creó FORD en el año 1987 muy parecida a DEXRON II, se puede utilizar en todas las cajas automáticas anteriores de FORD salvo las que requieren un aceite de cajas automáticas tipo F. En el año 2007 la concesión de licencias de MERCON ATF por FORD termina entonces FORD aclara que todas las aplicaciones que requieren MERCON pueden utilizar en su lugar MERCON V.
- MERCON V : Reemplaza a MERCON es un aceite ATF que se puso a la venta en el año 1997 para la FORD Ranger, la FORD Explorer y el Aerostar, y en 1998 para Taurus - Sable, Continental y Windstar. Es la norma ATF actual de la mayoría de las cajas automáticas producidas por FORD.
- MERCON SP: para transmisiones Ford TorqShift solamente. NO utilice en las transmisiones que requieren Mercon o V

2.2.3. Otras especificaciones para lubricantes de transmisiones automáticas.

Se encuentran también especificaciones por parte de Chrysler (ATF+3 y ATF+4 o MS7176 y MS9602), Mitsubishi (SP-II, SP-III Y SP-IV), Toyota (WS). Los aceites

de tipo TD-2 y C-3 se emplean como fluidos para transmisiones de servicio pesado, aprobados por Caterpillar y Allison fabricante de transmisiones, respectivamente.

2.3. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA ACEITES INDUSTRIALES

Este tipo de aceites están formulados para desempeñarse en equipos industriales tales como reductores, compresores, sistemas hidráulicos, turbinas, herramientas neumáticas,... etc.

2.3.1. ISO. Para estos lubricantes las designaciones API y SAE ya no aplican, entra a clasificarlos principalmente la organización internacional para la estandarización ISO. Desde 1977 se ha adoptado internacionalmente para los aceites lubricantes industriales la clasificación de viscosidad dada por la norma ISO 3448-75. Esta clasificación define 18 grados de viscosidad en el intervalo 2 a 1.500 cSt (mm²/s). Cada grado se representa por un número entero que indica la viscosidad cinemática media del aceite a 40°C y sus límites se sitúan a un ± 10 % de este valor medio. Entre dos grados sucesivos hay una diferencia de aproximadamente el 50%

Figura 4. Clasificación de los lubricantes líquidos industriales en función de la viscosidad según norma ISO 3448

Grado de viscosidad ISO VG	Viscosidad cinemática media cSt @ 40°C	Límite inferior cSt @ 40°C	Límite superior cSt @ 40°C
2	2.2	1.98	2.42
3	3.2	2.88	3.52
5	4.6	4.14	5.06
7	6.8	6.12	7.48
10	10	9.00	11.00
15	15	13.50	16.50
22	22	19.80	24.20
32	32	28.80	35.20
46	46	41.40	50.60
68	68	61.20	74.80
100	100	90	110
150	150	135	165
220	220	198	242
320	320	288	352
460	460	414	506
680	680	612	748
1000	1000	900	1100
1500	1500	1350	1650
2200	2200	1980	2420
3200	3200	2880	3520

Fuente www.machinerylubrication.com/sp/grados_de_viscosidad_ISO

2.4. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA ENGRANAJES

Los engranajes son mecanismos de especial atención ya que pueden manejar diferentes condiciones de operación y su funcionamiento sugiere diferentes tipos de contacto entre las piezas por ende diferentes tipos de desgaste y diferentes tipos de modos de fallo; por ello es muy importante identificar todas las variables operativas. Establecer el tipo de engranaje dará un parámetro de la velocidad de operación, nivel y tipo de carga, condiciones que deben estar claramente definidas; el entorno operativo, si la operación se desarrolla a través de un sistema abierto o un sistema cerrado, temperatura, vibración e inclusive el material de los engranajes es de alta relevancia.

Estas condiciones definirán las características del lubricante en cuanto a su viscosidad (establecida por la ISO) y a su paquete de aditivos. En relación a este último en el mercado se distinguen lubricantes anti-desgaste “AW” (anti waste), con inhibidores de la oxidación y la corrosión “R&O” (rust and oxidation) y extrema presión “EP” (extreme pression) el cual se encuentra codificado en niveles que van del 2 al 8 encontrando mayores niveles de protección en escala ascendente. Esta última condición especificada por la asociación de fabricantes americanos de engranajes AGMA. También pueden encontrarse aceites compuestos “CP” que combinan aceite mineral con sebo animal que les proporcionan mejores características de adherencia.

2.4.1. Propiedades generales de los lubricantes para engranajes. En general los lubricantes para engranajes deben presentar las siguientes propiedades:

- Viscosidad Adecuada: Por tamaño, tipo y velocidad de los engranajes; cargas, temperatura, edad, ambiente y condición general del engranaje.
- Estabilidad química: Prevenir la oxidación por operación a altas temperaturas y contacto con aire

- Control de la corrosión: Capacidad para proteger las superficies ferrosas y no ferrosas de la corrosión
- Demulsibilidad: Reduce herrumbre y corrosión, mantiene las propiedades de los lubricantes y evita la formación de lodos

En la siguiente tabla se relacionan las condiciones operativas mencionadas con las propiedades anteriormente descritas, como factores principales de influencia en la selección de lubricantes:

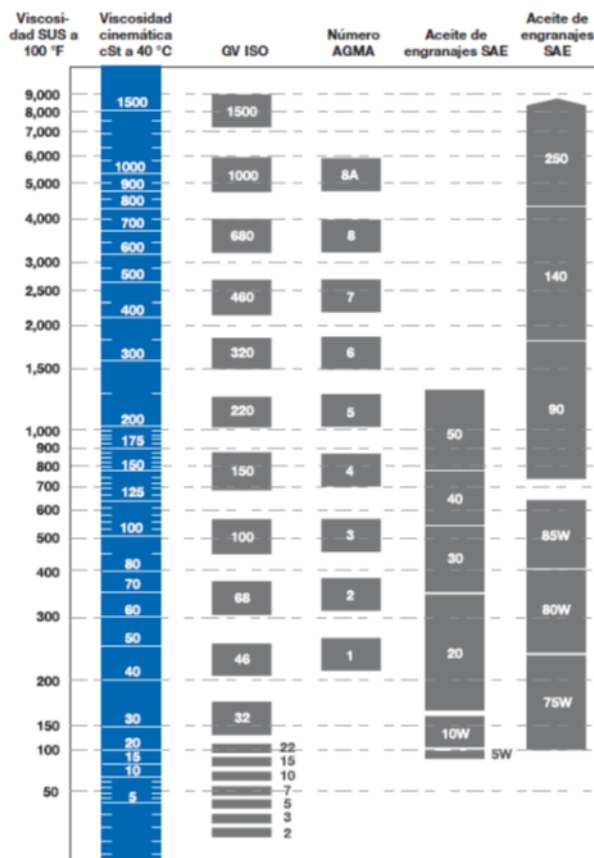
Tabla 7. Condiciones operativas que influyen en la selección del lubricante

Factor	Requerimiento
Tipo de engranaje - Recto y cónico - Helicoidal y cónico helicoidal - Hipoidal - Sinfín	Bajo deslizamiento, baja velocidad Deslizamiento moderado, carga de moderada a alta Deslizamiento alto, alta carga Excesivo deslizamiento, carga de moderada a alta
Velocidad	A mayor velocidad del engranaje, menor debe ser la viscosidad
Carga	Engranajes altamente cargados requieren el empleo de lubricantes con aditivos de extrema presión
Acabado de la superficie	Superficies más rugosas requieren aceites con mayor viscosidad, superficies más lisas pueden utilizar lubricantes con menor viscosidad
Potencia transmitida	Conforme incrementa la temperatura, debe aumentar la viscosidad
Materiales de fabricación	Algunos tipos de aditivos de extrema presión pueden atacar los metales amarillos, como el latón y el bronce, en especial a temperaturas superiores a 60°C

Temperatura de operación	de	La viscosidad del lubricante debe seleccionarse en base a las temperaturas mínimas de arranque y máximas de operación / ambiente
--------------------------	----	--

2.4.2. Equivalencia de grados de viscosidades. Los fabricantes de equipos pueden recomendar lubricantes bajo especificaciones SAE, ISO o AGMA; como se ha mencionado lo más aconsejable es ceñirse a esta recomendación, sin embargo existe una tabla de equivalencias para los grados de viscosidad entre las especificaciones en mención:

Figura 5. Comparaciones del grado de viscosidad de los lubricantes



Fuente Análisis Signum de aceite, Fundamentos de la supervisión del estado del aceite

2.4.3. Aceite o Grasa. Las grasas suelen encontrarse en aplicaciones con engranajes, principalmente en sistemas abiertos. Como se ha mencionado reiteradamente la recomendación del fabricante es el primer punto de atención, en segunda instancia el estudio y análisis anteriormente descrito permite determinar el tipo de lubricante requerido. La aplicación de grasas en estos componentes predomina en condiciones extremas de alta polución, temperaturas elevadas y presencia de agua, sin embargo depende también del sistema de lubricación con el que cuente el equipo. Más adelante se tratara el tema de grasas puntualizando este tipo de aplicaciones y condiciones operativas.

2.5. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA COMPRESORES

Los lubricantes para compresores deben presentar unas características muy especiales para soportar las condiciones que propone el funcionamiento de estos equipos, los cuales tienen por objeto aumentar la presión de un gas reduciendo mecánicamente el volumen ocupado por esta masa; el método con el cual se obtiene ese aumento de presión varía de acuerdo con el tipo de compresor empleado y el fluido comprimido. El desarrollo de esta actividad presenta principalmente condiciones extremas de presión y temperatura.

De acuerdo a lo anterior el primer paso para seleccionar un lubricante es establecer el tipo de compresor y el fluido a comprimir, de allí se obtendrán con mayor precisión las condiciones operativas del equipo y por ende el lubricante más adecuado. Adicional a los efectos de presión y temperatura deben ser consideradas otras variables como velocidades de giro de los mecanismos, miscibilidad o compatibilidad del lubricante con el fluido comprimido si llegasen a estar en contacto, presencia de humedad y contaminantes que el fluido comprimido pueda presentar.

2.5.1. Propiedades generales de los lubricantes para compresores. En general los lubricantes para compresores deben presentar muy buena resistencia a la oxidación y alta estabilidad térmica, inhibidores de corrosión, agentes demulsificantes, prevenir la acidez y la formación de depósitos y lodos, excelente protección contra la herrumbre y la corrosión buena filtrabilidad y control de la espuma. Debido a estas exigencias, los aceites elaborados con bases lubricantes sintéticas son los preferidos. Los más comunes son los elaborados a base de polialquilenglicol (PAG), ésteres (diésteres – DE - y polioléster - POE) y polialfaolefinas (PAO).

Tabla 8. Propiedades de los lubricantes sintéticos para compresores

Poli – Alquilen Glicol (PAG)	Polioléster	Poli-Alfa-Olefinas (PAO)
<ul style="list-style-type: none"> - Buenos solventes de lodos y depósitos - Se queman limpiamente sin dejar residuos al degradarse - Baja solubilidad con hidrocarburos líquidos - Buena estabilidad hidrolítica - Pobre compatibilidad con aceites minerales 	<ul style="list-style-type: none"> - Excelentes para disolver lodos y depósitos (detergencia y solvencia) - Compatibles con aceites minerales - Absorben la humedad del aire - Inestable hidrolíticamente en altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> - Los mas similares a los minerales (compatibles) - Compatibles con sellos, empaques y materiales - Excelente estabilidad hidrolítica - Baja solubilidad al agua y baja absorción de humedad

- Absorben el agua		
--------------------	--	--

En relación a la viscosidad se encuentran en grados ISO que van desde el 22 al 150 comúnmente para estas aplicaciones. La norma DIN 51506V es la encargada de especificar y clasificar los aceites para estos equipos.

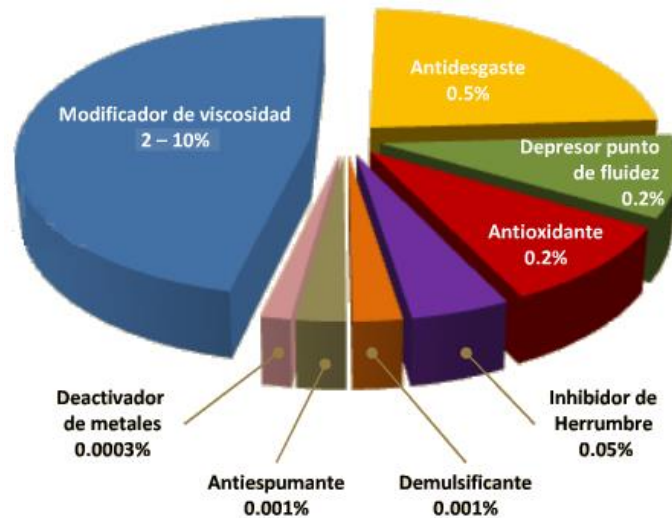
2.6. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

Los sistemas hidráulicos son muy usados en la industria para la transmisión y el control de potencia, la selección y cuidado de los fluidos hidráulicos tendrá un importante efecto para el comportamiento y la vida de los componentes hidráulicos, así que uno o quizá el más importante de los componentes de estos sistemas es el fluido que contiene. Para desarrollar la función inicialmente citada un lubricante hidráulico debe tener características muy bien definidas de compresibilidad y fluidez a través de la viscosidad indicada, que permita a su vez lubricar las partes en movimiento, formar un sello efectivo y disipar el calor del sistema.

2.7. Propiedades generales de los lubricantes para sistemas hidráulicos.

En general estos lubricantes se formulan especialmente con aditivos anti-desgaste "AW" para la protección de las partes (anti-oxidantes y anti-herrumbre en menor proporción), mejoradores del índice de viscosidad "IV" los cuales permiten que el fluido mantenga su viscosidad ante variaciones o condiciones extremas de temperatura (estabilidad térmica), antiespumantes evitando la formación de espuma y demulsificantes reduciendo la contaminación con agua. Adicionalmente deben tener buenas propiedades de bombeabilidad, filtrabilidad y compatibilidad.

Figura 6. Formulación típica de un fluido hidráulico Antidesgaste “AW”



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

2.7.1. Requerimientos de los fluidos hidráulicos.

- Viscosidad adecuada
- Alto índice de viscosidad Protección contra el desgaste / lubricidad
- Estabilidad térmica / oxidativa
- Protección contra la corrosión
- Resistencia a la formación de espuma
- Rápida liberación del aire
- No compresible
- Buena demulsibilidad

2.7.2. Designación de aceites hidráulicos. Los lubricantes hidráulicos mantienen la clasificación ISO 3448 que define los grados de viscosidad. Sin embargo también se vale de la ISO 6743/4 que define 17 categorías de fluidos hidráulicos (Familia H) según su naturaleza, propiedades y aplicaciones

Figura 7. Norma ISO 6743/4. Clasificación de los fluidos hidráulicos (Familia H)

Siglas	Características Generales del Fluido
HH	Aceite mineral refinado por solvente, no inhibido (-10°C a 90°C)
HL	Aceite mineral refinado, inhibido contra la herrumbre y la oxidación (-10°C a 90 °C)
HM	Tipo HL con propiedades antidesgaste (-20°C a 90°C)
HR	Tipo HL con mejorador de índice de viscosidad (-35°C a 120°C)
HV	Tipo HM con mejorador de índice de viscosidad (-35°C a 120°C)
HG	Tipo HM con propiedades anti-atascamiento (stick-slip)
HS	Fluidos sintéticos con propiedades resistentes al fuego no específicas
HFAE	Emulsiones aceite en agua, resistentes al fuego, 20% máx. peso materiales combustibles
HFAS	Soluciones resistentes al fuego de un químico en agua, con 80% mín. de agua en peso
HFB	Emulsiones resistentes al fuego del tipo agua en aceite
HFC	Soluciones resistentes al fuego de agua-polímero, con 35% mín. de agua en peso
HFDR	Fluidos sintéticos resistentes al fuego a base de ésteres fosfatados
HFDS	Fluidos sintéticos resistentes al fuego a base de hidrocarburos clorinados
HFDT	Fluidos sintéticos resistentes al fuego consistentes en mezclas de HFDR y HFDS
HFDU	Fluidos sintéticos resistentes al fuego de otros tipos
HETG	Fluidos amigables con el medio ambiente originalmente aceites vegetales triglicéridos
HEPR	Fluidos sintéticos amigables con el medio ambiente a base de PAO y relacionados
HEPG	Fluidos sintéticos amigables con el medio ambiente a base de poliglicol
HEES	Fluidos sintéticos amigables con el medio ambiente a base de ésteres

Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

2.7.3. Otras especificaciones. Adicionalmente también se encuentran especificaciones propias de fabricantes de instrumentación hidráulica tales como: Denison, Vickers, Cincinnati Milacron, Rexroth, Thyssen, German Steel Industry, Commercial Hydraulics, entre otros.

2.8. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA RODAMIENTOS Y COJINETES

Los rodamientos se cuentan entre los elementos más importantes de cualquier maquinaria, pueden presentar diversas configuraciones pero su función coincide en que la transmisión de movimientos y cargas se realiza siempre a través de elementos rodantes dispuestos entre anillos o discos de rodadura. Para garantizar el óptimo funcionamiento de un rodamiento (sin desgaste o mínimo) es imprescindible mantener separadas las superficies de fricción con el lubricante adecuado; lo ideal es que éste llene el espacio libre del rodamiento recubriendo totalmente la jaula y los cuerpos rodantes. Si llegasen a entrar en contacto, las consecuencias pueden ser daños de diversa magnitud.

De forma similar a lo tratado en selección de lubricantes para engranajes, la selección del lubricante para rodamientos depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento (temperatura, velocidad y carga) que están asociadas al tipo de elemento, así como de la influencia del entorno. Para estas aplicaciones se tienen lubricantes fluidos o semi-fluidos como las grasas, esta especificación la realiza el fabricante del equipo que en el diseño mismo plantea el sistema de lubricación del mecanismo; primer parámetro para determinar el tipo de lubricante a aplicar. Normalmente, la lubricación con aceite se emplea en condiciones de altas temperaturas de operación lo cual puede estar asociado a velocidades o cargas igualmente altas, cuando es necesario evacuar del rodamiento el calor producido por la fricción o de origen externo, o cuando los componentes adyacentes (engranajes, etc.) están lubricados con aceite. Aceite o grasa deben cumplir con características y propiedades de viscosidad adecuada, resistencia a la oxidación, evaporación, prevención de la herrumbre y corrosión, y la aditivación necesaria que las condiciones operativas requieran.

Realizar la selección de un lubricante basado en las condiciones de operación no es tarea sencilla, adicionalmente se encuentran otras tareas adjuntas como son el cálculo de la cantidad de lubricante, frecuencias de re-lubricación y la cantidad en cada operación de adición de producto. Extensa teoría sobre el tema se encuentra en la web, libros y otros de fácil acceso

2.9. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA CADENAS Y CABLES.

Las cadenas son elementos que están compuestos por varias piezas, usadas para transmitir potencia en una amplia variedad de aplicaciones, lo que sugiere un rozamiento entre estas. Progresivamente se va engranando a un elemento dentado a través de un movimiento rotativo lo cual implica otro punto de contacto y otras características de desgaste. Están sometidas a condiciones de carga, tensión, en ocasiones velocidad o cargas de choque y por lo general se

encuentran en ambientes de alta polución. El lubricante para este elemento debe presentar una baja viscosidad para poder penetrar entre las pequeñas piezas y a la vez características de resistencia de cargas y presión para mantener la película (aditivos EP), antioxidantes y antiherrumbre para proteger las piezas de contaminantes externos. Puede utilizarse lubricantes líquidos en aplicaciones cuyo recorrido pasa a través de un baño de aceite, lubricantes semifluidos (grasas) acordes a las condiciones operativas y son muy utilizados lubricantes en aerosol.

3. PROGRAMA DE ANÁLISIS DE ACEITE

Esta es una de las herramientas más valiosas de mantenimiento predictivo – proactivo, que el ingeniero tiene a su disposición para lograr incrementar la confiabilidad de sus equipos y obtener grandes beneficios con relativa facilidad si cuenta con el conocimiento y la disciplina. Los diferentes análisis realizados periódicamente a los aceites de los equipos de una planta permiten evaluar el estado del aceite para su máximo aprovechamiento y el grado de desgaste de los diferentes mecanismos del equipo, el cual si es anormal permitirá tomar acciones correctivas y/o preventivas que eviten paradas no programadas o en caso contrario, operar bajo condiciones confiables haciendo más eficientes las rutinas de mantenimiento; finalmente los resultados reflejarán una reducción significativa de los costos de mantenimiento.

3.1. USOS Y BENEFICIOS PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Entre los beneficios más importantes se pueden citar los siguientes:

- Mayor tiempo productivo de los equipos. Un programa de mantención predictiva / proactiva permite reparaciones menores y más rápidas de subsanar que cuando el equipo se detiene por una falla imprevista; con esto se obtiene una mayor "disponibilidad" del equipo.
- Mayor vida útil de los equipos. El monitoreo de los equipos permite la oportuna reparación de un componente antes de que afecte al conjunto.
- Aprovechamiento máximo del lubricante e impacto ambiental. Con el uso del lubricante de acuerdo a su condición se obtiene el máximo periodo de servicio con intervalos de cambios extendidos y oportunos; esto a su vez contribuye a disminuir considerablemente el volumen de lubricante usado como un residuo contaminante de la operación.

- Menores costos asociados a mantenimiento. Optimización de la planeación y programación de las diferentes actividades de mantenimiento estableciendo frecuencias más precisas, reducción de horas - hombre y una planeación eficaz en consecución de los repuestos requeridos que a su vez impacta de manera muy positiva lo relacionado a inventario y almacenamiento de piezas.
- Programación de la producción: Permite cumplir con la producción o el transporte, ya que las detenciones son programadas.
- Reducción de fallas en operación: Reduce los gastos de costosas reparaciones y las implicaciones logísticas que estas representan, tales como: remolques, arriendo de equipos de reemplazo y aún la pérdida de la carga transportada o de la producción.
- Mejor servicio a clientes internos y externos: Mayor confiabilidad, mejor imagen.
- Balance costo – beneficio favorable: Los costos de los análisis son muy inferiores en relación a los beneficios obtenidos.

En resumen, el principal beneficio para la industria y de gran simpatía para la gerencia general será la "disminución de sus costos".

3.2. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Un programa eficiente de análisis de aceite implica el desarrollo de unas actividades seriales todas de vital importancia para el éxito, donde una falla en alguna de estas impacta negativamente los resultados perseguidos; se hace la analogía de este programa a una cadena donde la integridad y la fortaleza de cada eslabón son idénticas y generan un funcionamiento sincronizado. Dentro de estas actividades se pueden mencionar:

- Selección de equipos a incluir en el programa de monitoreo de acuerdo a su criticidad
- Procedimiento adecuado de toma de muestras (localización óptima del puerto de muestra, frecuencia adecuada, envío oportuno)
- Selección de las pruebas a realizar
- Interpretación de la información obtenida realizada por personal especializado
- Administración de la información y responsable del programa

3.2.1. Selección de equipos. La apropiada selección de la maquinaria puede considerarse uno de los elementos básicos para obtener un firme retorno de inversión de un programa de análisis de aceite; incluir todos los componentes lubricados puede distanciar este objetivo. Al intentar incluir todas las máquinas o la mayoría de ellas, se corre el riesgo de llegar al punto en que disminuyen los retornos sobre el costo y aumenta el esfuerzo requerido para lograr esta meta, además que el manejo de la información y las herramientas y recursos para obtenerlas lo tornan dispendioso. Existen varias metodologías y parámetros para seleccionar la maquinaria a incluir en el programa de análisis de aceite, pero sin duda la más utilizada es la criticidad de los equipos. Es importante entonces que el ingeniero de mantenimiento, pleno conocedor de la operación de sus equipos, soportado en el estudio de criticidad, realice una selección que le permita obtener la información suficiente para determinar el estado de sus equipos y hacerlo extensivo a la población no incluida.

Adicionalmente es necesario tener en cuenta algunos factores más, de carácter físico y logístico para la toma y envío de la muestra; por ejemplo: volumen del depósito o del lubricante que manejan los equipos, facilidad para tomar la muestra, ubicación del equipo para el envío oportuno de la muestra, entre otros.

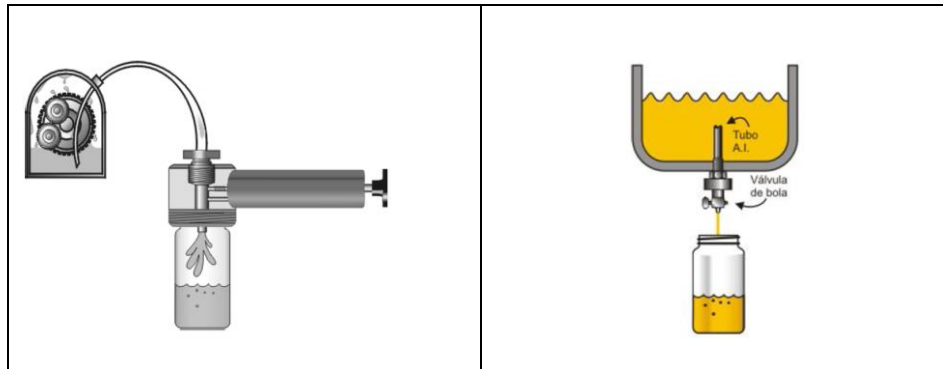
3.2.2. Procedimiento adecuado de toma de muestras. La toma de muestra es el aspecto más crítico del análisis de aceite. Si no se obtiene una muestra representativa, todos los esfuerzos subsecuentes del análisis de aceite serán anulados. A medida que los aceites circulan a través de los equipos actúan como "mensajeros" capturando trazas de metal producto del desgaste y otros contaminantes internos o externos, además de sufrir la degradación de los componentes producto de su operación al interior de los sistemas lubricados. Esta característica de los aceites de "informar", se suma a las funciones típicas del lubricante. Los objetivos principales para la obtención de una muestra representativa son:

- Maximizar la densidad de información. Obtener la mayor cantidad posible de información por mililitro de aceite.
- Minimizar la distorsión de información. La información debe ser uniforme, consistente; confiable. Es muy importante que la muestra no se contamine durante el proceso de muestreo.

Para lograr dichos objetivos es necesario contar con buenas técnicas y/o prácticas de muestreo.

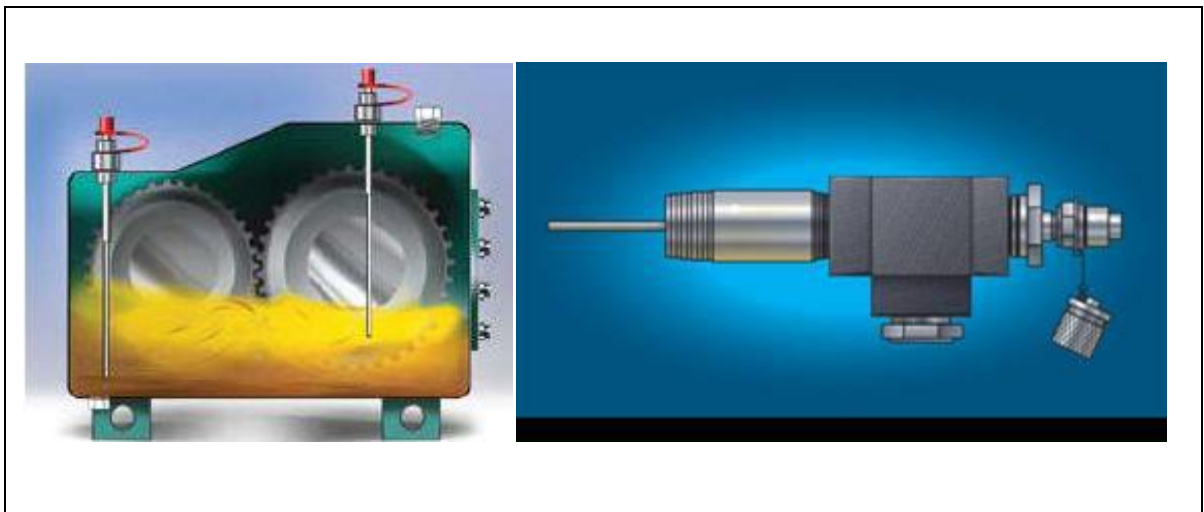
3.2.2.1. Buenas técnicas y/o prácticas de muestreo. Existen tres procedimientos principales para la extracción de la muestra: a través del carter, por medio de la bomba de vacío y el más adecuado a través de puertos de muestreo

Figura 8. Toma de muestras con bomba de vacío y por carter



Fuente: <http://noria.mx/lublearn/la-toma-de-muestra-es-la-clave-para-un-analisis-de-lubricante/>

Figura 9. Toma de muestra por puerto de muestreo



Fuente: http://www.machinerylubrication.com/sp/obteniendo_mejores_resultados_del_analisis_de_aceite.asp

Utilizando cualquiera de estas técnicas la muestra debe cumplir con las siguientes características:

- En caliente. La muestra debe ser tomada con el equipo en operación o recién apagado (tomando las medidas de seguridad correspondientes) procurando capturar condiciones reales.

- Volumen o cantidad indicada de la muestra. Permite el desarrollo de las todas las pruebas que hayan sido establecidas. El volumen debe superar la mitad del recipiente pero no debe llegar al tope para evitar derrames durante el transporte.
- Frecuencia de muestreo. De acuerdo a la criticidad del equipo y a los resultados obtenidos de los análisis iniciales se podrá determinar el número de muestras a tomar; como mínimo debe realizarse una durante el periodo de servicio del aceite procurando mantener el mismo periodo de muestreo
- Punto de muestreo. Para tener una adecuada trazabilidad de los resultados obtenidos es recomendable tomar la muestra del mismo punto; no debe ser tomada después de filtros.
- Limpieza. Los utensilios utilizados para la toma de muestras así como el área del equipo de donde se va a extraer la muestra debe ser limpiada. Accesorios como recipientes y mangueras no deben ser reutilizados. Los recipientes deben permanecer cerrados hasta el momento en que todo esté dispuesto para la recolección del lubricante y posteriormente sellados.
- Rotulación. Incluir en el rótulo de la muestra toda la información allí sugerida como: datos del equipo, fecha y periodos de servicio, tipo de lubricante.
- Envíos oportunos. Las muestras deben ser enviadas lo más pronto posible al laboratorio. Muestras almacenadas durante periodos superiores a las tres semanas restan confiabilidad a los resultados.

3.2.3. Selección de las pruebas a realizar. Otro de los importantes pasos a seguir dentro del desarrollo del programa de aceites usados es la selección adecuada de las pruebas que se van a realizar a las muestras tomadas, de las cuales se va a obtener la información para evaluar las condiciones operativas y tomar las medidas que tengan lugar. Es necesario entonces listar los tipos de lubricantes utilizados y las pruebas que amerite cada uno de ellos; dentro de las más comunes están:

- Viscosidad. Es la principal propiedad a medir en cualquier de lubricante ya que garantiza un funcionamiento regular del equipo minimizando la fricción, el desgaste y el recalentamiento. Se ve principalmente afectada por la temperatura y contaminantes. El análisis de la viscosidad de un aceite usado para motor se realiza a una temperatura de referencia de 100°C y para aceites hidráulicos a 40°C, la unidad de medida es el centiStok. La determinación de esta propiedad en el laboratorio se hace bajo los lineamientos establecidos por la norma ASTM D-445.
- Metales de desgaste. El análisis de metales permite identificar la presencia de aquellos elementos producto principalmente del desgaste que se pueda presentar en un componente; también de contaminantes externos. Para la determinación de cada uno de ellos se utiliza un espectrómetro de emisión de chispa que se rige bajo los lineamientos establecidos por la norma ASTM D-6595; dentro de los metales que se pueden identificar están: hierro, cromo, plomo, aluminio, cobre, silicio, estaño. En algunos casos también permite identificar aditivos metálicos propios de la formulación del lubricante, tales como: sodio, calcio, magnesio, zinc. De este modo se puede determinar el nivel de degradación de estos componentes.
- Espectroscopia FTIR. este análisis permite monitorear de forma rápida algunos parámetros del aceite como: oxidación, sulfatación, nitración, presencia de combustible, agua, glicol y contenido de hollín. Para la determinación de cada una de estos contaminantes se utiliza la norma ASTM E-2412.
- El TBN. Es una prueba que se utiliza para determinar las características de acidez o de alcalinidad de un lubricante. Esta prueba se rige bajo los lineamientos establecidos por la norma ASTM D-2896, el resultado de un TBN para aceites usados indica la tendencia de agotamiento de aditivos e identifica el inicio de oxidación del aceite base y la formación de productos corrosivos.

Es importante identificar pruebas específicas que pueden llegar a tener cierto tipo de lubricantes bajo condiciones especiales, por ejemplo: aceites hidráulicos – código de limpieza ISO4406, aceites térmicos - punto de inflamación (ASTM D092)

3.2.4. Interpretación de la información obtenida. Cuando regresan del laboratorio de pruebas los resultados de las muestras de aceite, se deben estudiar con mucho cuidado para determinar si se necesita efectuar alguna acción correctiva en el motor y realizar una adecuada y oportuna planeación de las actividades de mantenimiento subsecuentes. Muchas veces los resultados son normales para los periodos de operación registrados y las condiciones bajo las cuales trabajó el motor; así que después de tomar por lo menos tres muestras de aceite, se establecen las tendencias de los diferentes elementos de desgaste de un motor determinado y se puede identificar el riesgo de fallas cuando las tendencias difieren de la norma establecida.

Cuando revisamos los análisis de aceite de los equipos se deben tener en cuenta varios factores:

- El combustible utilizado: Si es diesel, puede ser un combustible "sucio", en motores de alta compresión, con problemas frecuentes con inyectores y bombas inyectoras, que pueden contar con sistema de post-tratamiento de gases.
Si es gasolina, se presume de un combustible relativamente limpio.
Si es GNC (Gas Natural Comprimido), es un combustible que tiende a ser limpio, pero genera problemas de nitración y oxidación en los aceites.
- Operación o actividad del equipo: Nivel de carga, rutas largas, paradas constantes, operación regular, operación en ralentí, rango de velocidades y revoluciones.

- Condiciones ambientales. Alta polución, entorno operativo, rangos de temperatura, condiciones de humedad.
- El tamaño del cárter (capacidad de aceite) relacionado al tamaño del motor.
- Vida operativa tanto del equipo como del lubricante. En este punto es muy importante tener en cuenta que la información consignada en el registro de la muestra debe ser real. Una alteración en esta influye directamente en la lectura del informe y las medidas que se puedan tomar.

3.2.4.1. Límites de evaluación y tendencias. La lectura de un reporte de laboratorio es una actividad netamente comparativa en la cual se toman los resultados arrojados de las pruebas realizadas a la muestra y un valor límite relacionado a la propiedad, elemento o característica que se esté evaluando. Estos valores límites también conocidos como “límites o valores condenatorios” los genera el fabricante del equipo especialmente para aquellos que corresponden a los metales de desgaste; para las propiedades físico – químicas del lubricante, el fabricante del producto es el que determina los rangos en los cuales este fluido puede llegar a cumplir sus funciones. Para una lectura y valoración acertada de las tendencias que van generando con los resultados obtenidos del muestreo constante y frecuente de un componente, es necesario que los valores condenatorios se mantengan fijos en todos los informes, por lo menos hasta no evidenciar después de un periodo considerable que no se presentan condiciones por fuera de los parámetros establecidos. Así, los límites también se pueden establecer a través de la experiencia y la práctica constante del muestreo; controlar las tendencias y fijar metas de reducción de dichos valores como indicadores de gestión del programa de análisis de aceites, es una práctica proactiva que generara excelentes resultados potencializando los beneficios descritos al inicio del capítulo. Adicionalmente, partiendo de este punto de evaluación por tendencias o comportamientos de las variables estudiadas en el tiempo, se da inicio al proceso de extensión de servicio; una vez se establezca una normalidad en las condiciones evaluadas en un periodo determinado de

operación, puede incrementarse dicho periodo estableciendo un nuevo punto base de evaluación.

3.2.4.2. Predecir la fuente contaminante. La interpretación de un reporte de laboratorio parte del procedimiento de lectura anteriormente descrito pero adiciona el conocer cuáles pueden ser las posibles causas o fuentes de las condiciones fuera de parámetros que puedan presentarse y de esta manera se obtienen los criterios para aplicar las medidas que se consideren necesarias. Por tal razón es de gran importancia conocer el funcionamiento del equipo, su entorno operativo y los componentes metálicos de los que están constituidas las diferentes partes de dicho equipo, para luego determinar a través del análisis de aceite usado los posibles elementos que podrían tener un desgaste acelerado, las fuentes de contaminación del lubricante, componentes en degradación o reducción de sus propiedades; ubicar la fuente que genera estas condiciones y tomar las debidas acciones correctivas

Figura 10. Posibles fuentes de metales de desgaste en un motor diesel

Componentes	Fe	Cu	Pb	Al	Si	Cr	Sn	Na	K
Rodamientos		X	X	X			X		
Bujes		X		X			X		
Árbol de levas	X								
Aditivo de refrigerante					X	X		X	X
Cigüeñal	X								
Paredes de los cilindros	X					X			
Válvula de escape	X					X			
Rodamientos sin fricción	X					X			
Materiales de juntas					X				
Cubierta	X			X					
Suciedad ingerida					X				
Bujes de la bomba de aceite				X					
Bombas de aceite	X			X					
Pistones	X			X					
Anillos	X					X			
Arandelas de empuje		X	X	X			X		
Engranajes de distribución	X								
Turbocompresor/Súpercompresor	X			X					
Guías de válvulas	X	X							
Tren de válvula	X								
Bujes del pasador del pistón		X	X	X			X		
Pasadores de pistón	X								
	Fe	Cu	Pb	Al	Si	Cr	Sn	Na	K

Fuente Reporte de laboratorio la flota

Tabla 9. Posibles causas de degradación del lubricante

Contaminante	Fuente
Silicio	Presencia de polvo en el aceite; filtro de aire en mal estado, filtrado inadecuado del aire de admisión; tuberías rotas o acoples y empaquetaduras en mal estado; equipo de muestreo sucio; motores abiertos en ambientes polvorientos.
Combustible	Mezcla inadecuada, alta presión de la bomba de combustible, filtro de aire obstruido, afinamiento defectuoso.
Agua	Fugas en el sistema de refrigeración; ventilación inadecuada del cárter; baja temperatura de operación del motor; mal estado del empaque de culata; contaminación externa
Hollín	El hollín es un hidrocarburo parcialmente quemado que resulta de

	una combustión incompleta. Fuentes: filtro de aceite no efectivo, baja presión de compresión, admisión de aire restringida, problemas de combustión debidos a turbocompresor defectuoso, tiempo inadecuado de la inyección, intervalo de cambio de aceite sobre-extendido
Oxidación	La oxidación puede presentarse por altas temperaturas del aceite, operación irregular del sistema de enfriamiento
TBN	La disminución puede presentarse por posible presencia de ácidos en el aceite por combustibles con altos contenidos de azufre. Presencia de agua o por un cambio sobre-extendido de aceite.
Viscosidad	La baja viscosidad puede presentarse por posibles causas asociadas a dilución por combustible, refrigerantes, mezcla con solventes, ruptura del polímero o adición de un aceite de menor viscosidad.
	La alta viscosidad puede presentarse por varias causas entre otras: Exceso Hollín, Polimerización del básico, Oxidación del aceite por catalizadores y altas temperaturas, Adición errónea de aceite de mayor viscosidad.

3.3. DURABILIDAD DEL LUBRICANTE

Aún bajo un estricto desarrollo de un programa de análisis de aceite usado e inclusive cumpliendo con un plan integral de lubricación, es de advertir que los lubricantes tienen una vida útil limitada. Las herramientas descritas ayudaran a llevarlo a su uso máximo pero llegara un punto de reducción incremental de sus propiedades y finalmente perderá la capacidad de cumplir sus funciones. Algunos factores con contribuyen a esta degradación, son:

- Aplicación incorrecta. Operación bajo condiciones de trabajo para las cuales no fueron diseñadas.
- Altas temperaturas de operación.
- Intervalos de cambio extendidos.
- Filtros defectuosos o de mala calidad.
- Mezcla y combustión inadecuada.
- Baja calidad en los combustibles.
- Condiciones ambiente – operativas hostiles.
- Contaminación con agentes externos e internos (combustible, hollín, agua, polvo, formación de lodos y barnices.
- Altas cargas.

3.4. ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y RESPONSABLE DEL PROGRAMA

Evidentemente la información que puede generarse de un programa de análisis de aceite es bastante amplia y de gran importancia, lo cual lleva a realizar una selección adecuada de los responsables del manejo del programa, ya que si bien debe estar liderado por el ingeniero de mantenimiento e inclusive se evidencia la necesidad de un ingeniero de lubricación que trabaje en total sincronía con el área mantenimiento, se requiere de personal externo de apoyo, especializado en el tema.

Es necesario establecer mediante una selección muy cuidadosa que entidad tiene la capacidad de atender todas las necesidades aquí planteadas, que no limiten su función a la recepción de muestras y emisión de resultados sin que ofrezcan un acompañamiento constante en las actividades posteriores al reporte generado del análisis de muestras.

Por lo general las compañías comercializadoras de lubricantes, ante volúmenes considerables ofrecen el servicio de acompañamiento post-venta en el cual incluyen el análisis de muestras. Ya se mencionó que no es el único valor requerido, sin embargo en este punto se evaluarán las condiciones o características que debe tener un laboratorio para el análisis de muestras de aceite usado, y en base a estas tener bases para determinar si esta entidad puede cumplir y satisfacer los requerimientos o sería necesario buscar un tercero dedicado con exclusividad a esta actividad

3.4.1. Criterios de selección de un laboratorio de análisis de aceite.

Asociarse con un laboratorio de análisis de aceite es una decisión estratégica que no debe estar limitada al factor económico; hay muchos aspectos del servicio que necesitan tomarse en consideración, por ejemplo:

- Tiempo de respuesta. Este es uno de los factores más críticos ya que en base a esta respuesta se van a tomar decisiones que en ocasiones podrán ser cruciales. El tiempo de respuesta para un análisis de rutina debe ser de 24 a 48 horas después de que a muestra se recibe en el laboratorio, por tanto un envío oportuno también influye en este punto.
- Notificaciones de alerta. Si se detecta una anomalía, el sistema debe incluir algún tipo de alerta más allá del servicio normal de entrega del reporte; un e-mail, mensaje a través de un dispositivo móvil, llamada telefónica. Medidas oportunas pueden evitar fallas catastróficas.
- Conocimiento de la industria objetivo. El laboratorio debe estar familiarizado con el sector industrial y los equipos de los cuales está analizando el lubricante, esto permitirá recomendaciones más acertadas.
- Efectividad de la interpretación. Partiendo del principio que el laboratorio debe manejar la parte conceptual combinada con la parte operativa, se espera que la interpretación que se haga apunte a las medidas a tomar sobre el equipo o el proceso y no a las cifras que el reporte pueda arrojar.

El diagnóstico puede no ser perfecto, pero debe brindar una guía o punto de partida para la solución de los problemas que se puedan evidenciar

- Legibilidad de los reportes. Información clara y visible sobre:
 - Condiciones “crítico”, “anormal” o “precaución”.
 - Identificación del componente y del equipo.
 - Información de la muestra.
 - Recomendaciones, si existe algún problema, qué acciones deben tomarse para solucionarlo.
 - Límites condenatorios.
 - Presentación gráfica de la información.
- Rango de pruebas. Un buen laboratorio tendrá la capacidad para proporcionar un amplio rango de pruebas. Algunas serán pruebas de rutina, pero deberá tener disponibles un número de pruebas adicionales para situaciones específicas.
- Métodos de prueba. Las pruebas que se realizan a los aceites usados se rigen por normas y procedimiento establecidos por ASTM e ISO, los cuales deben cumplir y acreditar el laboratorio seleccionado.
- Ubicación geográfica. Tener un laboratorio cerca o en una distancia accesible, es muy útil; cuando se tienen muestras cuyo análisis y resultados se requieren con urgencia, este factor contribuirá enormemente.
- Informes y seguimiento a objetivos. Presentación de informes periódicos en reuniones o comités de lubricación, en las cuales se exponga la gestión desarrollada durante un periodo determinado, detallando como se ha avanzado en el cumplimiento de las metas propuestas e identificando puntos de mejora.
- Precio. Es un factor que no se puede obviar aunque un buen análisis de aceite (en todo sentido) podría generar un ahorro muy significativo. Hasta donde sea posible, el mejor punto de foco para este asunto es la calidad de los servicios y en los beneficios esperados.

- Software de administración de la información. También un punto fundamental; la herramienta con la cual se dará un manejo eficiente a la información generada. Este software o programa debe tener las siguientes características:
 - Acceso sencillo pero limitado a usuarios específicos.
 - Fácil de manejar, presentando y accediendo a la información requerida de manera rápida y sencilla.
 - Permitir la creación de componentes de cualquier tipo y prestar opciones predeterminadas para el registro de la información correspondiente, con el fin de reducir la posibilidad de error en el momento de la creación.
 - Permitir el registro de muestras con la información necesaria al componente que corresponda.
 - Generar avisos a las personas vinculadas con el manejo, cuando se realicen modificaciones en el programa y sobre todo cuando los informes se encuentren disponibles.
 - Permitir la descarga de informes en diferentes formatos (pdf, Excel) y de varios componentes a la vez si es requerido.
 - Asistencia inmediata en el caso que suceda alguna eventualidad con el funcionamiento, o si se presentan dudas por parte del usuario durante su operación.
 - Permitir la modificación de la información registrada, en caso de ser necesario.

Ya que este es un programa integral no es suficiente contar servicios específicos así se cuenten con excelentes herramientas para desarrollar una actividad; es decir, contar con un laboratorio que genere los respectivos reportes a tiempo, utilizando los medios adecuados para tal fin, no lo es todo. Es necesario contar con un proveedor de servicios integral, que este totalmente vinculado con los objetivos que se han planteado desde el departamento de mantenimiento e

inclusive que aporte en el planteamiento de dichos objetivos y genere un acompañamiento en cada una de las fases que plantea este programa de análisis de aceite usado. Probablemente no vaya a ser una labor exclusiva del conjunto departamento de mantenimiento – proveedor de servicio, sino también será necesaria la vinculación de otras áreas o personas a quien el desarrollo del programa también cobijara; es necesario entonces:

- Fijar la importancia de un programa de administración de la lubricación en conjunto con todas las áreas y personas que corresponda
- Definir con claridad los objetivos del programa de administración de la lubricación, buscando metas ambiciosas
- Implementar las herramientas necesarias para alcanzar los objetivos del programa de administración de la lubricación.

Implementar un programa disciplinado de administración de la lubricación implica sólo una parte de un programa de mejora de confiabilidad de los equipos.

Actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo combinadas con buen planeamiento, programación y ejecución son también claves para lograr mejoras de mantenimiento.

4. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES

Una de las premisas en relación al manejo de lubricantes es “mantenerlo seco, limpio y fresco” y hace referencia justamente a las condiciones de almacenamiento, fase en la cual el producto está expuesto a la contaminación y a los efectos ambientales. Deben tomarse todas las precauciones necesarias para asegurar un apropiado manejo y almacenamiento desde que un lubricante es entregado al usuario hasta su aplicación.

El deterioro de un lubricante se puede presentar por diversas razones y deben ser evitadas tomando algunas precauciones simples para prevenir:

- Fugas de envases rotos o mal cerrados.
- Contaminación por polvo, partículas metálicas, humo y/o humedad.
- Degradación por contacto con temperaturas extremas (frío o calor).
- Prolongado tiempo de almacenamiento.
- Contaminación con otros lubricantes.
- Mezclas con lubricantes incompatibles.

El manejo de lubricantes incluye operaciones relacionadas con la recepción del lubricante, su traslado hasta el sitio de almacenamiento en planta y posteriormente su aplicación en los mecanismos que correspondan; el producto puede estar empacado o a granel.

4.1. RECEPCIÓN DE LUBRICANTES

Este proceso debe estar a cargo de una persona que esté familiarizada con los productos. Obviamente debe conocer la cantidad y las referencias de los productos que han sido solicitados, pero adicionalmente debe contar con una lista

de chequeo en la cual revise las condiciones en las cuales llega el producto para finalmente autorizar o no, su recepción. En este formato se debe registrar:

- Fecha y hora de recepción.
- Producto debida y claramente rotulado.
- Envases en perfectas condiciones.
- Sellos de seguridad en óptimas condiciones.
- Cero abolladuras, cero fugas.
- Envases nuevos, sin deterioro o vejez en la pintura o exterior.
- Cantidad y presentación (volumen) correctos en relación a la solicitud de pedido.

4.1.1. Descargue de productos. El medio más adecuado y más seguro es el montacargas ya que permite descargar y trasladar el producto sin riesgos para personas o envases desde una rampa o vehículo hasta su lugar de almacenamiento. Algunas opciones:

- En la mayoría de los camiones de entrega se cuenta con plataformas hidráulicas que permiten bajar los envases al nivel del piso.
- Uso de elevadores de polipasto para realizar el mismo trabajo.
- Empleo de rampas de madera o metal especiales para este fin teniendo los medios adecuados para fijarlos a la plataforma del camión.

Figura 11. Procedimiento de recepción y descargue de lubricantes



Fuente <http://prevencionenmmc.blogspot.com/>

4.1.2. Traslado para almacenamiento. Se hace por medio de montacargas utilizando pallets, estibas o una correa de amarre. También se pueden rodar los tambores en caso de trayectos breves cuidando no dañar la estructura del tambor.

Figura 12. Herramientas para el traslado de productos



Fuente <http://usm.com.co/manuvit/>

4.2. AREA DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento apropiado de los lubricantes y de los productos asociados requiere que estén protegidos de las fuentes de contaminación, de degradación causada por el frío o calor excesivo, humedad y que mantengan su identificación y sellos. Para ello, el área de almacenamiento debe contar con las siguientes características:

- Identificación visible
- Estar totalmente techada protegiendo el producto del sol y la lluvia
- El contorno puede estar cubierto totalmente, en este caso debe contar con un sistema de ventilación e iluminación
- Si el contorno es descubierto debe contar con un material (malla) que delimite o encierre el área. En este caso el techo debe tener la dimensión suficiente para cubrir y proteger el producto en todos sus flancos

Foto 1. Exterior almacén de lubricantes



Foto 2. Acceso a almacén de lubricantes



- La superficie del almacén debe ser sólida (placa de cemento) permitiendo la movilidad del producto. Requiere un acabado que facilite labores de aseo, se recomienda pintura epoxica.
- Alrededor del área se recomienda utilizar una rejilla para la recolección de producto en caso de derrame o para las actividades de aseo.
- La ubicación del almacén debe permitir el fácil acceso del producto en el momento de la recepción y también fácil despacho a los puntos de aplicación.
- El almacén de lubricantes debe ser un espacio exclusivo para estos productos.
- Tener con extintores e identificación de los riesgos con que las personas pueden encontrarse y las medidas e implementos de seguridad con que se debe contar.

Al interior del almacén y en relación a la organización del producto se recomienda lo siguiente:

- Áreas demarcadas por referencia de producto

Figura 13. Organización interna del almacén



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

- Productos visiblemente rotulados con sus características principales. La imagen ejemplifica una manera adecuada de rotulación

Figura 14. Modelo de rotulación



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

- La organización del producto debe ser tal que permita el principio de rotación de inventario “primeras entradas, primeras salidas”

Figura 15. Organización para control de inventarios



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

- El área y la organización deben permitir la movilidad de equipos y personas para la manipulación del producto
- El almacenamiento puede ser vertical u horizontal. Para el primer caso se utilizan estibas las cuales cuentan con un pequeño volumen de contención en caso de derrames. Para el segundo caso se utilizan estructuras (metálicas o en cemento) o estanterías, ubicando los tambores de manera tal que sus tapas o sellos queden en un eje horizontal

Figura 16. Estructura para almacenamiento horizontal



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

- Si el lubricante va a permanecer mucho tiempo almacenado es recomendable que los sellos de seguridad queden en la parte inferior, tal que el fluido ejerza presión sobre las tapas y produzca un hermetismo total evitando “sudoración” o condensación
- Al interior del almacén deben estar las fichas técnicas y hojas de seguridad de cada referencia de lubricante. Adicionalmente debe existir un procedimiento escrito para atención de derrames
- Contar con un kit para derrames y extintores

Figura 17. Elementos de seguridad



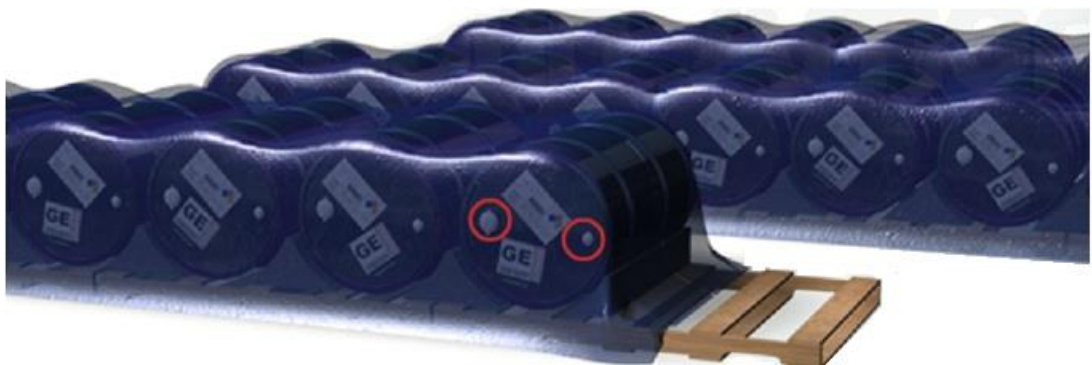
Fuente www.miconstruguia.com/derrames/

- Si el lubricante va a permanecer mucho tiempo almacenado es recomendable que los sellos de seguridad queden en la parte inferior, tal que el fluido ejerza presión sobre las tapas y produzca un hermetismo total evitando “sudoración” o condensación

4.2.1. Almacenamiento en exteriores. Cierta tipo de situaciones u operaciones manejan este tipo de almacenamiento que en lo posible de ser evitado pues el producto recibirá directamente los efectos climáticos acelerando su degradación o producir que los rótulos se borren generando confusiones cuando se realizan las aplicaciones. Sin embargo existen algunas condiciones básicas para este tipo de almacenaje:

- Los tambores se deben ubicar en lugares no inundables, nunca sobre el piso directamente.
- Colocar los tambores acostados siempre que sea posible, sobre una cuna de madera o metal cuidando que los dos tapones roscados estén en un eje horizontal, tal que el aceite cubra completamente la tapa y el tapón, generando una contrapresión que evita el ingreso de la humedad.
- No apilar más de dos tambores uno sobre otro.
- Mantener los tambores cubiertos, de ser posible techar el área de almacenamiento o cubrirla con una lona.

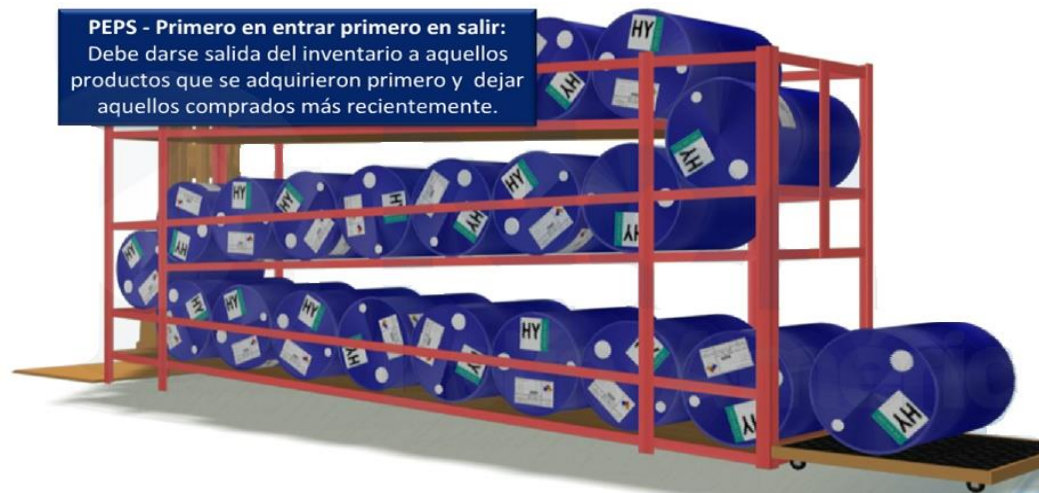
Figura 18. Almacenamiento en exteriores



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

- Organización que permita la ejecución de rotación de inventarios “primeras entradas, primeras salidas”

Figura 19. Organización para control de inventarios



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

4.3. DISTRIBUCIÓN

Esto se refiere al retiro y traslado de productos desde el almacenamiento del lubricante al punto de aplicación en la maquina. Esta actividad de aparente simpleza demanda de gran cuidado ya que es un punto crítico para la contaminación del lubricante, la razón, porque se realizan trasvases a recipientes de menor volumen los cuales no son adecuados o no se realiza bajo las mejores prácticas. Para ello lo siguientes

- Los elementos, utensilios o accesorios a emplearse en las actividades de distribución o trasvase, tales como bombas (neumáticas o manuales), recipientes menores, embudos, graseras,... etc. deben ser empleados por referencia de lubricante evitando utilizar el mismo elemento con distintas clase de lubricante.
- Deben estar debida y visiblemente rotulados para evitar confusiones que pueden generar mezclas de producto. Para tal fin es necesario implementar

una rotulación basada en un código de colores, el cual debe ser socializado y publicado en el área de mantenimiento.

Foto 3. Ejemplo de codificación de producto por colores



LUBRICANTES	DESCRIPCION	COLOR
ACEITE 15W40	ACEITE PARA MOTORES DIESEL	ROJO
ACEITE 20W50	ACEITE PARA MOTORES GASOLINA	MARROÑO
ACEITE 80W90	ACEITE PARA MOTORES (VALVULINA)	VERDE
SYNGEAR SAE 50	ACEITE SINTETICO PARA CAJA EATON	AMARILLO
REFRIGERANTE	REFRIGERANTE PARA MOTORES	AZUL

- Estos deben ser limpiados una vez se dejen de utilizar y organizados en un área exclusiva para su almacenaje, aislados de fuentes contaminantes

Figura 20. Almacenamiento de herramientas de suministro



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

4.3.1. Camión lubricador. En operaciones cuyos equipos se encuentran distantes del punto de almacenaje se hace necesario contar con un elemento

eficiente para el traslado del lubricante a los puntos de aplicación. El camión lubricador debe contar con las siguientes características:

- Selección del compresor. Contar con un mecanismo efectivo de distribución que considere la restricción que ofrecen los productos más viscosos y las longitudes de distribución.
- El área debe estar techada y encerrada.
- Herramienta segura y eficiente para el cargue y descargue de los productos
- Ya que el área es reducida, seleccionar acertadamente los productos requeridos de acuerdo a los equipos a atender.
- Estructura adecuada para la sujeción del producto.
- Mantener las condiciones de seguridad y comodidad para la persona encargada del manejo.
- Tener un fácil acceso a los productos y mecanismos de control de suministro.
- Equipo de seguridad necesario para la manipulación de este tipo de productos y eventualidades que puedan presentarse. Adicionalmente capacitar a la persona encargada.
- Producto y elementos de suministro debidamente rotulados.
- Recipiente para la recolección de aceite usado en campo.

Foto 4. Camión lubricador



4.4. RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE ACEITE USADO

Una vez que se ha determinado que el aceite en uso no puede seguir en operación, o cuando se debe reemplazar por la programación de cambios establecida, el lubricante se retira de los equipos y debe ser almacenado debidamente a la espera de una entidad certificada capaz de encargarse debidamente del destino final de este producto. Aunque el aceite usado es un residuo de la operación, este puede ser útil en otras aplicaciones o procesos de recuperación. Como un producto derivado del petróleo al cual se le incluyen aditivos químicos y sufre una degradación y contaminación durante su operación, se convierte en una sustancia peligrosa la cual debe tener un manejo adecuado.

Lamentablemente, en nuestro país no existe una legislación formal y exigente en cuanto al manejo que se le debe dar a este subproducto. Existe el decreto 1609 que trata en esencia el transporte de este tipo de sustancias, por otro lado hay acuerdos entre entidades involucradas en el tema y otro tipo de estudios, que finalmente no formalizan o definen una normatividad aplicable. Sin embargo se han establecido condiciones y características para el acopio de este producto, mientras una entidad competente se encarga de su adecuada disposición; estas son:

- Tener un centro de acopio exclusivamente para aceites usados. Mantener el área ordenada, libre de otros elementos generales o residuales.
- El área debe ser techada y los recipientes de acopio deben encontrarse sobre una superficie sólida y firme que permita un fácil acceso y actividades periódicas de limpieza.
- Realizar el acopio por productos, es decir no mezclar diferentes tipos lubricantes ya que esto dificulta enormemente la tarea de reutilización de estos.

- Jamás debe almacenarse o dejarse residuos de lubricante cerca de fuentes de agua.
- El recipiente de acopio se debe encontrar dentro un dique el cual tendrán un volumen mínimo del 110% de la capacidad de almacenamiento del recipiente.
- Identificar claramente el área, los riesgos a los cuales se pueden enfrentar las personas en este espacio y las normas o elementos de seguridad que se deben portar.
- Contar con los procedimientos y herramientas en caso de derrame, y números de contacto de entidades competentes en caso de una emergencia.

Foto 5. Acopio de aceite usado



4.5. AUDITORIA Y ASPECTOS GENERALES

La organización del almacén depende en gran medida del consumo de lubricante que la operación tenga, de allí es necesario realizar una adecuada planeación del

inventario a tener. Esto definirá aspectos como las dimensiones e infraestructura del área de almacenamiento y la presentación del producto de acuerdo a su volumen.

Todas las actividades desarrolladas que se describieron en este capítulo deben contar con su correspondiente procedimiento escrito de acceso y conocimiento al área de mantenimiento, y registro y soporte para el programa tanto de lubricación como de calidad. Esto asegura y mantiene las buenas prácticas, garantiza consistencia y buenos resultados

La manipulación del lubricante como una sustancia cuya composición puede generar riesgos para la salud y el medio ambiente, debe realizarse bajo todas las normas de seguridad necesarias, las cuales deben estar claramente descritas. Contar con las instalaciones y herramientas para su manipulación adecuada o aquellas necesarias en caso de una emergencia

Los espacios físicos descritos en este capítulo, las herramientas utilizadas y las personas involucradas deben estar enmarcados por un esquema de limpieza y orden. Para ello es necesario programar actividades periódicas de orden y aseo, y en general, auditorías que evalúen el estado del área y permitan identificar puntos de mejora. Un modelo de auditoría de manejo y almacenamiento de lubricantes se describe el en anexo A.

4.6. APLICACIÓN DE LUBRICANTES

Existen diferentes sistemas de aplicación que dependen de la velocidad, carga, temperatura, eficiencia, etc. pero principalmente de las condiciones de diseño del fabricante del equipo. Los principales sistemas de aplicación son:

- Sistemas de circulación

- Aplicación manual
- Aplicación por medio de un dispositivo

Cada uno de estos sistemas tiene sus herramientas o mecanismos propios de distribución del lubricante a los puntos de aplicación.

En ocasiones los sistemas de lubricación utilizados en determinados equipo no resultan efectivos para la función establecida generando problemas de lubricación. En estos casos la deficiencia es de origen mecánico o de diseño y no se podrá suplir con la implementación de nuevos lubricantes o productos de mejor desempeño, aumento de volumen o mayores frecuencias de lubricación; solamente con la modificación del diseño de suministro. Las frecuencias y volúmenes de lubricación se establecerán en la fase de planeación del programa en el desarrollo de las cartas de lubricación temas a tratar en la siguiente sección; sin embargo, es de advertir que una excesiva lubricación puede llegar a ser tan dañina con una lubricación escasa.

Ya se menciono sobre el cuidado y limpieza de los utensilios para el suministro de lubricante a los puntos de aplicación. La aplicación en el equipo debe conservar esa característica de limpieza minimizando la contaminación. El área de lubricación siempre tiende a asociarse con un espacio sucio y desordenado; una de las premisas que se ha visto principalmente en el desarrollo de este capítulo es que, por el contrario todo lo relacionado a la lubricación debe encontrarse en un marco de limpieza y orden máximos. Esto aportara enormemente a la preservación y duración tanto del aceite como de los componentes.

5. ADMINISTRACION DEL PROGRAMA

Además de los procedimientos descritos en los capítulos anteriores, encaminados a incrementar la confiabilidad de equipos tomando como base un programa de lubricación, existen unas actividades complementarias de no menor importancia, requeridas para consolidar el proyecto y alcanzar las metas propuestas. Todas las actividades físicas que se desarrollen deben partir de una planeación adecuada y unos objetivos claros para todos los involucrados en el proceso. La gestión de planeación debe ser cuidadosa, repasarse constantemente buscando puntos de mejora y contemplar todos los aspectos que puedan influir en la implementación y desarrollo del plan. Dentro de estas actividades faltan por describir algunas que se han encasillado como esta fase de planeación, de gestión de administración, de organización del programa y de visualizar de manera global que otras áreas influyen y requieren un estudio para obtener los resultados esperados

5.1. RESPONSABLE DEL PROGRAMA

Un programa de lubricación representa el desarrollo de varias tareas que involucra diferentes personas, pero cuya dirección y regulación deben dirigidas y a cargo de un responsable. El volumen de tareas, sobre todo en la fase inicial debería ser de preferencia por una persona encargada exclusivamente del tema y no sumarle estas responsabilidades al ingeniero de mantenimiento. En cualquier caso dicha persona debe contar con un conocimiento de lubricantes y tener cualidades e iniciativas como:

- Liderazgo. La lubricación debe ser una prioridad para los gerentes de mantenimiento. Muchas compañías ven a la lubricación sobre una base de precios y buscan formas de minimizar estos costos. Desafortunadamente, cuando esto ocurre se corre el riesgo de pasar por alto el retorno real que puede resultar de optimizar su programa de lubricación (mayor confiabilidad

de equipos y menores costos de mantenimiento). Es necesario nominar un líder del programa, alguien que asuma la responsabilidad y el control sobre el mismo, planee mejoras continuas y mida su progreso regularmente. Un buen programa requiere dedicación, constancia y responsabilidad.

- Trabajo en equipo y comunicación. Un programa de lubricación debe tener un equipo que trabaje y se comunique con todos los miembros de la compañía: producción, operaciones, mantenimiento, compras, planeamiento e ingeniería. El líder del programa es clave para mantener la comunicación y el foco del equipo. Muchos procesos llenos de buenos recursos y buenas intenciones, aun con excelente tecnología, fallan por mala definición de las comunicaciones. Es importante definir que se comunica, cómo y cuándo se comunica y a quienes se comunica.
- Procedimientos operativos. Como otras disciplinas (operar o reparar máquinas), establecer procedimientos ayuda a garantizar consistencia y calidad del trabajo. También, los procedimientos asisten en el entrenamiento de lubricadores y les permiten chequear y comunicar la condición de los equipos.
- Sistemas de programación, planeamiento y rastreo de la lubricación. Para manipular la cantidad de datos disponibles (aún en una planta pequeña), debe emplearse un sistema computarizado efectivo. Sin la ayuda de un sistema computarizado pueden perderse importantes tendencias de los equipos y/o la documentación del programa.
- Entrenamiento. Para mejorar continuamente, tanto el líder del programa como los lubricadores deben aprender continuamente las mejores prácticas de lubricación, así como aprender nuevas técnicas en sus respectivas disciplinas.

5.2. DEFINIR OBJETIVOS E INDICADORES

Indispensable en el desarrollo de cualquier proyecto, más aún cuando el programa de lubricación involucra y exige la participación varias personas en diferentes niveles de la compañía, innovando el área de mantenimiento y aportando a la confiabilidad y ahorro desde otra perspectiva probablemente relegada; es la planeación de objetivos claros, ambiciosos y retadores, y ajustados a las capacidades de cumplimiento que se puedan tener, y a la vez herramientas que permitan visualizar que se esté dando un cumplimiento, que las actividades desarrolladas efectivamente estén encaminadas a los objetivos propuestos y los esfuerzos realizados no se estén malogrando e identificar puntos en los cuales se requiere fortalecer la gestión en desarrollo.

Un proyecto, una iniciativa en una compañía requiere en gran o en pequeña medida no solo de la aprobación sino del acompañamiento de la alta gerencia, y es claro que la aceptación va a estar ligada al beneficio económico que el desarrollo de dicha propuesta pueda ofrecer; luego el primer objetivo general será:

- Generar un ahorro económico a la compañía

Ya que un plan de lubricación se ejecuta desde el área de mantenimiento, el siguiente objetivo general será lograr un beneficio a los indicadores de gestión del área:

- Incrementar la confiabilidad de equipos

Objetivos e indicadores van de la mano. Se deben contar con indicadores que puedan medir que la gestión realizada encaminada al cumplimiento de un objetivo específico, este siendo efectiva. De esta manera se deben crear objetivos específicos con indicadores de medición relativos a estos, por ejemplo:

- Objetivo: Reducir fallas relacionadas con lubricantes
- Indicador: Número de fallas ocasionadas por lubricación.

Para este indicador es necesario integrar indicadores de gestión del mantenimiento preventivo como “número de fallas”, teniendo en cuenta que debe haber una evaluación y registro del origen de la falla (análisis causa raíz) y así determinar que la falla se derive del sistema de lubricante.

Realizar una evaluación inicial y conocer el desempeño del pasado, permite establecer un punto de partida y fijar las metas y objetivos tangibles. Los siguientes indicadores pueden ser útiles para rastrear y cuantificar el progreso y la efectividad de las estrategias que se plantearon para el cumplimiento de las metas propuestas

- Costos totales de mantenimiento y porcentaje gastado en lubricación
- Porcentaje de mantenimiento programado y no programado en los equipos
- Porcentaje de horas extra de mantenimiento
- Tiempo de retraso por disponibilidad de lubricante
- Consumo de lubricante
- Incidentes de seguridad asociados a lubricación
- Volumen de lubricante usado

Definido los objetivos del programa de administración de la lubricación, debe asegurarse que se cuentan con las herramientas adecuadas para alcanzar dichos objetivos

5.3. PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES DE LUBRICACIÓN

Usualmente cada tarea de lubricación debe tener una orden de trabajo asociada a ella. Entre las tareas se incluyen engrasar rodamientos, cambiar aceite, cambiar filtros, sustituir respiradores, rellenar depósitos, inspeccionar y tomar muestras, entre otras. Debido a la cantidad de tareas involucradas, es dispendioso sugerir que se cree una orden de trabajo para cada una de las actividades, además que la información se hace inmanejable. Un plan de lubricación establece dos alternativas iniciales para simplificar esta situación, una forma es crear rutas de lubricación, una suma de tareas de lubricación basadas en una frecuencia, área o tarea común. La otra es combinar la lubricación con otras actividades de mantenimiento basadas en tiempo en mantenimientos preventivos para una máquina específica, grupo de máquinas o área de la planta. Sin embargo, estas alternativas no son tan “perfectas” ya que un programa de lubricación busca extender periodos, por tanto las frecuencias de lubricación son muy dinámicas y difíciles de que coincidan en varios equipos lo que ha modificado el concepto a rutas dinámicas o “sobre-demanda”; es decir, cada vez que el sistema genera órdenes de trabajo, debe tener la capacidad de agrupar un listado de máquinas y tareas que coinciden con el criterio de la ruta de lubricación (pendientes, misma tarea, misma área, etc.) sobre demanda.

Adicional a estos conceptos, las actividades de mantenimiento deben:

- Contar con procedimientos o instrucciones de trabajo que incluyan suficiente detalle para evitar caer en procedimientos improvisados o bajo criterios del ejecutante.
- Contar con las herramientas adecuadas para el desarrollo de las actividades.
- Actividades periódicas de supervisión, como el control de fugas por medio de listas de chequeo.

- Llevar registros escritos de las tareas de lubricación indicando comentarios relevantes.
- Controlar los parámetros de operación del lubricante.
- Comunicar en forma inmediata cualquier anomalía observada en relación al lubricante.
- Es recomendable rotular los puntos de aplicación de aceite con la referencia del producto o utilizando el código de colores establecido para evitar mezclas.

5.4. CONSOLIDACIÓN DE LUBRICANTES

Se estudio lo referente a la selección adecuada de lubricantes, parte fundamental en cualquier área de mantenimiento de cualquier industria, ya que influye directamente la confiabilidad de equipos; el principal objetivo perseguido. Un paso posterior al proceso de selección bajo criterios técnicos, es lograr consolidar los productos que son efectivamente requeridos para la operación, los cuales entran a influir en el área económica ya que de allí se deriva lo relacionado a volúmenes de compra; materia de gran interés para lograr captar el apoyo de la alta gerencia.

Consolidación no significa minimizar o maximizar cantidad de producto, consiste en optimizar el número y marcas de lubricantes utilizados. Las ventajas de este procedimiento de optimización son muchas entre ellas

- Reducir los niveles de inventario requerido.
- Reducir la posibilidad de problemas de disponibilidad.
- Menos órdenes de compra.
- Menor probabilidad de una aplicación errónea.
- Puede haber una reducción en el número de referencias, eliminando referencias innecesarias.

- Puede haber una reducción en el volumen de compra, lo cual implica una reducción de costos.

5.4.1. Cartas de lubricación. Para poder optimizar la lista de lubricantes se debe contar con la información del tipo de producto utilizado en cada componente, a través de una base de datos en la cual figuren las especificaciones del lubricante y los datos técnicos principales del equipo lubricado. Si la planta no cuenta con esto, de deberá llevar a cabo la evaluación completa de los lubricantes y componentes como paso número uno de este proceso de consolidación; este paso es la elaboración de las cartas de lubricación. La información consignada debe ser completa y bajo especificaciones técnicas, en vez de mencionar una marca o recomendar el uso de un fabricante específico y su producto en particular.

Con la información técnica veraz y consolidada viene un paso mucho más sencillo y es listar los equipos que utilizan una misma especificación de lubricante sumando los volúmenes que utilizan. La única ocasión en la que se puede desviar este procedimiento, es cuando un producto seleccionado no cuente con una aprobación del fabricante de equipo original y pueda derivar en problemas con la garantía. Recordando el tema de selección de lubricantes, si no se conoce el producto aplicado o la especificación del fabricante, inicia un proceso de estudio de las condiciones operativas del equipo, inclusive pueden presentarse máquinas similares de diferentes fabricantes que tengan diferentes especificaciones de lubricantes; allí el criterio del ingeniero de lubricación definiría el producto basado en el análisis de condiciones operativas. Sin embargo, para optimizar verdaderamente el número de lubricantes utilizados sin poner en riesgo la calidad, es importante contar con un claro entendimiento del proceso para definir o revisar las especificaciones de lubricantes de sus máquinas y de lubricación en general.

El desarrollo de las cartas de lubricación puede parecer un proceso complejo y dispendioso pero es el medio más efectivo para consolidar los lubricantes, además

de ser una información necesaria para la el área de mantenimiento. El paso final, luego de obtener los volúmenes esta en definir las frecuencias de lubricación para calcular volumen de compra e inventarios. Cabe señalar que el manejo de esta información debe realizarse a través de un sistema de administración de información y debe mantenerse actualizado.

5.5. SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y PROCESO DE COMPRA

Como se alcanzo a mencionar en el capítulo de programa de análisis de aceites usados tratando el tema de la selección del laboratorio, el proveedor más que una entidad abastecedora de producto debe ser un aliado estratégico para la compañía y con más ahínco en un programa estructurado de lubricación cuyo manejo se ha evidenciado requiere de personal especializado. Por tal razón los criterios de compra de lubricante no pueden limitarse a precio, disponibilidad y/o tiempo de entrega. Un proveedor debe contar con un portafolio de oportunidades, de productos y servicios, que satisfagan todas las necesidades que manifieste el cliente y a la vez que cumplan las expectativas de costos manteniendo el abastecimiento de producto puntual y oportuno.

5.5.1. Errores en la compra de lubricantes.

- Tener como criterio principal el precio, creyendo que todos los lubricantes son iguales y que no hay diferencia en el desempeño.
- Delegar esta tarea exclusivamente al personal de compras.
- Cambiar los lubricantes sintéticos por minerales creyendo que se obtendrá un mayor ahorro en relación a la duración del producto.
- Ignorar u omitir especificaciones técnicas del lubricante.
- Obviar el listado de productos ya consolidados.

- Realizar homologaciones de producto ignorando los productos consolidados y sus especificaciones técnicas.
- Favorecer a algún proveedor específico.
- Negociar con marcas sin las certificaciones debidas que aseguren un respaldo y calidad en los productos.

5.5.2. Proceso de compras y selección de proveedores. El proceso de compras y selección de proveedores involucra una serie de aspectos necesarios para tomar una acertada decisión, que finalmente impactara los objetivos propuestos en el programa de lubricación. Dentro de estos aspectos se puede numerar:

- Formar un equipo de trabajo multidisciplinario. Es necesario involucrar a personal con muy buen conocimiento, de las áreas de mayor impacto con relación al proveedor. En este grupo debe figurar personal de compras o financiero, mantenimiento o área técnica y un facilitador o comercial. El grupo no debe ser muy numeroso para evitar desacuerdos.
- Definir las prioridades y objetivos bajo las necesidades de la compañía, que se buscan cumplir a través con un proveedor. Cada una de las áreas anteriormente mencionadas deberá exponer las necesidades que espera satisfacer con la negociación, por ejemplo:
 - Reducción de número de proveedores.
 - Reducción de órdenes de compra.
 - Precios.
 - Medios y plazos de pagos.
 - Calidad de productos, aprobaciones de OEMs.
 - Diversidad en líneas de productos.
 - Acompañamiento técnico por personal especializado.
 - Respaldo y representación de la marca.

- Disponibilidad, tiempos de entrega y logística.
 - Presentación de productos y medio de transporte.
 - Ubicación de planta, capacidad de producción.
 - Ubicación bodegas, capacidad de almacenamiento.
 - Certificado de calidad.
 - Productos complementarios, refrigerantes, combustibles, etc.
- Recolectar la información de los proveedores. Reunir las propuestas con toda la información técnico – comercial de los posibles proveedores.
 - Compara, medir y evaluar la información adquirida de los proveedores, respecto a los requerimientos establecidos. En este punto cada área debe priorizar sus necesidades o expectativas del proveedor y listarlas de tal forma, que al evaluar las diferentes propuestas se vaya dando una calificación a cada ítem y al final obtener una calificación global. Si áreas diferentes presentan una selección previa de proveedores diferentes, inicia un proceso interno de “conciliación o negociación” procurando los aspectos de beneficio para la compañía.
 - Negociar las opciones de contrato o suministro. Una vez seleccionada una o dos opciones, el criterio final es la negociación comercial que se realice entre las partes buscando un beneficio mutuo.

5.5.3. Criterios de selección del área técnica. En relación al tema central de este trabajo, existen unos criterios muy importantes a considerar en la selección de proveedores. Ya se ha mencionado la elevada importancia del proveedor en el área de lubricación convirtiéndose prácticamente en un integrante más del equipo quien debe conocer y perseguir los objetivos y metas propuestos. Dentro de estos criterios técnicos específicos se pueden nombrar:

- Soporte técnico gratuito en todo lo relacionado con lubricación.

- Vinculación y acompañamiento constante en las actividades planteadas en el programa de lubricación.
- Personal especializado en el área de lubricación, visitar periódicas.
- Acceso directo a laboratorio de análisis de aceite sin costo. (En este punto se deben contemplar los criterios de selección de un laboratorio de análisis de aceite, visto en la sección anterior).
- Software de administración el programa de lubricación sin costo.
- Soporte técnico especializado al tipo de industria.
- Entrenamiento periódico en lubricación al personal en planta.
- Desarrollo de informes y programación de comités técnicos periódicos para evaluar el avance y situaciones específicas en cada una de las áreas.
- Programa de apoyo para el manejo de desechos lubricantes.
- Apoyo en las actividades de reciclaje.
- Apoyo en la organización y demarcación del almacén.
- Herramientas para el monitoreo y control de inventarios.
- Disponibilidad de producto local, para atención de órdenes imprevistas.
- Diversidad de productos y aprobaciones por OEMs.
- Opción de diferentes presentaciones.
- Respuestas rápidas a cualquier inquietud o requerimiento.
- Opción de visitas a planta para detallar los procesos de manufactura.

Se debe tener muy presente en la selección de este aliado, que la negociación será por un periodo considerable y que no será fácil cambiarlo en caso que los compromisos no tengan un desarrollo fluido

5.6. MEJORA CONTINUA DE LA LUBRICACIÓN

Es necesario validar o auditar el programa de lubricación periódicamente (al inicio con mayor frecuencia). Verificando que las actividades que están siendo

desarrolladas, efectivamente están dando resultados y están alineadas hacia los objetivos trazados, de lo contrario encontrar las falencias y plantear nuevas estrategias que retomen el rumbo

5.6.1. Auditorias. Auditar implica revisar todo el proceso de gestión de lubricación, aún cuando no existe un estándar o una norma de calidad de la gestión de lubricación. Procedimientos y gestión desarrollada en selección de lubricantes, procedimientos de lubricación, control de la contaminación, recepción y almacenamiento y otros mas que se especifican en el anexo B; se evalúan detallando la efectividad con que se están ejecutando y encontrando puntos de mejora. Como parte de fundamental del desarrollo de un programa de lubricación, es muy importante revisar el nivel de conocimientos del personal para determinar las necesidades de capacitación y de certificación de conocimientos.

También se debe tener una medida inicial de lo que ha sido la gestión en el área de lubricación para poder medir que avances logros se han tenido, por ello hay que realizar una auditoría inicial para tener punto de partida.

Para el desarrollo de este procedimiento debe haber una participación de la gerencia conociendo el estado del área y posteriormente los logros obtenidos. La auditoria debe apuntar al objetivo del programa de lubricación: confiabilidad y ahorro. Debe haber un líder que conduzca el evento hacia los objetivos plateados al comienzo. Este líder acudirá a personal de todos los niveles en las distintas área evaluadas, aplicara cuestionarios dirigidos a evaluar cada uno de los aspectos relevantes del proceso de gestión de lubricación, Se complementa la información con fotos que validarán los acuerdos finales y respaldarán los proyectos propuestos. De común acuerdo entre auditores y auditados, se establecen posibles proyectos de mejora en base a las oportunidades de mejora detectadas y se clasifican según su factibilidad y criticidad

6. CONCLUSIONES

- La metodología propuesta que utiliza como herramienta la gestión de la lubricación, abarca todos los aspectos de dicha área, planteando las actividades a desarrollar para alcanzar el objetivo de incrementar la confiabilidad de equipos
- A través de la implementación de la metodología planteada se obtienen grandes beneficios para el área de mantenimiento y la compañía en general, por tal razón es de gran importancia que la gerencia y altos mandos de la compañía, la conozcan y estén enterados plenamente de los objetivos y metas trazadas, se vinculen y apoyen el desarrollo de este tipo proyecto
- El desarrollo de esta guía ha demostrado indicadores de confiabilidad de los equipos altos y ahorros en el área de mantenimiento
- El programa de lubricación establece un enfoque de excelencia en lubricación para construir confiabilidad. Lograr la excelencia requiere un cambio de fondo en la forma en la que tradicionalmente se viene trabajando la lubricación.
- El éxito de un programa de lubricación depende del cumplimiento de los puntos propuestos; esto implica el liderazgo de una persona estrechamente ligada con el área de mantenimiento y conocedora de la operación, pero en un plano ideal dedicada en exclusividad al desarrollo del plan de lubricación
- La vinculación y participación de la alta gerencia es fundamental para la implementación, desarrollo y éxito del proyecto. La mejor manera de “vender” esta iniciativa es a través de la promesa real de generación de ahorro

- Algunas de las tareas que en este trabajo se plantean no son del todo sencillas y para algunas los resultados se obtendrán a mediano y largo plazo. Esto exige un gran esfuerzo, un trabajo constante y especialmente, la vinculación de toda el área o equipo de trabajo encaminado al cumplimiento de los objetivos propuestos

BIBLIOGRAFIA

ALBARRACÍN AGUILON, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Tomo I 2ª Edición. Colombia. 1993

ALVAREZ CARDONA, Alberto. CORTES MARIN, Elkin Alonso. ALVAREZ MEJIA, Fernando. Profesores Asociados. Criterios para la Selección y Aplicación de Lubricantes. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1998

American Petroleum Institute API, Engine Oil Licensing and Certification System El Aceite Para Motor Es Importante. Washington, DC. EE.UU. 2012

ICONTEC. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1486. Cuarta actualización.

MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingeniería de Lubricación. Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque. Setiembre de 2011

OLLOQUI, Aquiles. Bases Para Un Buen Programa de Lubricación Preventiva. Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C. Monterrey. 1997

QUESNEL Jr, Bill. A Guide to Lubrication Management. Lubrigard. Burlington. 2008

RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia

TORMOS, Bernardo. Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis De Aceite Usado. Editorial Reverté. España. 2005

TROYER, Drew; FITCH, Jim. Oil Analysis Basics. Noria. 2004

TRUJILLO, Gerardo. Diseño de un Programa de Excelencia en Lubricación. Artículos Técnicos. Noria Latin America. Leon GTO, México

TRUJILLO, Gerardo. La Lubricación Como Elemento Fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial. Artículos Técnicos. Noria Latin America. Leon GTO, México

ANEXOS

Anexo A. AUDITORIA DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LUBRICANTE

La auditoria evalúa los siguientes aspectos del área de almacenamiento

- Almacenamiento de Aceite a Granel
- Tambores y contenedores
- Pequeños Paquetes y Grasas
- Inventario
- Programa de Gestión
- Prácticas de Seguridad/Medio Ambiente
- Auxiliares

Cada uno de estos aspectos será revisado en detalle con los cuestionamientos que se presentan a continuación, los cuales deberán ser evaluados con el siguiente rango de calificación:

Puntaje:	
1-2	Requiere atención inmediata
3-4	Necesita Mejorar
5-6	Promedio
7-8	Bueno
9-10	Clase Mundial
N/A	No Aplica

Las casillas de calificación 1, 2 y 3; corresponde a las auditoria futuras con el fin de establecer un comparativo.

A	Almacenamiento de Aceite a Granel	Calif	Calif	Calif
		1	2	3
1	El área de almacenamiento está limpia y tiene fácil acceso para los vehículos de reparto. Los tanques a granel están limpios y libres de óxido. Los contenidos están claramente etiquetados.			
2	Las muestras de productos a granel conservadas son revisadas visualmente, etiquetadas y almacenadas.			
3	El Almacenamiento a granel es en interiores o bajo techo, el área de llenado se encuentra bajo cubierta.			
4	Los tanques de almacenamiento a granel tienen respiraderos con filtros desecantes; el agua y los sedimentos se pueden extraer del fondo.			
5	Tuberías, mangueras, bombas y colectores están dedicadas por familia de producto y la etiqueta deberán figurar de manera destacada; las mangueras tienen un límite.			
6	Los tanques a granel son equipados con conexiones de bloqueo rápido			
7	La vista o los indicadores del nivel son de fácil lectura.			
8	El aceite se filtra desde el tanque en el equipo o en contenedores de dispensación			
	Puntaje Total			

B.	Tambores y Contenedores	Calif	Calif	Calif
		1	2	3
1	La instalación de almacenamiento del lubricante está limpia y ordenada.			
2	Los tambores son almacenados bajo techo. Si es en exteriores estos están horizontalmente. Si están en exteriores verticalmente son colocados en estibas para evitar el óxido, y cubiertos para evitar la acumulación de agua.			
3	Los tambores y contenedores están correctamente etiquetados, las etiquetas o marcas indican las posiciones de tambor. La mejor práctica es colorear el código de la posición para que coincida con el color del envase de			

	dispensación y / o etiquetas.			
4	Los tambores tienen filtros respiradores. Los tapones están cerrados cuando no están en uso. Los contenedores tienen una correcta ventilación.			
5	Las bombas de los tambores son dedicados por familia de productos y están apropiadamente aseguradas a estos			
6	El aceite se filtra en el equipo o en los contenedores de dispensación.			
7	Cobertores de tambores son usados para almacenamiento temporal externo. Las superficies de los tambores son inspeccionadas y limpiadas periódicamente.			
	Puntaje Total			

C. Paquetes Pequeños y Grasa		Calif 1	Calif 2	Calif 3
1	Baldes, cuñetes y demás empaques son almacenados bajo techo, en sitios secos y limpios. Permanecen cerrados			
2	Los armarios de almacenamiento de aceite se encuentran estratégicamente situados y están limpios y ordenados			
3	Cartuchos y empaques de grasa son volteados periódicamente para prevenir separación de aceite.			
4	Los Inyectores de pistola de grasa se mantienen limpios y almacenados bajo cubierta. Una mejor práctica es cubrirlos con plástico cuando no están en uso.			
5	Las pistolas de grasa están destinadas a un producto, Estas se encuentran etiquetadas y/o codificadas por color.			
6	La presión es liberada sobre el plato seguidor de la grasa durante el almacenamiento para que ese aceite no se separe.			
	Puntaje Total			

D Inventario		Calif 1	Calif 2	Calif 3
1	Los lubricantes no son usados después de su vida útil; el			

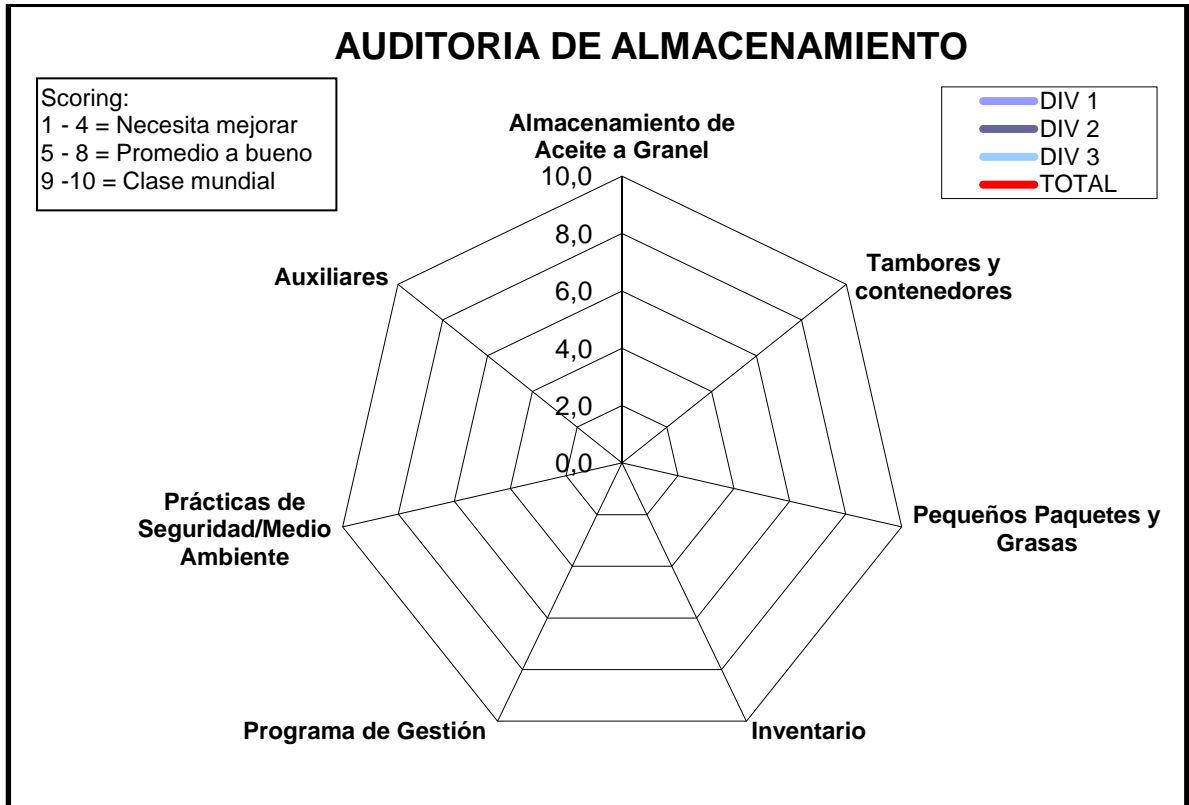
	inventario muerto es removido			
2	El número y los tipos de lubricantes están optimizados; los tipos y calidades de lubricantes han sido consolidados.			
3	Si más de dos tambores de cualquier producto se almacenan en el mismo lugar, considerar el uso de bolsas, mini-granel o distribuidor de entregas JIT.			
4	Muy pocos son los tambores vacíos en el sitio.			
5	Rotación de Inventario. Primero que entra es el primero que sale.			
6	Los tambores y pails se desocupan por completo antes de reciclaje.			
7	Posee suficiente inventario a la mano para casos de emergencia y retrasos en la entrega.			
	Puntaje Total			

E Programa de Gestión		Calif 1	Calif 2	Calif 3
1	Todas las personas son responsables del mantenimiento del equipo, la fiabilidad y las operaciones. Se ha capacitado en los fundamentos de la lubricación y el control de la contaminación.			
2	Determinadas personas tienen más de una gestión de almacenamiento y manipulación de lubricantes, incluidos los de mantenimiento de zonas de almacenamiento y gabinetes limpios y ordenados.			
3	La central de almacenamiento del lubricante, se encuentra estratégicamente situada			
4	Los procedimientos para el almacenamiento y manipuleo de lubricantes han sido publicados			
5	Los procedimientos de lavado se han publicado y seguido			
6	El mantenimiento del cuarto y armario de lubricantes está en la lista de órdenes de trabajo			
7	Existen procedimientos para manejar un derrame o liberación accidental			
8	El almacenamiento y manejo de las auditorías se llevan a cabo periódicamente			
	Puntaje Total			

G. Prácticas de Seguridad/Medio Ambiente		Calif 1	Calif 2	Calif 3
1	Las hojas de MSDS están disponibles, el personal se ha capacitado sobre los riesgos asociados con el manejo inadecuado de lubricante.			
2	Goteos, bandejas, desagües, canales o la protección de piso o de contención de derrames en tierra. Se drena para evitar que se desborde.			
3	Los aceites usados se almacenan lejos de aceite sin usar y están debidamente etiquetados.			
4	Grandes cantidades de aceite usado se encuentra aislados por producto			
5	Material absorbente o almohadillas están disponibles y son utilizadas para contener pequeñas fugas y evitar riesgos de resbalamiento			
6	Los lubricantes son almacenados lejos del alcance de llamas abiertas.			
Puntaje Total				

H. Auxiliares		Calif 1	Calif 2	Calif 3
1	Los embudos son limpiados antes y después de su uso. Estos se almacenan bajo techo o en plástico. Una mejor práctica es utilizar embudos desechables.			
2	Los filtros de aceite están almacenados bajo techo y cubiertos en plástico o de otra manera que los proteja contra el polvo.			
3	Los filtros se rotan por el principio del primero que entra es el primero que sale, con el fin de asegurar que se utilizan antes de su fecha de caducidad.			
4	Los carros de Filtración están etiquetados y dedicados a familias de productos.			
5	Se encuentran disponibles trapos para una limpieza general.			
Puntaje Total				

Los valores obtenidos se verán reflejados en el gráfico, evidenciando fortalezas y debilidades.



Anexo B. AUDITORIA DE GESTION DE LUBRICACION

La auditoria evalúa los siguientes aspectos de la gestión de lubricación

- Procedimientos para la Selección de lubricantes de los Equipos
- Estatus de los Procedimientos actuales de lubricación
- Organización efectiva de la lubricación
- Supervisión y Controles de la contaminación de los lubricantes
- Manejo y Almacenamiento de los Lubricantes Nuevos y Usados
- Procedimientos de Muestreo de lubricantes
- Filtración y Manejo de Aceites Residuales

- Programa de Análisis de aceite usado
- Capacitaciones y Entrenamiento del personal Operativo
- Programas de Confiabilidad de la Lubricación

Cada uno de estos aspectos será revisado en detalle con los cuestionamientos que se presentan a continuación, los cuales deberán ser evaluados con el siguiente rango de calificación:

Escala de puntuación	
0	Sin sistema o sistema no definido
1	Sistema informal o en desarrollo
2	Sistema iniciado, documentación/implementación incompleta, falla o lapso
3	Sistema desarrollado, implementado, documentado y es funcional
4	Sistema operando, excede expectativas mínimas, con evidencia de mejora continua
N/A	No aplicable

Las casillas de calificación 1, 2 y 3; corresponde a las auditoria futuras con el fin de establecer un comparativo.

PROCEDIMIENTOS PARA LA SELECCION DE LUBRICANTES DE LOS EQUIPOS							
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N A
1	El proceso de selección de lubricantes se basa en las recomendaciones de los fabricantes, las condiciones de operación de los mismos o por el precio del lubricante más bajo que se encuentre en el mercado.						

2	Actualmente se realiza una reducción de la cantidad de marcas y proveedores						
3	Hay procesos implementados de minimización de cantidad de lubricantes utilizados						
4	Los lubricantes empleados actualmente son los adecuados para los equipos en servicio						
5	Se desarrollan y ponen en práctica protocolos de ensayo para probar nuevos lubricantes						

ESTATUS DE LOS PROCEDIMIENTOS ACTUALES DE LUBRICACION							
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A
1	Actualmente hay documentación escrita de los procedimientos de lubricación						
2	Estos procedimientos han sido escritos a partir de las mejores prácticas de lubricación						
3	Estos procedimientos son lo suficientemente claros y detallados para evitar una mala interpretación						

ORGANIZACION DE LA LUBRICACION							
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A
1	En los procesos de lubricación, se cuenta con indicadores de desempeño específicos?						
2	Actualmente existe un responsable de lubricación?						
3	¿Se supervisa adecuadamente la lubricación de los equipos a través de una persona encargada?						
4	¿Hay una responsabilidad definida de los operadores con respecto a la lubricación de los equipos?						

5	¿Cuántos son los lubricadores, son suficientes y su trabajo está bien distribuido?							
6	¿Se llevan registros de consumo de lubricante por equipo, planta y/o distrito?							
7	¿Las fugas de lubricante se reparan inmediatamente?							
8	Los controles instaurados permiten verificar el cumplimiento del programa de lubricación							

SUPERVISION Y CONTROLES DE LA CONTAMINACION DE LOS LUBRICANTES								
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A	
1	¿Existen procedimientos escritos para cambios de aceite y filtros que minimicen la contaminación?							
2	Los equipos cuentan con los filtros de aceite adecuados y controles de caída de presión para realizar una supervisión permanente							
3	Todos los recipientes de almacenamiento de aceite nuevo y los tanques de aceite en las maquinas cuentan con filtros desecantes en los respiraderos							
4	Existen metas de código ISO de limpieza y control de su cumplimiento							
5	El lubricante se filtra antes de ingresarlo a los tanques de almacenamiento							
6	Los equipos de aplicación de lubricante son los adecuados y se mantienen en buenas condiciones							
7	Se mantienen limpios los ingresos a los tanques de almacenamiento de aceite							

MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS LUBRICANTES NUEVOS Y USADOS							
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A
1	Actualmente como son las condiciones de manipuleo de aceite usado?						
2	Contenedores/baldes para aplicar aceite/grasa están libres de contaminación?						
3	Los contenedores de aceite a granel tienen filtros a la entrada, y en los respiraderos. Existen diques de contención?						
4	Los contenedores de aceite a granel tienen líneas exclusivas y bombas independientes?						
5	Las mangueras, acoples, pistolas, embudos etc. están protegidos de la contaminación?						
6	Hay un Programa de Mantenimiento Preventivo para limpieza del almacén de lubricantes?						
7	Los lubricantes están almacenados en los recipientes adecuados para evitar contaminación?						
8	Política F.I.F.O. para almacenamiento de tambores y baldes						
9	Identificación adecuada y clara de envases/tanques						
10	Las prácticas de seguridad son las adecuadas y forman parte de un programa						

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE LUBRICANTES							
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A
1	Hay puertos de muestreo ubicados correctamente?						
2	Implementos y herramientas de muestreo adecuados?						

3	Actualmente hay un seguimiento de las frecuencias de muestreo de aceites usados?							
4	Hay un procedimiento escrito y fotográfico para toma de muestras de aceites usados?							
5	Hay demora en enviar las muestras de aceite usado al laboratorio?							
6	La Información es completa y legible en la etiqueta de la muestra de aceite usado?							
7	Cuando se toman las muestras de aceite usado, se realiza un registro de las condiciones de operación y mantenimiento del equipo?							

FILTRACION Y MANEJO DE ACEITES RESIDUALES								
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A	
1	¿Son los aceites usados desechados adecuadamente?							
2	¿Se obtienen certificados de disposición final? Registro de los mismos							
3	¿La cantidad de aceite hace este proceso económico? ¿Se evalúa esto?							
4	¿Existen equipos para filtración/centrifugación?. ¿Son adecuados?. ¿Se utilizan?							
5	¿Existen controles para el aceite purificado/reutilizado?							

PROGRAMA DE ANALISIS DE ACEITE USADO								
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A	
1	¿Existe un responsable del programa de análisis de aceite usado?							

2	¿Se conocen los modos de falla a solucionar con el análisis de aceite usado?								
3	¿Se plantean objetivos periódicos, con metas a cumplir y fechas estimadas?								
4	El laboratorio utilizado, cuenta con los equipos apropiados para los análisis?								
5	Los análisis de laboratorio realizados al aceite son los correctos?								
6	Los límites de cada parámetro analizado fueron correctamente fijados?								
7	El tiempo de respuesta del laboratorio es el adecuado?								
8	Reportes de análisis claros y con recomendaciones adecuadas?								
9	Acciones correctivas claras, precisas y ejecutables?								
10	El servicio del proveedor de análisis realiza una interpretación conjunta, entrenamiento, etc.)								
11	Existen procesos de mejora continua?								

CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL OPERATIVO									
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N	/	A
1	El personal encargado ha recibido entrenamiento en su área específica								
2	El material de entrenamiento es el adecuado y tiene en cuenta las mejores prácticas								
3	Existe un programa de evaluación de gaps entre competencias actuales y necesarias								
4	Los operadores comprenden completamente la racionalidad de la								

	lubricación y las acciones correctivas en caso de desviación						
5	Los operadores conocen la funcionalidad de cada sistema lubricado						
6	Los operadores deben certificar sus conocimientos						

PROGRAMAS DE CONFIABILIDAD DE LA LUBRICACION							
VERIFICACION:		0	1	2	3	4	N/A
1	Existe un programa de confiabilidad de la maquinaria, donde se incluye la lubricación						
2	¿Existe coordinación y colaboración entre las personas encargadas del mantenimiento general y la lubricación?						
3	Se utiliza el A.M.F.E. o método similar para conocer los modos de falla y mitigarlos						
4	Se realizan análisis de fallas de la maquinaria para cada falla importante						
5	Se conocen los parámetros de las condiciones de operación de los equipos que influyen sobre la lubricación						
6	Los cambios de aceite se hacen por condición (resultados de análisis)						
7	Los controles instaurados permiten verificar el cumplimiento del programa de lubricación						

Los valores obtenidos se verán reflejados en el gráfico, evidenciando fortalezas y debilidades.

Auditoría de Gestión de la lubricación

