

**ELABORACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO BASADO EN
ANÁLISIS DE ACEITE USADO PARA MAQUINARIA PESADA**

EDWIN MAURICIO CESPEDES GUARNIZO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO – MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2016**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO BASADO EN
ANÁLISIS DE ACEITE USADO PARA MAQUINARIA PESADA**

EDWIN MAURICIO CESPEDES GUARNIZO

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

**Director: IM Jorge Luis Gómez Martínez
Esp Gerencia de mantenimiento
UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO – MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2016**

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Jorge Luis Gómez Martínez, director de este trabajo quien me brindó conocimiento, apoyo y compromiso amablemente.

Al Grupo de docentes de la especialización, personas de gran conocimiento y experiencia quienes lograron ampliar mi conocimiento de esta difícil pero encantadora tarea del mantenimiento.

Al Grupo administrativo de ASEDUIS Bogotá, por su calidez y amabilidad.

A los compañeros de la especialización, con quienes se conformó un agradable grupo de trabajo

M.C.G

DEDICATORIA

A Dios por permitirme con salud y esfuerzo dar por culminado un sueño.

A mi esposa por su apoyo incondicional en mis logros obtenidos.

A mis hijos por ser ese motor que impulsa mis sueños.

A mi madre, familia y demás personas que de una u otra forma contribuyeron lograra esta meta

M.C.G

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	23
4.1 EL AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE	23
4.1.1 Motores Diésel	24
4.1.2 Evolución en los niveles de calidad de los aceites y normas ambientales	27
4.1.3 Equivalencia de grados de viscosidades	29
4.1.4. Indice de viscosidad	32
4.2 SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES AUTOMOTRICES	34
4.3 SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA	35

TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS ATF	
4.3.1 Especificaciones para lubricantes de transmisiones automáticas	35
4.4 SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS	36
4.4.1 Propiedades generales de los lubricantes para sistemas hidráulicos	37
4.4.2 Requerimientos de los fluidos hidráulicos	38
4.4.3 Otras especificaciones	39
5. PROGRAMA DE ANÁLISIS DE ACEITE	40
5.1 ACTIVIDADES A DESARROLLAR	43
5.1.1 Establecer objetivos	43
5.1.2 Compromiso de gerencia	43
5.1.3 Entrenamiento de personal	43
5.1.4 Selección de equipos	44
5.1.5 Procedimiento adecuado de toma de muestras	44
5.1.6 Poner en práctica el programa	47
5.1.7 Reacción ante los resultados	47
5.1.8 Auditoria contante al programa	47
5.1.9 Documentar los ahorros	47
5.1.10. Pruebas de laboratorio	47
5.1.11 Interpretación de los resultados	53
5.1.12 Límites y Control de la tendencia	53
5.1.13 Predecir la fuente contaminante	54

5.1.14 Durabilidad del lubricante	56
5.2 ESTUDIO DE LUBRICACION	57
5.2.1 Revisión del programa en general	60
5.2.2 Selección de lubricantes	62
5.2.3 Procedimiento de Lubricación	63
5.2.4 Organización de la lubricación	64
5.2.5 Control de la contaminación	64
5.2.6 Almacenamiento y manejo correcto de lubricantes	65
5.2.7 Muestreo de lubricante	68
5.2.8 Disposición final del lubricante	69
5.2.9 Análisis de aceite usado	69
5.2.10 Entrenamiento del personal	70
5.3 ENTRENAMIENTO DE PERSONAL	72
5.3.1 Reconocimiento al Personal.	75
5.4 SELECCIÓN DE LUBRICANTES.	76
5.5 SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y PROCESO DE COMPRA	78
5.6 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE LUBRICANTES	80
5.7 RECEPCIÓN DE LUBRICANTES	80
5.7.1 Descargue de productos	81
5.8 AREA DE ALMACENAMIENTO	82
5.8.1 Almacenamiento Exterior	82
5.9 PROGRAMA DE ANÁLISIS DE ACEITES USADOS	84
5.10 DETERMINACIÓN DE COSTOS	85

5.11 ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA	86
5.11.1 Expansión	87
5.11.2 Definir objetivos e indicadores.	87
5.12 CONSOLIDACIÓN DE LUBRICANTES	89
5.13 MEJORA CONTINUA DE LA LUBRICACIÓN	90
5.13.1 Auditorias	90
5.13.2 Criterios de selección del área técnica	91
6. RESULTADOS OBTENIDOS	92
7 CONCLUSIONES	98
BIBLIOGRAFIA	99
ANEXOS	100

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. API CJ-4 /PC-10 Soot Handling	26
Figura 2. Tiempos de lubricación de un motor	27
Figura 3. Evolución nivel de calidad API respecto a normas EPA	28
Figura 4. Tecnologías para reducción de emisiones ambientales	29
Figura 5. Equivalencia de grados de viscosidades	30
Figura 6. Comparaciones del grado de viscosidad de los lubricantes	31
Figura 7. Curva de viscosidad de los lubricantes	32
Figura 8 Viscosidad del lubricante	33
Figura 9. Formulación típica de un fluido hidráulico Anti desgaste “AW”	38
Figura 10. Eficiencia hidráulica	39
Figura 11. Detección preventiva de fallas	40
Figura 12. Costos de Mantenimiento	41
Figura 13. Análisis de aceite usado	41
Figura 14. Proceso toma de muestras	44
Figura 15. Toma de muestras con bomba de vacío y por carter	45
Figura 16. Toma de muestra por puerto de muestreo	45
Figura 17. Detección de elementos de desgaste	48
Figura 18. Análisis de la Condición del Aceite.	48
Figura 19. Conteo de Partículas.	50
Figura 20. Viscosidad	50
Figura 21. Estudio de lubricación	59
Figura 22. Resultados del estudio de lubricación	61
Figura 23. Grafica gestion de la lubricacion	61
Figura 24. Selección de lubricantes.	62
Figura 25. Control de contaminación	65

Figura 26. Almacenamientos y disposición final del lubricante	67
Figura 27. El ingreso de lubricantes Mobil	68
Figura 28. Procedimiento de recepción y descargue de lubricantes	81
Figura 29. Almacenamiento de herramientas de suministro	84
Figura 30. Determinación de Costos.	86
Figura 31. Comparación de costos lubricacion de los años 2015 y 2016 (primer cuatrimestre)	94
Figura 32. Consumo de lubricantes (primer cuatrimestre)	95
Figura 33. Termografía lubricante DTE Excel 46 Vs Competencia	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación API para lubricantes de motores diésel	24
Tabla 2. Grados de viscosidades	31
Tabla 3. Clasificación API para transmisiones automotrices manuales	34
Tabla 4. Especificaciones para lubricantes de transmisiones automáticas	36
Tabla 5. Posibles fuentes de metales de desgaste por componente	54
Tabla 6. Posibles causas de degradación del lubricante	56
Tabla 7. Comparación de costos de lubricantes de los años 2015 y 2016 (primer cuatrimestre)	93
Tabla 8. Costos filtración 2016	96
Tabla 9. Reducción de costos por filtración (primer cuatrimestre)	97

LISTA DE ANEXOS

	Pag
ANEXO A. PROYECCION EXTENCION PERIODO DE CAMBIO DE ACEITE	101
ANEXO B. CERTIFICADO DE DISPOSICION FINAL	102
ANEXO C. CERTIFICACION CAPACITACION	103
ANEXO D. RESULTADOS ANALISIS DE ACEITE	104
ANEXO E. REGISTRO FOTOGRÁFICO	105

RESUMEN

TITULO. ELABORACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE USADO PARA MAQUINARIA PESADA.

AUTOR. EDWIN MAURICIO CESPEDES GUARNIZO*

PALABRAS: LUBRICACIÓN, ANÁLISIS DE ACEITE, PROACTIVO CONFIABILIDAD SELECCIÓN DE LUBRICANTES AUDITORIA

CONTENIDO. Esta monografía desarrolla una metodología que proyecta implementar un plan piloto en análisis de aceite usado para reducir los costos de mantenimiento asociados a la lubricación, y lo hace a través de un programa integral de lubricación, el cual estudia detalladamente el proceso de lubricación desde la recepción de los lubricantes hasta la disposición final de aceite usado, permitiendo aprovechar al máximo la tecnología disponible en los lubricantes y reduciendo los costos de mantenimiento. También se basa en la ejecución de programas de clase mundial como son las auditorías de lubricación.

La filosofía del mantenimiento proactivo conduce a detectar y eliminar las causas que originan fallas en la maquinaria. El análisis de aceite permite conocer tanto la salud del lubricante, como el estado de contaminación y desgaste del sistema, así como también reconocer las causas que provocan las fallas para poder eliminarlas, aumentando de ésta forma la confiabilidad de maquinaria y contribuyendo con el medio ambiente gracias a la reducción de lubricante para disposición final.

Finalmente la importancia del análisis de lubricantes, como herramienta fundamental de trabajo para desarrollar e implementar una estrategia de mantenimiento proactivo para maquinaria pesada. Donde se adecua un programa de análisis de aceite usado en el departamento de mantenimiento, Este proceso debe iniciar con una auditoría de lubricación en la que se evalúen las condiciones actuales del mantenimiento desde el punto de vista de la lubricación, haciendo un estudio comparativo con empresas de Clase Mundial que permita definir las áreas en las que es necesario actuar para mejorar.

Se concluye que el plan de mantenimiento basado en el análisis de aceite, permite la reducción de costos, a su vez aumenta la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

* Proyecto de grado Elaboración de un plan piloto de mantenimiento basado en análisis de aceite usado para maquinaria pesada.

** Facultad De Ingeniería Mecánica Especialización En Gerencia De Mantenimiento

*** Director: IM Jorge Luis Gómez Martínez , Esp Gerencia de mantenimiento

SUMMARY

TITLE. DEVELOPMENT OF A PILOT OF MAINTENANCE PLAN BASED ANALYSIS USED FOR HEAVY OIL.

AUTHOR. EDWIN MAURICIO CESPEDES GUARNIZO

WORDS: LUBE, OIL ANALYSIS, RELIABILITY PROACTIVE SELECTION OF AUDIT LUBRICANTES

CONTENT. This paper develops a methodology that plans to implement a pilot plan for used oil analysis to reduce costs associated with lubrication maintenance, and does dare a comprehensive lubrication program, which examines in detail the lubrication process from receipt of lubricants to disposal of used oil, allowing maximum use of available technology in lubricants and reducing maintenance costs. It is also based on the implementation of world-class programs such as audits lubrication.

Proactive maintenance philosophy leads to detect and eliminate the causes of faults in machinery. Oil analysis allows to know both the health of the lubricant, as the state of pollution and wear of the system, as well as recognize the causes of failures to eliminate them, thereby increasing the reliability of machinery and contributing to the environment by reducing lubricant for disposal.

Finally the importance of analysis of lubricants, as a fundamental tool for developing and implementing a proactive maintenance strategy for heavy machinery. Where of suitable analysis software used oil in the maintenance department, this process should start with an audit of lubrication in which current maintenance conditions are assessed from the point of view of lubrication, making a comparative study with companies World Class designed to define the areas where action is needed to improve.

It is concluded that the maintenance plan based on oil analysis, allows cost reduction in turn increases the reliability and availability of equipment.

* Grade Project Development of a pilot based maintenance analysis for heavy machinery used oil plan.

** Faculty of Mechanical Engineering Specialization in Maintenance Management

*** Director: IM Jorge Luis Gomez Martinez , ESP Maintenance Management

INTRODUCCIÓN

La industria ha sufrido una evolución importante estimulada en gran parte por el desarrollo tecnológico de los equipos de control y medida. El mantenimiento predictivo o mantenimiento basado en la condición de máquina (CBN), surge como una evolución de las filosofías tradicionales, como lo son el correctivo y preventivo, proyectando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mejorando la rentabilidad de los procesos productivos.

El mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, pero para poder identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesario una interacción del personal de mantenimiento capacitándolo y entrenándolo en análisis de aceite usado como herramienta de trabajo.

Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acotar sus paradas programadas evaluando los costos inherentes, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función.

El análisis de aceite consiste en la realización de tests fisico-químicos, ejecutados en laboratorios especializados, bajo condiciones controladas y monitoreadas, allí se realizan una serie de pruebas en el aceite que permite determinar si el lubricante se encuentra en condiciones de ser empleado o si debe ser cambiado. Por otro lado la ferrografía o análisis de partículas de desgaste, utilizan el lubricante como un medio para determinar el estado de la máquina lubricada. Se concluye que el análisis de aceites tiene dos aspectos fundamentales: conocer el estado del aceite y el estado de la máquina.

Tradicionalmente éste último se obvia por desconocimiento en la interpretación de los resultados en los análisis de metales presentes en aceite usado, es por esto que normalmente solo se determina el estado del lubricante, para lo cual se realizan una serie de ensayos rutinarios de viscosidad, acidez, basicidad, análisis de aditivos, inspecciones visuales, etc. Con las cuales el administrador de mantenimiento puede tomar decisiones respecto a las condiciones de operación del aceite como son niveles de contaminación, degradación, desgaste y finalmente vida útil del aceite.

Desde el área de mantenimiento la lubricación es un área casi desconocida en su potencial en cuanto a lo referente a la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Lo que finalmente genera un gran impacto en los beneficios económicos. Actualmente por cuestiones de competitividad y legislación ambiental los lubricantes son fabricados con la más alta tecnología disponible con el fin de que dichos lubricantes brinden la mayor protección posible, extendiendo periodos de cambio, reduciendo la cantidad de filtros usados y disminuyendo al máximo el aceite para disposición final.

La gestión de lubricación es una ciencia que día a día adquiere mayor importancia y reconocimiento dentro de la industria. Es así como grandes y pequeñas empresas han iniciado programas encaminados a mejorar sus prácticas de lubricación, brindando capacitación y monitoreo constante, lo que impacta positivamente en la confiabilidad de los equipos y reduce costos de mantenimiento.

Este trabajo plantea una metodología para el desarrollo de un plan integral de lubricación que aporte positivamente en la reducción de costos y en la confiabilidad de equipos. Se apoya en diferentes conceptos, experiencias y recomendaciones de proveedores, para su implementación se plantean ocho (8) áreas de enfoque sobre las cuales se basa la metodología para el desarrollo correcto del programa.

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Arenas y Gravas de Colombia SAS a través de su trazabilidad en costos han identificado una alta tasa de fallas en los equipos asociados a la lubricación. Fallas que generan sobre costos asociados a equipo inactivo, compra de repuestos y pérdida de producción. Estos generan pérdidas económicas debido a la indisponibilidad de los equipos.

Por tal motivo surge la necesidad de optimizar los planes de mantenimiento basados en la evaluación de métodos de lubricación, tipos de lubricantes, capacitación de personal e implementar análisis de aceite con el fin de mejorar disponibilidad, confiabilidad de la maquinaria, para lograr disminuir costos de mantenimiento y pérdidas por producción.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento proactivo piloto basado en análisis aceite usado para reducir los costos operativos asociados a la lubricación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar un diagnóstico de los equipos y condiciones actuales de mantenimiento.
- Evaluar las fortalezas y debilidades del mantenimiento actual para priorizar la forma de ejecución del mantenimiento (personal, capacitación, hojas de vida de equipos, tipos de lubricantes, programación y planeación de mantenimiento).
- Generar y proponer un plan de mantenimiento basado en los análisis de aceite según condición.
- Implementar lubricantes de alto desempeño y mejor calidad API.
- Reducir los costos de mantenimiento asociados a la lubricación.

3. JUSTIFICACIÓN

Dada los altos costos de mantenimiento asociados a la lubricación en la empresa Arenas y Gravas de Colombia SAS, es necesario realizar una evaluación a los procedimientos de mantenimiento actuales, procedimientos que incluyen la evaluación de equipos, prácticas de lubricación, tipos de lubricantes utilizados y la evaluación de personal calificado con el fin de implementar un plan que permita mejorar las prácticas de lubricación, aumentar la disponibilidad, confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento asociados a la lubricación.

Actualmente la empresa no posee un plan integral de lubricación, no posee un una guía en manejo y almacenamiento de lubricantes y su personal técnico no está capacitado en temas de lubricación, lo anterior aumenta la probabilidad de falla de los equipos debido a la contaminación de lubricantes desde su almacenamiento hasta la utilización en los equipos, la incorrecta selección de lubricantes, los stock de lubricantes que generan sobrecostos atentan directamente contra los intereses económicos de la empresa.

Al documentar un plan piloto que inicie con la capacitación de su personal en todo lo referente al manejo de lubricantes e implementar un programa de lubricación basado en análisis de aceite usado, se dará inicio a un mantenimiento documentado y estructurado que una correcta administración traerá los benéficos económicos esperados por la empresa, reducción de costos asociados con la lubricación.

4. SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Para la industria de maquinaria pesada los motores son frecuentemente diésel, dado la mayor potencia con un bajo costo del combustible, economía a largo tiempo, bajo mantenimiento y finalmente una mayor vida útil.

4.1 EL AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.

Conocido comúnmente como API, en español Instituto Americano del Petróleo, asocia cerca de 400 corporaciones implicadas en la producción, el refinamiento, la distribución, y muchos otros aspectos de la industria del petróleo y del gas natural. Entre muchas de sus funciones se encuentra el administrar y certificar los diversos aceites que se comercializan en con la SAE (Society of Automotive Engineers) Sociedad de Ingenieros Automotrices y ASTM (American Society for Testing of Materials)¹ 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 que para el caso son motores diésel.

API: organización que provee la clasificación de calidad para aceites de uso automotriz en América.

¹ ALBARRACÍN Aguillón, Pedro Ramón "Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz" Tomo I, 2da. edición. TGO in Tribol High Performance Lubricants" Fuller, Dudley D, "Teoría y Práctica de la Lubricación" En: Revista N°5-6-7 Jun, Sep y Dic 2001: p 1-2

SAE: organización que provee la clasificación de viscosidad para aceites de uso automotriz.

ACEA: organización que provee la clasificación de calidad para aceites de uso automotriz en Europa.

4.1.1 Motores Diésel. De forma análoga, los motores diésel 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 exigencia². (Tabla 1)

Tabla 1. Clasificación API para lubricantes de motores diésel

MOTORES DIÉSEL (Siga las recomendaciones del fabricante de su vehículo respecto de los niveles de calidad del aceite)		
Categoría	Estado	Aplicación
CJ-4	Vigente	Para motores diésel 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 extravales, así como para modelos de motores diésel anteriores. Estos aceites están formulados para su utilización en todas las aplicaciones con combustibles diésel 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, y pueden ser utilizados eficazmente en motores que requieran estas categorías de servicio API. Si se utiliza un aceite nivel CJ-4 con combustibles que contengan más de 15 p.p.m. de azufre, consulte al fabricante del motor para conocer el intervalo de mantenimiento.
CI-4	Vigente	Se comenzó a utilizar en el año 2002. Para motores diésel 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 diésel con un contenido en azufre de hasta 0.5 % en peso. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-4, CG-4, y CH-4. Algunos aceites CI-4 también pueden cualificarse como CI-4 PLUS.
CH-4	Vigente	Se comenzó a utilizar en el año 1998. Para motores de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, 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 diésel 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-4	Obsoleto	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	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.

Fuente API publicaciones, el aceite para motor es importante

² MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingeniería de Lubricación. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Setiembre de 2011

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 Materiales³.

- **API CI-4:** los cambios en los motores que se desarrollaban desde los años 90's para bajar la contaminación al medio ambiente y extender la vida útil del motor, indicaron que se tenía que mejorar los aceites o acortar los intervalos entre cambios de aceite⁴.

Para reducir el nivel de NOx, los fabricantes de motores desarrollaron un sistema de enfriamiento y recirculación de gas al cilindro. Para hacer esto tienen que compensar con mayores presiones del turbo, llegando en algunos casos hasta 2,800 psi en la presión de encendido y 35,000 psi en los inyectores. El escape enfría pasando su calor al refrigerante, que a su vez lo pasa al aceite.

La introducción del escape al cilindro aumenta el nivel de ácido que entra al aceite. Esto requiere mejores aditivos para evitar corrosión en los anillos, las camisas, los cojinetes y los bastones de las válvulas. Esto es más importante en climas fríos donde hay más condensación y menos evaporación.

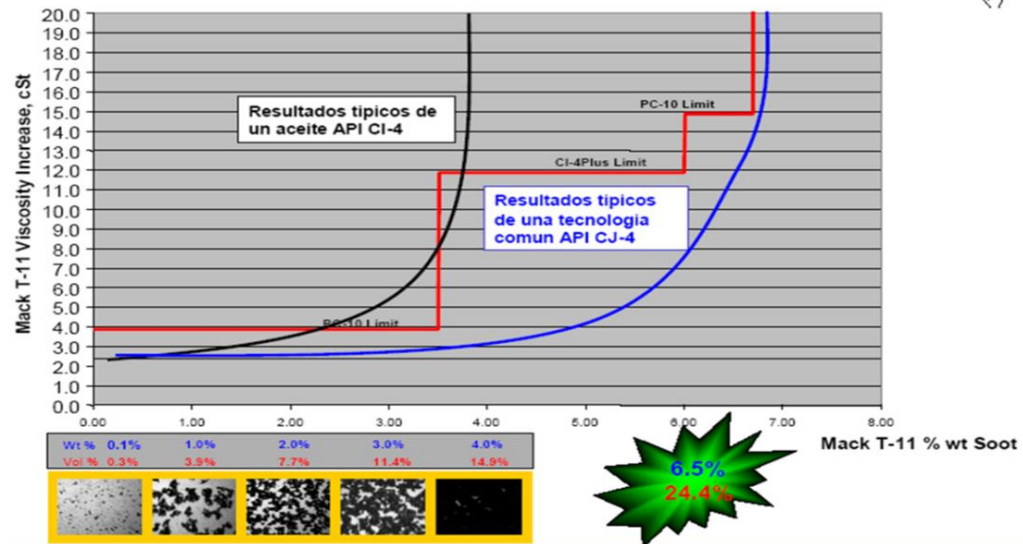
Además, la recirculación de gases aumenta el tiempo que el aceite está en las paredes de los cilindros cuando está con NOx durante los ciclos de entrada y

³ VOLLMANN, Berry William I., JACOBS Robert f., WHYBARK D. Clay. Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. México: Editorial: Mcgraw-Hill. Tercera edición 2005 p 15

⁴ American Petroleum Institute API, Engine Oil Licensing and Certification System El Aceite Para Motor Es Importante. Washington, DC. EE.UU. 2012 p 1-5 p 1-5

compresión. Como solución a partir del 2010, se lanzó una nueva categoría CJ-4 para los nuevos motores que llevan catalizadores del escape que reducen la contaminación y disminuyen la cantidad de aceite usado gracias a la ventaja que pueden soportar mejor la cantidad de hollín suspendido en el aceite⁵. (Figura 1)

Figura1. API CJ-4 /PC-10 Soot Handling



Fuente publicaciones, API el aceite para motor es importante

- **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 componentes⁶. 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.

⁵ TORMOS, Bernardo. Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis De Aceite Usado. Editorial Reverté. España. 2005

⁶ American Petroleum Institute API, Op., Cit p 125

Los aceites multigrados cuya nomenclatura incluye una W en medio de dos números tienen una viscosidad menor a bajas temperaturas, y la viscosidad cae más lentamente a muy altas temperaturas. El número anterior a la W indica el grado de viscosidad de arranque o bombeo y el número posterior indica el grado SAE a temperatura de operación del aceite.

El tiempo que tarda un lubricante en alcanzar todos los puntos críticos a lubricar determina en gran medida el desgaste o la reducción de la vida útil del motor. (Figura 2)

Figura 2. Tiempos de lubricación de un motor

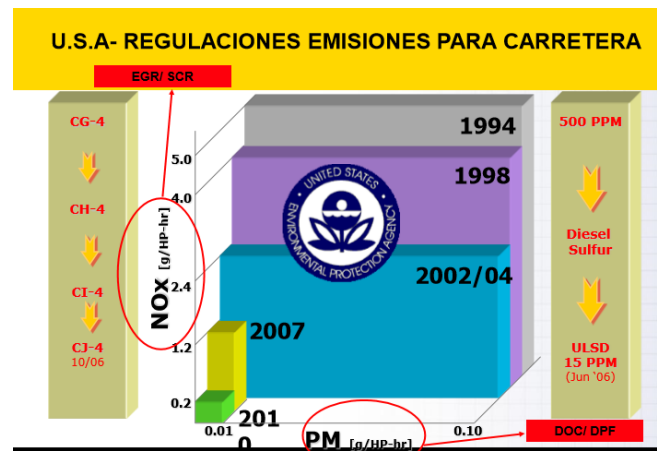


Fuente TORMOS, Bernardo. Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis De Aceite Usado. Editorial Reverté. España. 2005

4.1.2 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

especificaciones⁷. 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 3)

Figura 3. Evolución nivel de calidad API respecto a normas EPA



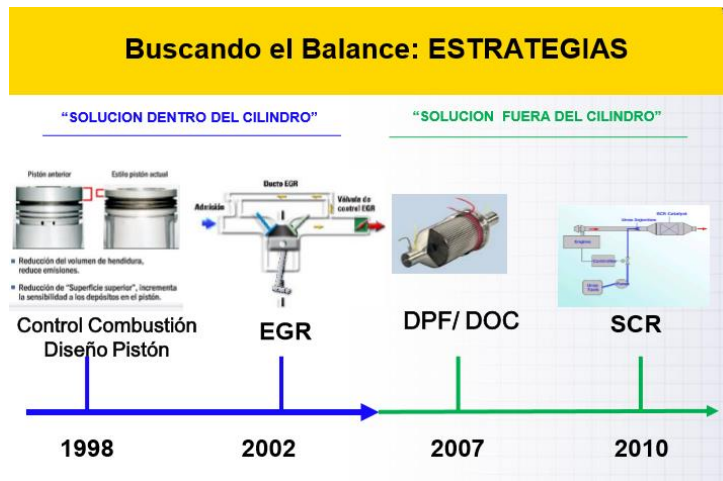
Fuente TORMOS, Bernardo. Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis De Aceite Usado. Editorial Reverté. España. 2005

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 combustible⁸. (Figura 4)

⁷ TORMOS, Bernardo. Op., Cit P. 574

⁸ Ibid., p 258

Figura 4. Tecnologías para reducción de emisiones ambientales



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

4.1.3 Equivalencia de grados de viscosidades. La viscosidad es una propiedad física característica de todos los fluidos que emerge de las colisiones entre las partículas del fluido que se mueven a diferentes velocidades, provocando una resistencia a su movimiento. Cuando un fluido se mueve forzado por un tubo, las partículas que componen el fluido se mueven más rápido cerca del eje longitudinal del tubo, y más lentas cerca de las paredes. Dicho de una manera popular es la resistencia a fluir del aceite.

Como definición aproximada de la viscosidad cinemática se puede establecer como el tiempo en segundos que tarda en pasar a través de un tubo capilar una determinada cantidad de aceite, considerando el aceite a una temperatura de 40°C ó bien, a 100°C. La unidad que se emplea es el centistoke (cSt)⁹.

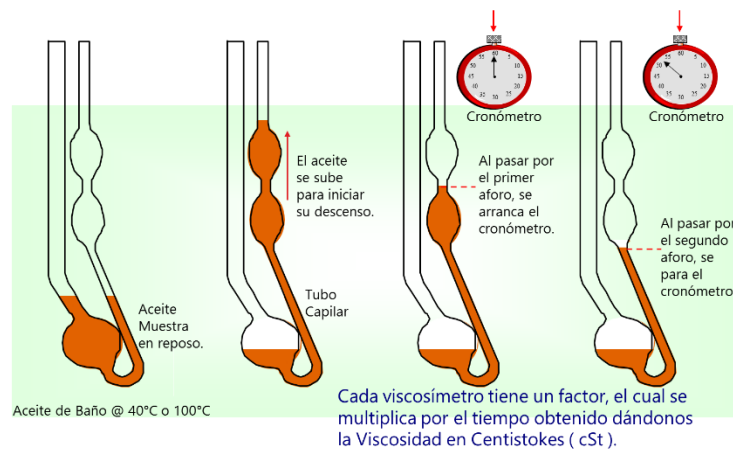
La viscosidad, por tanto, es una propiedad que depende en gran medida de la temperatura que tenga el fluido en cada momento y es clasificada por la "Sociedad

⁹ ALBARRACÍN AGUILON, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Tomo I 2ª Edición. Colombia. 1993 p 154

de Ingenieros del Automóvil" (SAE, Society of Automotive Engineers) mediante una combinación alfanumérica (p. ej., 5W-40) estableciéndose así una escala de medida para los aceites de motor reconocida internacionalmente. Resumiendo por tanto, la viscosidad cinemática mide el tiempo que tarda una cantidad determinada de aceite en fluir a través de un orificio a una temperatura estándar. Cuanto más tarde, mayor es la viscosidad de ese aceite, y por consiguiente mayor será su código SAE.

En el argot mecánico se tiende a evaluar la viscosidad del lubricante frotando la capa de aceite entre los dedos, lo que es una falla dado que no podemos determinar si el lubricante ha sido contaminado con hollín generando una mayor viscosidad, o en el peor de los casos si su viscosidad ha bajado debido a la dilución con combustible. (Figura 5)

Figura 5. Equivalencia de grados de viscosidades



Fuente ALBARRACÍN AGUILON, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Tomo I 2ª Edición. Colombia. 1993 p 154

Para el caso de lubricantes para motores aplica la siguiente tabla 2

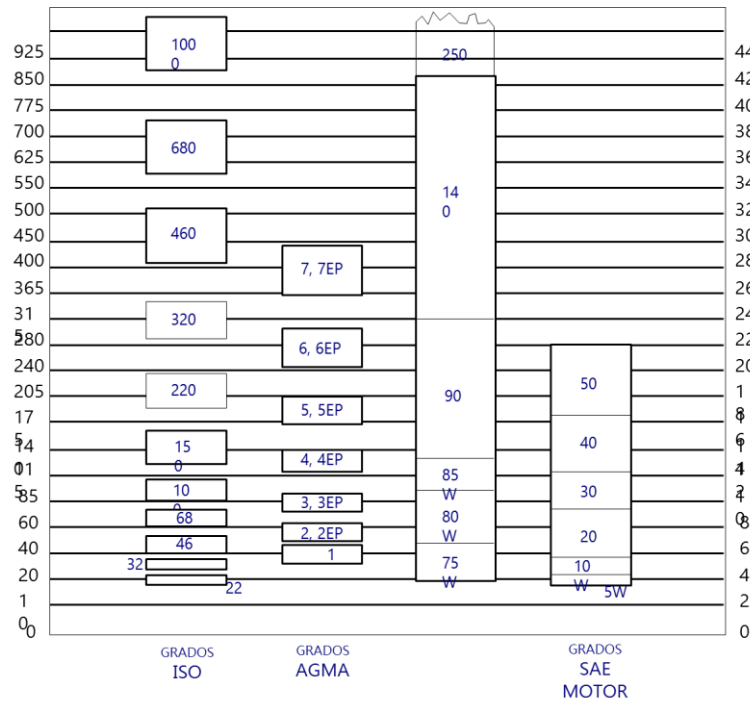
Tabla 2. Grados de viscosidades

Viscosidad SAE	Viscosidad Cinemática cSt a 100 °C	
	Min.	Máx.
20	5,6	9,3
30	9,3	12,5
40	12,5	16,3
50	16,3	21,9
5W-30	9,3	12,5
10W-40	12,5	16,3
20W-50	16,3	21,9

Fuente ALBARRACÍN AGUILON, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Tomo I 2ª Edición. Colombia. 1993 p 154

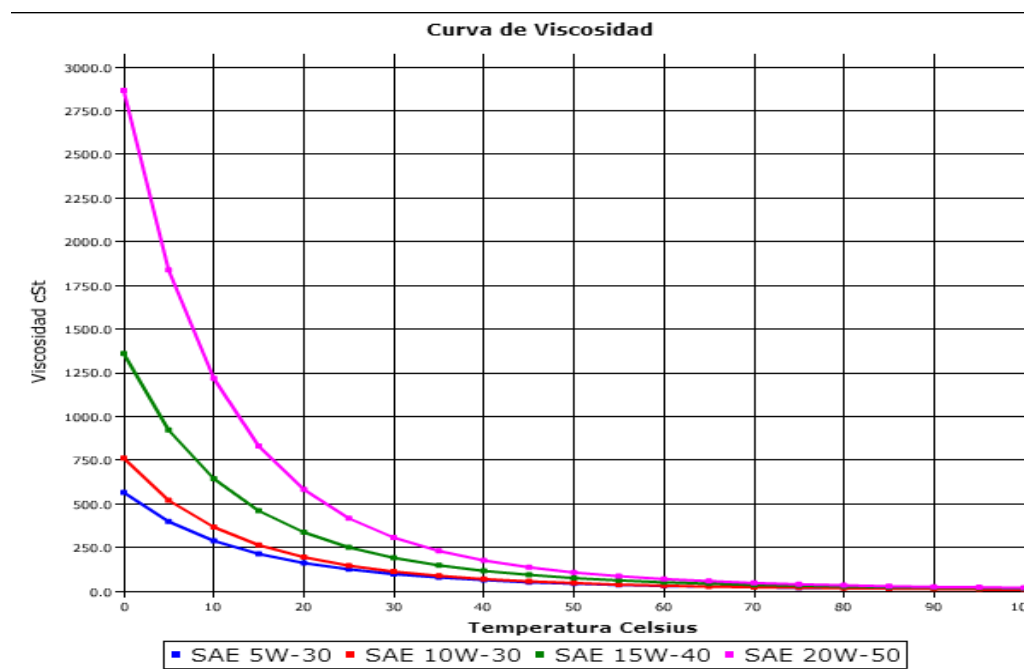
Los fabricantes de equipos pueden recomendar lubricantes bajo especificaciones SAE, ISO o AGMA; como se ha mencionado lo más aconsejable es ceñirse a esta recomendación, sin embargo existe una tabla de equivalencias para los grados de viscosidad entre las especificaciones en mención: (Figura 6,7)

Figura 6. Comparaciones del grado de viscosidad de los lubricantes



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

Figura 7. Curva de viscosidad de los lubricantes



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

La grafica anterior muestra el comportamiento de diferentes tipos de lubricantes según la temperatura de operación, por lo que podemos concluir que un lubricante 5W-30 protegerá al equipo en iguales condiciones que un 15W-40 a temperatura de operación. Y lo más importante que el 5W-40 lubricara con mayor rapidez dado su comportamiento de baja viscosidad en el arranque en frio, contribuyendo a extender la vida útil del motor y disminuyendo el consumo de combustible ya que la bomba de aceite no necesita realizar tanto esfuerzo para mover un lubricante tan viscoso¹⁰.

4.1.4. Índice de viscosidad: es una propiedad muy importante de los aceites pero a la vez muy desconocida, muchos asumen que dos aceites con el mismo grado de

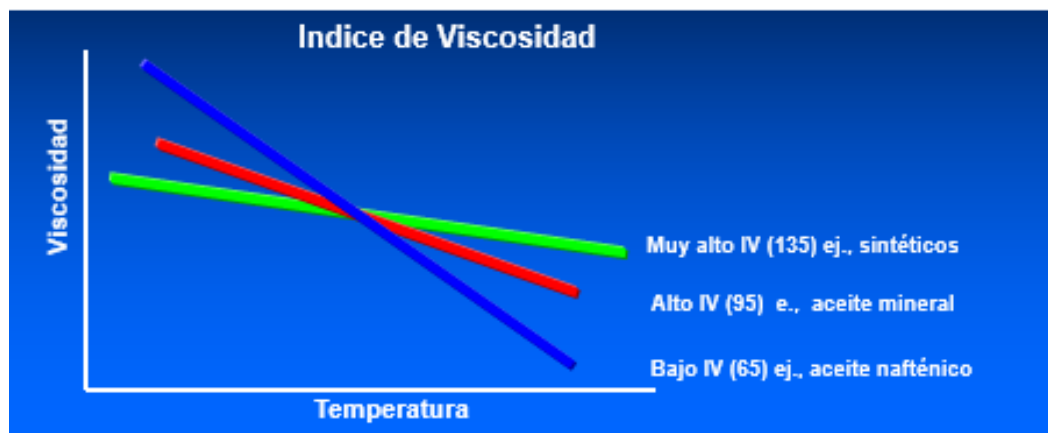
¹⁰ ALVAREZ CARDONA, Alberto. CORTES MARIN, Elkin Alonso. ALVAREZ MEJIA, Fernando. Profesores Asociados. Criterios para la Selección y Aplicación de Lubricantes. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1998 p 25-34

viscosidad ISO o SAE tendrán la misma viscosidad y comportamiento en todas las temperaturas operacionales.

Las viscosidades ISO o SAE están establecidas a una temperatura estándar y es necesario calcular la viscosidad a las temperaturas operacionales para determinar la funcionalidad de ese aceite. La variación de viscosidad depende del ÍNDICE DE VISCOSIDAD que tiene cada aceite.

El Índice de Viscosidad (IV) es la razón de cambio de la viscosidad de un lubricante con la temperatura. Mientras más alto sea en IV, menos cambiará el lubricante con la temperatura. Esto marca una gran diferencia en calidad entre algunas marcas de lubricantes aunque su viscosidad sea la misma. (Figura 8)

Figura 8 Viscosidad del lubricante



Fuente 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

En la gráfica se observa como un lubricante con alto (IV) será más estable su viscosidad en altas temperaturas que un lubricante con bajo (IV).

4.2 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 3)

Tabla 3. 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 engranajes cónicos bajo condiciones moderadamente severas.	Transmisiones manuales y ejes cónicos espirales operando bajo condiciones de 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

Fuente 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

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.

4.3 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.

El aceite para una transmisión automática debe que ser muy resistente a la oxidación, a los cambios de viscosidad por las temperaturas y el uso, debe poseer características de fricción correctas para cada tipo de caja. Además tiene que mantener todas las superficies limpias, así como las válvulas libres de barniz.

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.

4.3.1 Especificaciones para lubricantes de transmisiones automáticas. Se encuentran también especificaciones por parte de Chrysler (ATF+3 y ATF+4 o MS7176 y MS9602), Los aceites de tipo TO-2 y TO-4 se emplean como fluidos para transmisiones de servicio pesado, aprobados por Caterpillar y Allison fabricante de transmisiones, respectivamente. U (Tabla 4)

Tabla 4. Especificaciones para lubricantes de transmisiones automáticas

La Función del Aceite en la Transmisión Automática	Los requerimientos para un ATF
Proveer una correcta fricción para los materiales específicos en cada transmisión	Tener compatibilidad y no ser corrosivo con las piezas y los materiales
Transferir fuerza	Mantener su estabilidad térmica
Circular rápidamente en el frío	Poseer alta bombeabilidad en el frío
Lubricar todos los componentes	Tener buena detergencia para mantener las piezas libre de barniz y lodo
Actuar como líquido hidráulico	Minimizar espuma y desgaste
Disipar el calor generado	Poseer estabilidad contra oxidación.
Desplazarse en de los discos en el momento correcto	Correcto coeficiente de fricción para responder a materiales específicos

Fuente MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingeniería de Lubricación. Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque. Setiembre de 2011 p 17-30 p 17-30

4.4 SELECCIÓN DE LUBRICANTES PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

Los sistemas hidráulicos son muy usados en la maquinaria pesada 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.

El equipo pesado (Caterpillar®, Komatsu®, etc.) requiere un aceite hidráulico muy diferente de los equipos industriales. Su diseño para alta carga y condiciones severas donde el aceite no tiene tiempo para demulsificar y asentar el agua requiere de un aceite que maneje el agua que ingresa al sistema, evitando que el agua

ingrese separada del aceite y de golpe cuando el equipo está en constante movimiento, dañando sus componentes¹¹.

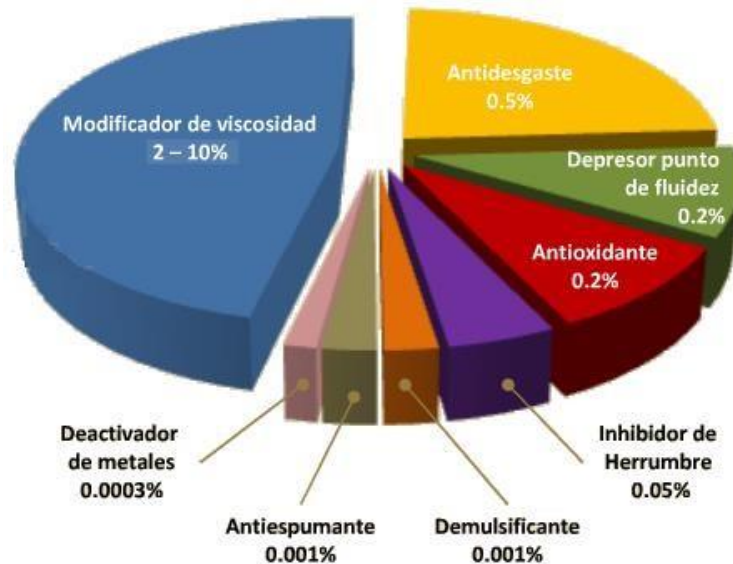
Los sistemas hidráulicos, como consecuencia natural de su funcionamiento, experimentan un desgaste acelerado a menos que se protejan con aceites hidráulicos con características anti desgaste. Las presiones por impulsos en bombas y válvulas pueden aumentar el contacto de metal contra metal a menos que exista una protección anti desgaste. Los aditivos anti desgaste AW son compuestos polares donde un polo es atraído al metal y el otro polo es soluble en aceite, causando que se adhieren a las superficies metálicas. Esto minimiza el contacto metal a metal, que es más severo en bombas de paletas, de pistones y de engranajes. Al aumentar las presiones hidráulicas por encima de los 2000 psi, la necesidad de protección anti desgaste aumenta proporcionalmente.

Caterpillar® requiere mucho más Zinc y Fósforo para las cargas que se producen y exige que un fluido hidráulico tenga un mínimo de 900 ppm de Zinc. Pero las nuevas exigencias ambientales han requerido que se diseñen aceites hidráulicos libres de zinc por tema de contaminación.

4.4.1 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. (Figura 9)

¹¹ MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingeniería de Lubricación. Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque. Setiembre de 2011

Figura 9. Formulación típica de un fluido hidráulico Anti desgaste “AW”



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

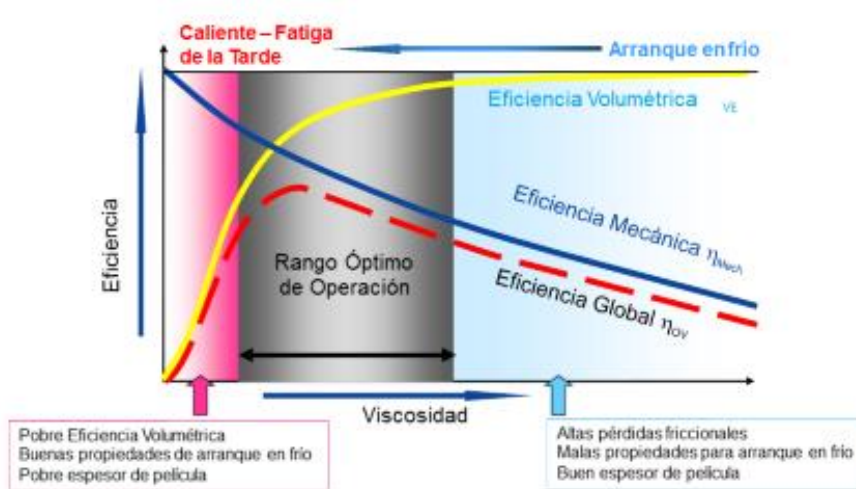
4.4.2 Requerimientos de los fluidos hidráulicos.

- Eficiencia hidráulica
- 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
- Buena demulsibilidad

La eficiencia hidráulica es uno de las principales requerimientos que se buscan en un aceite hidráulico para maquinaria pesada, debido a que dicha eficiencia tiende a disminuir a medida que el equipo trabaja durante su jornada, es decir; la eficiencia, se cae cuando el equipo adquiere temperatura de operación, debido al cambio de la viscosidad del aceite lo que genera fugas internas en las bombas hidráulicas, generando pérdida de eficiencia mecánica y mayor consumo de combustible por el

esfuerzo de recuperar las fugas en la bomba.(Figura 10)

Figura 10. Eficiencia hidráulica



Fuente TRUJILLO, Gerardo. La Lubricación Como Elemento Fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial. Artículos Técnicos. Noria Latin America. Leon GTO, México p 264-269 p 264-269

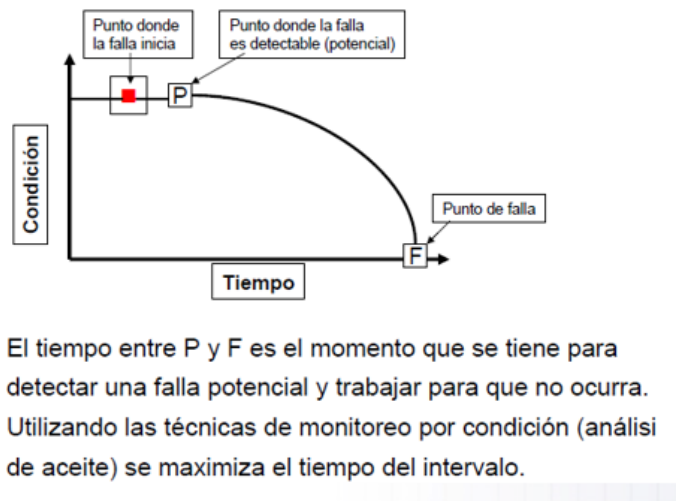
4.4.3 Otras especificaciones. Adicionalmente también se encuentran especificaciones propias de fabricantes de instrumentación hidráulica tales como: Denison, Vickers, Cincinnati Milacron, Rexroth, Thyssen, German Steel Industry, Commercial Hydraulics, entre otros¹².

¹² TRUJILLO, Gerardo. La Lubricación Como Elemento Fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial. Artículos Técnicos. Noria Latin America. Leon GTO, México

5. PROGRAMA DE ANÁLISIS DE ACEITE

Esta es una de las herramientas más valiosas de mantenimiento proactivo, que la gerencia de mantenimiento tiene a su disposición para lograr incrementar la confiabilidad de sus equipos y obtener grandes reducciones en costos de mantenimiento asociados con la lubricación. El objetivo de un programa de mantenimiento basado en análisis de aceite no se limita sólo a indicar cuando se debe cambiar el aceite, también es fundamental determinar mediante el análisis de aceite la existencia de una falla potencial¹³. (Figura 11)

Figura 11. Detección preventiva de fallas

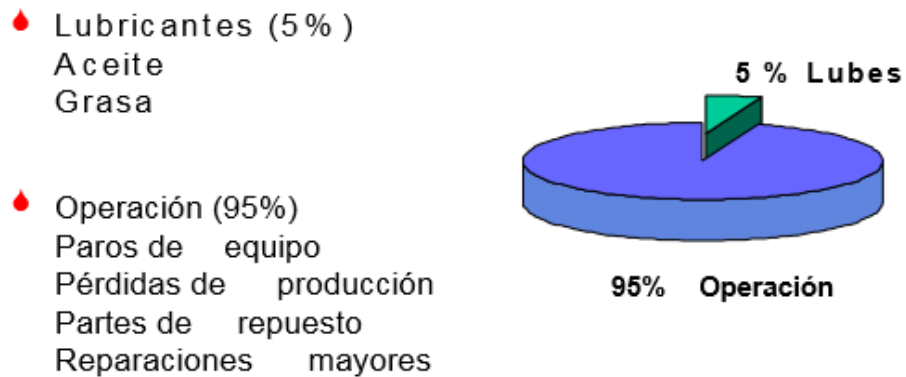


Fuente RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia p 534 -538 p 534 -538

En los costos asociados al mantenimiento, los correspondientes al lubricante constituyen una mínima parte dentro de todos los gastos operativos, pero es en estos productos que se pueden hacer las mayores mejoras e influir en forma determinante sobre la reducción del resto de costos que constituyen el mayor rubro e impactar positivamente también en la productividad. (Figura 12)

¹³ RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia

Figura 12. Costos de Mantenimiento



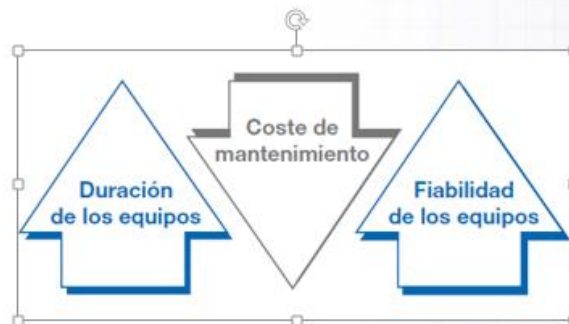
Fuente RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia p 534 -538

Con la implantación del programa de análisis de aceite se busca disminuir considerablemente los costos de mantenimiento. (Figura 13)

Figura 13. Análisis de aceite usado

- Es un análisis de tendencias
- Supervisión de los equipos
- Un análisis de una secuencia de datos en función del tiempo.

- Condición del aceite(\$ Intervalos de drenaje extendido)
- Condición del equipo(\$ Reparaciones planeadas/ Reemplazos)
- Nivel y tipo de contaminantes en el aceite(\$Extender el aceite & vida del equipo)



Fuente RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia p 534 -538

El mantenimiento basado en condición es el proceso de determinar la condición de un equipo mientras este se encuentra en operación, de forma que las actividades de reparación en componentes con problemas, se realice de manera más eficiente y dirigida hacia las causas y antes de que se produzca la falla.

Se registra y analiza las condiciones del equipo periódicamente. Esta información es graficada para observar la tendencia que muestren los cambios en la condición de los equipos en un período de tiempo. La proyección de la tendencia de la condición permite la detección temprana de problemas, antes que se conviertan en críticos¹⁴. El análisis de estas mediciones proporciona información de la condición interna de los equipos y de cual pieza o parte puede estar desgastado o defectuoso. Este análisis se utiliza para programar una actividad de mantenimiento orientado a eliminar la causa de la falla, representando un mantenimiento más eficiente y de menos costo.

Un programa satisfactorio de análisis del aceite puede:

- Asegurar la fiabilidad de los equipos.
- Disminuir el coste del mantenimiento.
- Disminuir el coste de mantenimiento de la maquinaria durante
- toda su vida útil.

El Análisis Signum de aceite simplifica el proceso de control de la lubricación, y al mismo tiempo produce resultados fiables que ayudan a los profesionales del mantenimiento a tomar las decisiones más convenientes para su trabajo.

¹⁴ TRUJILLO, Gerardo. La Lubricación Como Elemento Fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial. Artículos Técnicos. Noria Latin America. Leon GTO, México

5.1 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Un programa eficiente de análisis de aceite implica el desarrollo ciertas actividades de vital importancia para el éxito, donde una falla en alguna de estas impacta negativamente los resultados perseguidos. Dentro de estas actividades se pueden mencionar:

- Establecer objetivos e implantar un sistema de medida.
- Obtener el compromiso de la gerencia.
- Entrenamiento de personal.
- Selección de equipos según su criticidad a incluir en el programa de monitoreo (SIGNUM)
- Procedimiento adecuado de toma de muestras (localización óptima del puerto de muestra, frecuencia adecuada, envío oportuno de muestras.
- Poner en práctica el programa
- Reaccionar ante los resultados de los análisis.
- Comparar los resultados del programa con los objetivos.
- Auditoria constante y correcciones al programa.
- Documentar los ahorros.

5.1.1 Establecer objetivos: ningún programa puede funcionar sin saber lo que se quiere obtener, para el caso es la reducción de los costos de manteamiento asociados a la lubricación.

5.1.2 Compromiso de gerencia: es fundamental contar con el apoyo de la alta gerencia, ya que durante el proceso de instalación del programa se requiere de tiempo y capacitación del personal. Los resultados de este programa son a mediano y largo plazo.

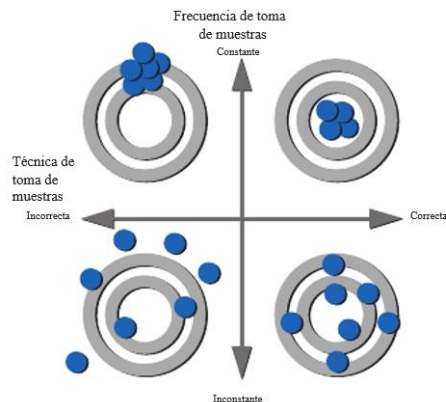
5.1.3 Entrenamiento de personal: como se ha mencionado es parte fundamental para el éxito del programa, ya que sin un adecuado entrenamiento no hay posibilidades de toma de decisiones correctas.

5.1.4 Selección de equipos. La apropiada selección de los equipos puede considerarse uno de los elementos básicos para obtener el éxito esperado en un programa de análisis de aceite; incluir todos los componentes lubricados puede distanciar este objetivo¹⁵. 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.

5.1.5 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. Cuándo, dónde y cómo se tomen las muestras repercutirá en la calidad de los resultados.

Para obtener los resultados deseados, tome las muestras siempre a los mismos intervalos y en el lugar correcto, aplicando técnicas de toma de muestras adecuadas. (Figura 14)

Figura 14. Proceso toma de muestras



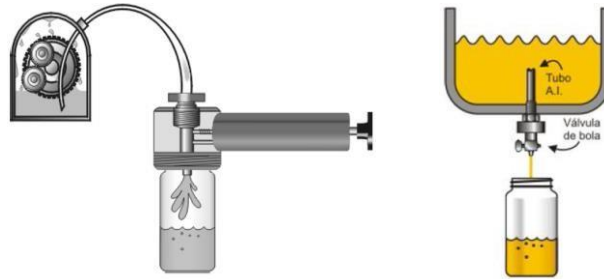
Fuente RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia p 534 -538

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

¹⁵ TRUJILLO, Gerardo. Op., Cit.p 245

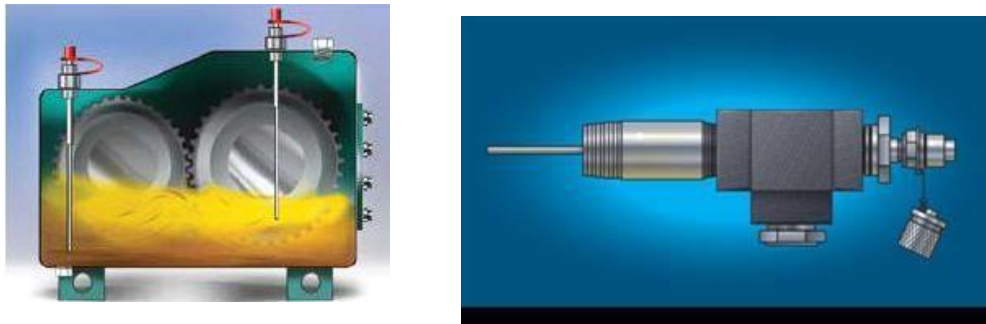
de muestreo. Existen tres procedimientos principales para la extracción de la muestra: a través del carter, por medio de la bomba de vacío y el más adecuado a través de puertos de muestreo. (Figura 15,16)

Figura 15. Toma de muestras con bomba de vacío y por carter



Fuente OLLOQUI, Aquiles. Bases Para Un Buen Programa de Lubricación Preventiva. Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C. Monterrey. 1997 p 28-35 p 28-35

Figura 16. Toma de muestra por puerto de muestreo



Fuente OLLOQUI, Aquiles. Bases Para Un Buen Programa de Lubricación Preventiva. Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C. Monterrey. 1997 p 28-35

Utilizando cualquiera de las técnicas de muestreo se 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.
- 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 el objetivo de este programa es incrementar los periodos de cambio de 250 horas a 450 horas, se deben tomar 3 muestras como un intervalo de 150 horas para establecer tendencias.
- Punto de muestreo. Para tener una adecuada trazabilidad de los resultados obtenidos es recomendable tomar la muestra del mismo punto; ya que no existen válvulas para la obtención de la muestra se tomaran por dispositivo de vacío directamente del cárter.
- 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 sellados¹⁶.
- 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.

¹⁶ OLLOQUI, Aquiles. Bases Para Un Buen Programa de Lubricación Preventiva. Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C. Monterrey. 1997

5.1.6 Poner en práctica el programa: Muchos programas de análisis no obtienen los resultados esperados debido a la falta de constancia en la ejecución del programa.

5.1.7 Reacción ante los resultados: para el logro de los objetivos es fundamental que tomemos acciones inmediatamente obtengamos los resultados del laboratorio.

5.1.8 Auditoria contante al programa: es muy importante realizar el seguimiento de desempeño al programa con el fin de establecer nuevas metas según se consigan los objetivos o por el contrario realizar los ajustes necesarios.

5.1.9 Documentar los ahorros: lo que no se documenta no se puede medir, uno de los objetivos de este programa es reducir los costos de mantenimiento asociados a la lubricación. Por tal motivo con el departamento de trazabilidad se realizaran revisiones trimestrales con el fin de medir los avances y resultados del trabajo realizado.

5.1.10. Pruebas de laboratorio. Se empieza definiendo al Análisis Periódico de Aceite como una serie de pruebas de diagnóstico que nos llevan a medir la contaminación y degradación en una muestra de aceite. Las pruebas que realiza son las siguientes:

➤ **Detección de elementos de desgaste.** Se realiza mediante un Equipo Plasma ICP (Se muestra en foto adjunta). Se detectan 22 elementos metálicos, Desgastes, Contaminantes y Aditivos. Cu, Fe, Cr, Ni, Ti, V, Cd, Ag, Pb, Sn, Al, Si, Na, K, Mo, B, Ba, Ca, Mg, Mn, P y Zn. La combinación de estos elementos manifiesta un normal o anormal desgaste de componentes de la máquina. (Figura 17)

Figura 17. Detección de elementos de desgaste



Fuente 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

➤ **Análisis de la Condición del Aceite.** El Análisis de la Condición del Aceite se determina mediante un Espectrofotómetro Infrarrojo¹⁷. Esta prueba también se conoce como FT-IR, identifica y cuantifica componentes orgánicos al medir su absorción de luz infrarroja a la longitud de onda específica de cada componente orgánico. Este Análisis Infrarrojo (IR) compara muestras tanto de aceite usado como de aceite nuevo. Se aplica a los aceites de todos los compartimientos. (Figura 18)

Figura 18. Análisis de la Condición del Aceite.



Fuente 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

¹⁷ 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 p 25-34

Mide la cantidad de Hollín, Oxidación, Nitración y Azufre... También puede detectar contaminación con Agua, Combustible o Glicol... Estas cantidades son expresadas en porcentajes (%).

- Pruebas físicas. Las pruebas físicas confirman la presencia de Agua, Combustible y Glicol en el Aceite.

AGUA (Water).- La presencia y cantidad aproximada de agua se detecta por la "Prueba de Chisporroteo" Método Karl Fisher en un plato caliente (Hot Plate) a una temperatura Entre 230°F y 250°F. Se coloca una gota de aceite. La cantidad de chisporroteo indica la cantidad de agua presente (0.1%, 0.5%, 1.0% y +1.0%).

COMBUSTIBLE (Fuel).- La contaminación con combustible se comprueba por la "Prueba de Destello" Método Setaflash. En un Setaflash calibrado a una temperatura de 325°F se inyecta 4 ml de aceite motor en un recipiente cerrado del Setaflash y se cocina 2 minutos. Los vapores de combustible impulsados por el calor producirán destellos, si la dilución es igual o mayor que el 4.0%.

GLICOL (Refrigerante o Anticongelante).- La presencia de anticongelante se determina mediante una prueba química (añadir un reactivo químico a la muestra de aceite), si hay presencia de glicol, se producirá un cambio de color.

- Conteo de Partículas. Se utiliza como equipo un Contador de Partículas (similar al mostrado en la foto adjunta). Cuantifica y categoriza, según el tamaño, la cantidad de partículas existentes en el aceite hasta un tamaño de 100 micrones. Cuantifica tanto las partículas metálicas como las no metálicas. Este análisis se aplica a los aceites de sistemas cerrados y no al de un sistema abierto (motor). Utiliza el Código ISO 4406 para definir los resultados del análisis. (Figura 19)

Figura 19. Conteo de Partículas.



Fuente 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

➤ Viscosidad. Para medir la viscosidad de un fluido, se utiliza un aparato denominado "Viscosímetro". Existen 2 escalas de medición:

- A 40°C (Representa la temperatura de ambiente)
- A 100°C (Representa la temperatura de operación)

Las unidades de medición más comunes son:

- Centistokes (cSt), cuando la temperatura está dada en °C (Grados Celsius o Grados Centígrados)
- SecondSaybolt Universal (SSU), cuando la temperatura está dada en °F (Grados Fahrenheit) (Figura 20)

Figura 20. Viscosidad



Fuente 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

➤ Índice PQ. El PQ es un equipo automático para determinar cuantitativamente el nivel de partículas ferromagnéticas en muestras de aceites usados. Estas partículas ferrosas pueden provenir del acero, hierro o alguna aleación ferrosa que son inclusive mayores que 10 micras. Por qué usar la tecnología PQ?... Una medida del PQ es una herramienta esencial en los programas de análisis de aceite usado ya que puede identificar partículas ferrosas grandes no detectadas por otras técnicas analíticas. El resultado es mostrado como un “Índice PQ”. Este índice es una medida adimensional que puede relacionarse con los valores de los códigos ISO de la técnica del Conteo de Partículas y/o con las ppm obtenidas por el equipo ICP Plasma. Cabe resaltar que este tipo de análisis apunta especialmente a determinar el nivel de desgaste interno de todos los componentes de sus máquinas permitiéndonos mayor precisión en el diagnóstico predictivo. Signum realiza los siguientes tipos de análisis

➤ Análisis esencial

El análisis Signum de aceite le proporciona opciones de análisis basadas en la aplicación del punto de toma de muestras.

Los datos del punto de toma de muestras que proporciona el usuario durante el registro online nos ayudan a determinar las opciones de análisis del servicio Signum y a interpretar los resultados de las muestras de la maquinaria. Signum proporciona una evaluación general basándose en el fabricante del equipo, el modelo y otros parámetros de trabajo.

- Análisis Signum de aceite: ofrece el análisis básico como específico de la aplicación para proporcionarle una evaluación del equipo, la contaminación y el estado del lubricante.

Los métodos de mantenimiento más exigentes pueden requerir un nivel de análisis avanzado, por medio de ensayos adicionales. Signum ofrece opciones adicionales basadas en la aplicación del usuario:

- Servicio ampliado: realiza ensayos adicionales para secundar el programa de intervalo de cambio de aceite optimizado (ODI) y ayuda a detectar el desgaste prematuro de los componentes, para obtener un rendimiento óptimo del componente a evaluar.
- Control de la contaminación: lleva a cabo ensayos adicionales que controlan la limpieza del sistema y miden el rendimiento de la lubricación, con objeto de aumentar la seguridad. Este servicio está diseñado específicamente para aplicaciones de recirculación, compresores, transmisiones, hidráulicas y de turbinas.
- Servicio máximo: realiza ensayos adicionales con objeto de aumentar la seguridad y detectar problemas antes de que causen costosos tiempos de inproductividad o caras reparaciones. Este servicio está diseñado para aplicaciones de turbinas de gas y vapor.

Dentro de las pruebas más comúnmente aplicadas están:

- Viscosidad.
- Metales de desgaste.
- 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.
- El TBN.

5.1.11 Interpretación de los resultados. El informe del análisis Signum de aceite proporciona una evaluación del rendimiento codificada con colores y de fácil lectura, con una de las clasificaciones siguientes:

- **Alerta:** las condiciones existentes sobrepasan los límites aceptables o requieren medidas de corrección. Deben tomarse medidas para confirmar y corregir la situación.

- **Precaución:** las condiciones actuales pueden requerir la supervisión o el diagnóstico, para disminuir al mínimo el impacto sobre los equipos y el rendimiento del lubricante.

- **Normal:** el estado de los equipos, la contaminación y el lubricante está dentro de los límites aceptables.

5.1.12 Límites y Control de la tendencia. 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; pero también se pueden establecer según las condiciones operacionales de cada equipo o por criterio, es decir no es lo mismo un equipo operando fuera de carretera que un equipo en carretera. 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. 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.

5.1.13 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 (Tabla 5,6)

Tabla 5. Posibles fuentes de metales de desgaste por componente

Origen de los metales de desgaste							
	Motor	Transmisión	Diferencial	Planetarios	Convertidor de Torque	Dirección Hidráulica	Mandos Finales
Hierro	Cilindros	Engranés	Engranés	Engranés	Caja	Bomba	Engranés
Fe	Monoblock	Discos	PTO	Flechas	Rodamientos	Motor	Rodamientos
	Engranés	Caja	Flechas	Rodamientos	Flechas	Engranés	Flechas
	Cigüeñal	Baleros	Baleros	Caja		Pistones	Caja
	Pernos	Bandas de freno	Caja			Cilindros	
	Anillos	Sincronizadores				Varillas	
	Arbol de Levas	Bombas				Rodamientos	
	Bomba de Aceite	PTO				Válvulas	
	Camisas					Caja de la bomba	
Cobre	Bujes de Pernos	Embragues	Bujes	Cojinetes	Bujes	Plato de bomba	Bujes
Cu	Metales (cerca de falla)	Discos	Arandelas de empuje	Arandelas de empuje	Arandelas de empuje	Pistones de bomba	Arandelas de Empuje
	Bujes de levas	Bujes	Bomba de aceite (cuando se usa)		(donde se usan)	Ranura de cilindros	
	Enfriador de aceite	Arandelas de empuje				Bujes	
	Bujes de tren de válvulas	Enfriador de Aceite				Enfriador de aceite	

	Motor	Transmisión	Diferencial	Planetarios	Convertidor de Torque	Dirección Hidráulica	Mandos Finales
	Arandelas de empuje					(algunos)	
	Gobernador						
	Bomba de Aceite						
Aluminio	Pistones	Bombas	Arandelas de empuje		Turbina impulsora	Caja de motor	Bomba de Aceite
Al	Cojinetes (metales)	Embragues (algunos)	Baleros		Bomba	Caja de bomba	Arandelas de empuje
	Bujes	Arandelas de empuje	(algunos)		(algunas)	Collarín de cilindro (algunos)	
	Monoblock (algunos)	Bujes					
	Cárter						
	Bujes de bomba de aceite						
Cromo	Anillos	Baleros de Rodillos	Baleros de Rodillos	Baleros de Rodillos	Baleros de Rodillos	Varillas	Baleros de Rodillos
Cr	Baleros de rodillos (algunos)	(algunos)	(algunos)	(algunos)	(algunos)	Carretes	(algunos)
	Camisas	Tratamiento de agua				Baleros de Rodillos (algunos)	
	Válvulas de escape	(enfriador de aceite)					
Estaño	Pistones (recubrimiento)						
	Cojinetes (recubrimiento)						
	Bujes						
Plomo	Cojinetes (metales)	Aditivos del Aceite	Aditivos del Aceite	Aditivos del Aceite			Aditivos del Aceite
	Mejorador de Octano en Gasolinas	(algunos)	(algunos)	(algunos)			(algunos)
Silicio	Aditivo Antiespumante	Cubierta de discos	Tierra ingerida	Tierra ingerida	Tierra ingerida	Tierra ingerida	Tierra ingerida
	Tierra ingerida	Tierra ingerida					
Sodio	Aditivo del aceite (algunos)	Aditivos del Aceite	Tierra ingerida	Tierra ingerida	Aditivos del Aceite	Aditivos del Aceite	Aditivos del Aceite
	Anticongelante	Anticongelante			Tierra ingerida	Anticongelante	Sal de camino
	Sal de camino	Sal de camino				Tierra ingerida	Tierra ingerida
	Tierra ingerida	Tierra ingerida					

Fuente MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingeniería de Lubricación. Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque. Setiembre de 2011 p 17-30

Tabla 6. 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.

Fuente MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingeniería de Lubricación. Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque. Setiembre de 2011 p 17-30

5.1.14 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 por la degradación y contaminación de sus componentes. 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).

5.2 ESTUDIO DE LUBRICACION

Es la etapa donde se recogen los datos relevantes para el mantenimiento, se identifican los diferentes niveles de equipos según su criticidad al igual que aquellos mecanismos susceptibles de lubricación. Se tendrán en cuenta las condiciones particulares de funcionamiento de cada máquina, para poder realizar una recomendación idónea del lubricante más apropiado, valorando siempre la recomendación del fabricante y la experiencia del personal de mantenimiento de la empresa auditada.

Esta una que tarea corresponde a una de las etapas de clase mundial, ya que nos permite de manera detallada conocer cómo está la gestión de lubricación, partiendo desde la recepción del lubricante y terminando con las prácticas de disposición final de aceite usado. Uno de los aspectos importantes del estudio de lubricación es que nos permite identificar oportunidades de mejoramiento, Sugerir necesidades de entrenamiento y documentación de procedimientos, Reducir costos relacionados con la administración de la lubricación, entre otros.

Como parte inicial del plan piloto de mantenimiento se establece que el pilar debe ser el estudio de lubricación por tal motivo nos apoyamos en uno de los posibles proveedores como lo es Ludesa-ExxonMobil ya que el proveedor actual Gulf no cuenta con el mencionado servicio.

El reporte contiene recomendaciones y hallazgos de diferentes áreas auditadas. La siguiente sección está conformada por una lista de acciones claves que pueden maximizar los beneficios de la implementación de las mejores prácticas de lubricación para la industria y proveer una mejora continua en la gestión de la lubricación.

Por medio de este reporte se realiza una comparación del estado actual de los elementos que conforman el proceso de lubricación y se compara contra el estado óptimo de referencia (ORS), de esta forma establecemos un punto de partida en las mejores prácticas que lleven a la excelencia en lubricación.

El estudio de lubricación se realiza con el apoyo del ingeniero de soporte de Ludes-ExxonMobil y abarca desde la recepción hasta la disposición final de aceite usado, dicho estudio de lubricación, es un procedimiento de análisis que permite:

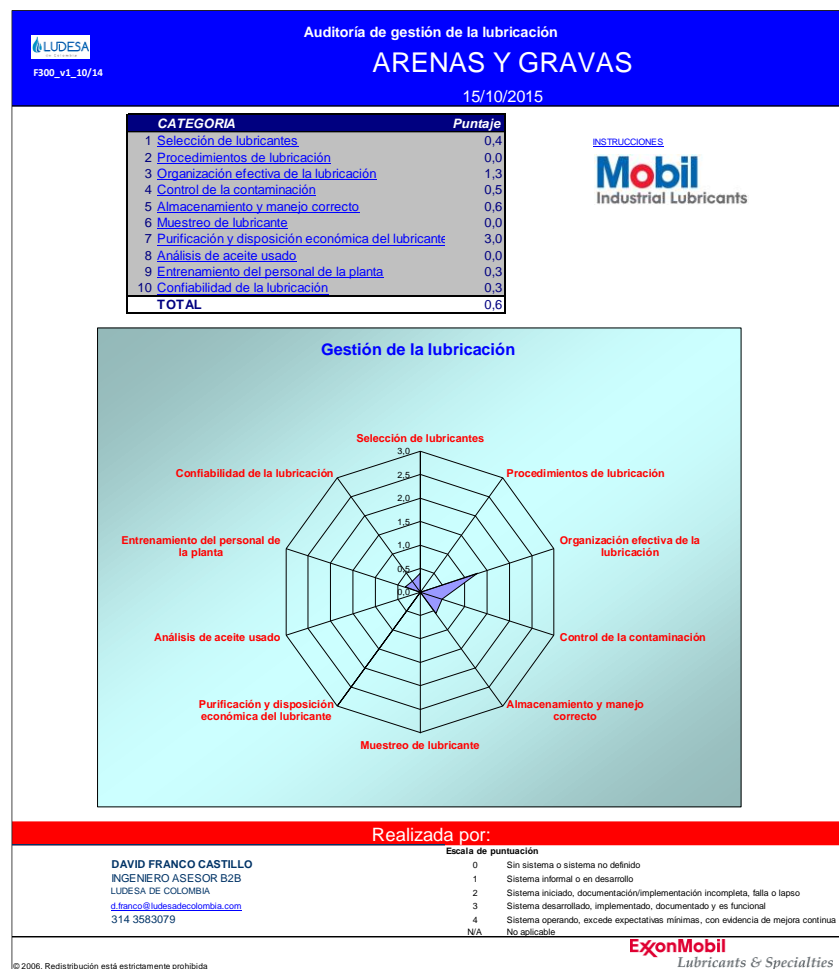
- Visualizar el ambiente de operación de toda maquinaria.
- Facilitar la Identificación de cada equipo
- Suministrar Información del lubricante y la recomendación individual de mantenimiento.
- Identificar el Periodo, tipo de mantenimiento y recomendaciones del fabricante.
- Determinar e identificar fallas recurrentes en el equipo.

- Evaluar la información y tomar decisiones acerca del tipo de lubricante correcto, operación de la máquina, recomendaciones de mantenimiento (programa de análisis de aceite usado, etc.)
- Determinar estado actual del proceso de mantenimiento y sus posibilidades de mejora.
- Identificar causas potenciales de falla.

Como resultado del estudio de lubricación se obtiene una gráfica la cual permite

visualizar y cuantificar la poca o nula profesionalización de las prácticas de lubricación, lo que nos lleva a tomar acciones correctivas de manera inmediata. Los detalles de estas recomendaciones se no se describen por la baja calificación obtenida ya que se debe iniciar prácticamente desde cero en las diferentes áreas. (Figura 21)

Figura 21. Estudio de lubricación



Fuente Reporte Auditoria ExxonMobil

Luego de un periodo de 3 meses se realiza nuevamente un estudio de lubricación con el fin de establecer el avance en las prácticas de lubricación, durante este

tiempo se invita a diferentes proveedores de lubes a trabajar conjuntamente con el fin de obtener apoyo en capacitación, inversión e implementación del programa de aceite usado como parte de un beneficio mutuo.

Los resultados obtenidos del segundo estudio de lubricación realizado en enero del 2016 son los siguientes:

5.2.1 Revisión del programa en general. Esto permite la creación de la fotografía actual del proceso de gestión de la lubricación luego de las correcciones tomadas según informe anterior, al compararlo con un proceso de clase mundial, se genera un plan de acción para mejorar. La auditoría sobre todos los resultados fue de 2,6 sobre 4. Esto se basa en las siguientes métricas:

Puntaje

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

Continúa N/A no aplicable.

Las áreas donde se han relevado oportunidades de mejora fueron calificadas de la siguiente manera: (Figura 22,23)

Figura 22. Resultados del estudio de lubricación

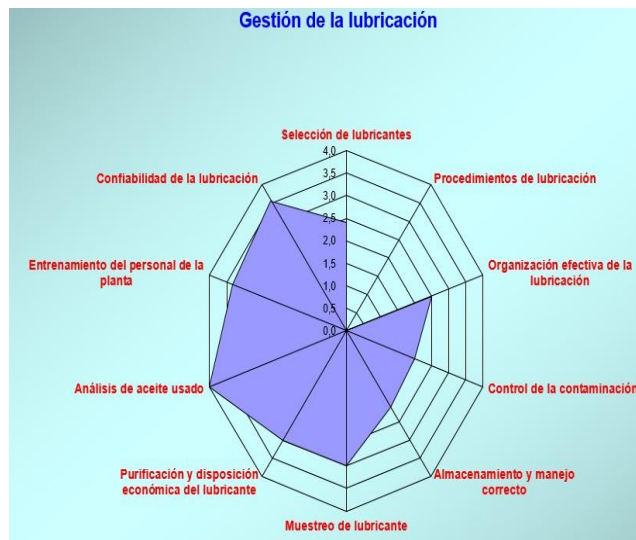
CATEGORIA	Puntaje
1 Selección de lubricantes	2,4
2 Procedimientos de lubricación	0,0
3 Organización efectiva de la lubricación	2,5
4 Control de la contaminación	2,0
5 Almacenamiento y manejo correcto	2,1
6 Muestreo de lubricante	3,0
7 Purificación y disposición económica del lubricante	3,0
8 Análisis de aceite usado	4,0
9 Entrenamiento del personal de la planta	3,3
10 Confiabilidad de la lubricación	3,6
TOTAL	2,6

INSTRUCCIONES



Fuente Reporte Auditoria ExxonMobil

Figura 23. Grafica gestion de la lubricacion



Fuente Reporte Auditoria ExxonMobil

Son evidentes los avances obtenidos gracias a la implementación de las buenas prácticas de lubricación, pero aún existe muchas oportunidades de mejora que se documentan a continuación.

5.2.2 Selección de lubricantes. Es fundamental para cualquier programa de lubricación comenzar por una correcta selección del lubricante y continuar por la minimización de productos, marcas y proveedores para eliminar riesgos de mezclas, contaminaciones y reducir costos. Es a través del proceso de optimización de lubricantes que se puede reducir la cantidad y tipo de lubricantes utilizados en los equipos e incorporar nuevas tecnologías de lubricantes con formulaciones avanzadas. (Figura 24)

Figura 24. Selección de lubricantes.

SELECCION DE LUBRICANTES						
LA VERIFICACION DEBE INCLUIR:	0	1	2	3	4	N/A
Los lubricantes se seleccionan en base a las recomendaciones del fabricante y las condiciones de operación, no sólo en base al costo.			x			
2 Minimización de número de marcas y proveedores			x			
3 Minimización de cantidad de lubricantes utilizados			x			
4 ¿Son los productos adecuados para los equipos en servicio?				x		
5 Se desarrollan y ponen en práctica protocolos de ensayo para probar nuevos lubricantes				x		
	0	0	3	2	0	0

Fuente Reporte Auditoria ExxonMobil

Comentarios/Sugerencias

Elemento Clave: Selección de lubricantes.

- La selección de los lubricantes la realiza el director de equipos con base en el catálogo del fabricante y luego el departamento de compras realiza la compra.
- La correcta selección de los lubricantes se va a realizar de acuerdo a los análisis de aceites.
- Marcas de lubricantes utilizadas actualmente:
 - Gulf (Aceite Motor y Aceite Hidráulico)
 - Mobil (Aceite Motor y Aceite Hidráulico)

Creación de protocolos para la introducción de nuevos aceites.

Actualmente se está desarrollando una migración progresiva y sustentada en SIGNUM, para extender el periodo de cambio con el MX ESP 15W40 e Hidráulico DTE 10 Excel 46.

Recomendaciones:

Realizar reporte de beneficios percibidos por ARENAS Y GRAVAS producto de la implementación en sus equipos de Mobil MX ESP 15W40.

Utilizar aceite hidráulico recomendado por el fabricante en sus equipos como es el Mobil DTE10 EXCEL.

5.2.3 Procedimiento de Lubricación. Es importante desarrollar procedimientos para tareas de lubricación de tal forma que cada trabajador pueda acceder a esta información y realice sus tareas de acuerdo a los estándares indicados en los procedimientos. Sin la existencia de procedimientos, las personas tienden a realizar las tareas cada una de forma diferente, y en muchos casos alejados de las mejores prácticas de la industria.

Un completo manual de lubricación para ARENAS Y GRAVAS, como fuente exclusiva de información acerca de la aplicación de lubricantes, debe estar disponible para todos los involucrados directos o indirectamente con la lubricación, estableciendo un procedimiento para la administración, gestión de la lubricación y la actualización de la base de datos. Estos procedimientos, además, deben resumir las mejores prácticas de la industria y deben ser lo suficientemente detallados como para ser comprendidos por el personal que debe ejecutarlos.

Con el establecimiento de procedimientos de lubricación se garantiza que el conocimiento requerido para realizar de manera adecuada y correcta una tarea de

lubricación sea capturado y a su vez refuerce la experiencia y conocimiento comprendido de quienes por lo regular realizan las tareas de lubricación y a su vez se asegura que cualquier persona que ejecute dicha tarea, la realice siempre con un alto nivel de precisión y consistencia.

5.2.4 Organización de la lubricación. Una correcta organización de la lubricación debe incluir no solo procedimientos, sino una programación adecuada, personal dedicado y correctamente supervisado, métricas de consumo de lubricante y controles que permitan verificar el cumplimiento de todo lo anterior.

El diseño de un programa de lubricación no puede obviar el capítulo dedicado a organizar la implementación de cada tarea de lubricación, habiendo realizado previamente la tarea de dimensionar el esfuerzo y asignar personal competente y dedicado. La organización de la lubricación incluye el diseño de la ruta de lubricación y los cálculos de ingeniería para definir la frecuencia y cantidad óptima de lubricación, así como la realización de procedimientos para transferir correctamente los lubricantes a la maquinaria.

5.2.5 Control de la contaminación. Un programa efectivo de control de la contaminación constituye la herramienta más proactiva que puede tenerse en la gestión de la lubricación, ya que permite eliminar la fuente de la mayor cantidad de fallas relacionadas con la lubricación. Este programa debe incluir herramientas adecuadas para efectuar las tareas de lubricación, procedimientos detallados con precauciones para minimizar la contaminación, filtración adecuada de lubricantes tanto en el ingreso a los reservorios como una vez dentro de los equipos, entre otros puntos.

El control de contaminación inicia desde que el lubricante es recibido en la planta, el diseño de las prácticas correctas y la selección de los dispositivos adecuados para almacenar y aplicar el lubricante, incluyendo el rediseño del equipo y sus

sistemas de exclusión y remoción de contaminantes son tareas fundamentales para incrementar la confiabilidad de la maquinaria. (Figura 25)

Figura 25. Control de contaminación



Fuente. Autor

Recomendación.

- Utilizar recipientes de trasvase adecuados para la manipulación de los aceites, que son los Oil Safe, cada uno está dedicado a una referencia puntual de lubricante, para evitar la contaminación cruzada entre aceites.
- Utilizar respirador de filtro de partículas en los tambores de aceite.

5.2.6 Almacenamiento y manejo correcto de lubricantes. Muchas veces resulta dañada una máquina o equipo mecánico a causa de lubricantes que se contaminaron durante el almacenamiento o manejo en manos de los usuarios y es por esto que es de vital importancia implementar métodos y precauciones especiales para evitar que tal cosa suceda.

Una vez seleccionado el lubricante óptimo para nuestra maquinaria, se requiere asegurar que el lubricante que se recibe sea el correcto, además de almacenarlo de tal manera que sus características físicas, químicas y de desempeño se conserven

inalteradas para que puedan proteger los componentes de la maquinaria. El establecimiento de una política de control de calidad, administración de inventarios, prácticas seguras y el diseño del área de almacenamiento temporal de los lubricantes y la sala de lubricación, permitirán que se mantenga la integridad del proceso.

Algunas de las preguntas que deben responderse al proyectar el almacenamiento y manejo de lubricantes y su posterior aplicación en los equipos, incluyen: determinar cuántos lubricantes deben almacenarse y qué cantidad de cada uno, determinar el espacio requerido, considerar los materiales de construcción, determinar cuántos envases deben poseerse, considerar cómo se distribuirá el lubricante, considerar el espacio necesario para almacenar equipos de aplicación, considerar el espacio para fuentes de energía y/o aire comprimido, elementos y prácticas de seguridad, etc.

- Hallazgo. No se cuenta con identificación y demarcación clara de los tambores de aceite.
- No se cuenta con dique de contención en el almacenamiento del aceite usado.
- Los tambores dispuestos en el cuarto de lubricantes cuentan cada uno con su respectiva bomba para dispensado.
- El área de almacenamiento de los lubricantes es pequeño y está dispuesta bajo techo, los tambores y cuñetes se encuentran ubicados sobre el piso.
- No se cuenta con un kit anti derrames en área de disposición de los lubricantes.
- El área de almacenamiento no se encuentra plenamente identificada con el rombo de seguridad y posibles riesgos, así como con la identificación visible de “Almacenamiento de lubricantes”.
- El almacén tiene establecidos procedimientos para la recepción del producto (solo se recibe producto con orden de compra y remisión), y solo se puede

ingresar con los respectivos elementos de seguridad.

- No se ha establecido un procedimiento de limpieza del cuarto de lubricantes.
- Las mangueras estas expuestas a la contaminación con la polución del medio ambiente.
- La empresa que hace la disposición final del aceite usado es “Combustibles JUANCHITO”, esta empresa en promedio realiza la recolección del aceite usado cada mes y medio. (Figura 26)

Figura 26. Almacenamientos y disposición final del lubricante



Fuente. Autor

Recomendaciones

- Adecuación correcta para el almacenamiento de los aceites.

- Identificación de los tipos de aceites y área de lubricación.
- Marcación del área de lubricación con la norma NORIA.
- Adecuación de dique con normas de seguridad para evitar contaminación de suelos.

5.2.7 Muestreo de lubricante. Las prácticas de tomar muestras de aceite para análisis son una de las herramientas que apoyan la gestión de mantenimiento ya que nos ayudan a anticiparnos a situaciones más complejas. Esto incluye revisar los equipos inscriptos en el Programa de muestreo y adicionar los que no lo estén y lo ameriten; así como determinar en cada uno de estos equipos la ubicación apropiada para ubicar elementos o válvulas para la toma estándar y efectiva de las muestras. Ningún programa de análisis de aceite usado puede funcionar bien sin un correcto muestreo de los lubricantes.

Para realizar la toma de muestras se cuenta con un kit de frascos toma muestras, un vampiro o bomba de vacío manual en perfecto estado. Las muestras deben ser tomadas con mangueras limpias y estas se deben cambiar entre muestras, para evitar y minimizar la contaminación de la muestra de aceite.

Se implementa con el ingreso de lubricantes Mobil un programa de análisis de aceite para cumplirse con rigurosidad. (Figura 27)

Figura 27. El ingreso de lubricantes Mobil



Fuente Reporte Auditoria ExxonMobil

Recomendación.

Elaboración de un protocolo de muestreo para obtener un éxito traducido en beneficios cuantificables para arenas y gravas, dicho protocolo deberá cumplirse o ejecutarse con rigurosidad.

5.2.8 Disposición final del lubricante. Hallazgo. En la empresa que hace la disposición final del aceite usado es “Combustibles JUANCHITO”, esta empresa en promedio realiza la recolección del aceite usado cada mes y medio.(Ver Anexo B)

5.2.9 Análisis de aceite usado. La evaluación del programa de análisis de aceite usados y el seguimiento efectuado a los resultados mediante el respectivo y adecuado análisis de las tendencias, permite ajustar los planes de mantenimiento en pos de tener cada día una mejor gestión en lubricación y sacar mayor vida útil de los componentes. Se debe desarrollar un completo manual para la interpretación de estos resultados con base en la operación de ARENAS Y GRAVAS en sus diferentes operaciones que incluya toda la información tanto de los aceites nuevos, como la de los usados incluyendo límites de alarma apropiados para cada caso, usando métodos basados en objetivos, Estadísticas y ratas de cambio.

- Hallazgo. Se empieza a realizar seguimiento con la implementación de lubricantes Mobil, se realiza un plan de trabajo en el cual a los equipos se le realizaran muestras periódicas para estudiar su comportamiento y lograr estandarizar periodos de pruebas para garantizar la vida útil de los motores y los sistemas hidráulicos.
- No existen métricas (no hay indicadores) con las que se pueda medir la efectividad de un programa de mantenimiento basado en la condición de los aceites.
- Hace falta establecer por equipo monitoreado bajo análisis de aceite unos

límites de comparación para cada una de las variables determinadas por el análisis de aceite usado. Y a partir de dicha comparación establecer planes de acción que impacten positivamente en la confiabilidad del equipo.

5.2.10 Entrenamiento del personal. La competencia del personal relacionado con la lubricación, es fundamental para la implementación el programa de análisis de aceite usado, de esta manera se deben realizar capacitaciones en fundamentos de lubricación, toma de muestras, grasas, aceites para motor especialmente MX ESP 15w40, hidráulicos como DTE Excel 46 entre otros.

Los técnicos a cargo de la lubricación en el mejor de los casos deben certificarse como técnicos en lubricación de maquinaria (Niveles I y II) y los analistas de aceite usado como Analistas de lubricantes de maquinaria (Niveles I y II) por ICML (International Council for Machinery Lubrication) o STLE (Society of Tribologists and Lubrication Engineers).

Con LUDESA DE COLOMBIA S.A.S se ha desarrollado un programa de entrenamiento continuo al personal de mantenimiento en temáticas asociadas a la lubricación (programa de entrenamiento a desarrollarse en el 2016)

- Resumen de puntos críticos. Los puntos críticos de una operación son aquellos donde se requiere atención inmediata, a continuación se realiza un resumen por orden de prioridad de aquellos puntos donde ARENAS Y GRAVAS podrá lograr mayores ahorros al implementarlos de inmediato. Atención inmediata

1. Establecimiento de un protocolo de muestreo.

2. Progresivamente apoyados en el programa de análisis de aceite realizar los cambios de aceite netamente por condición de aceite y lograr beneficios cuantificables (ahorros) para la operación de ARENAS Y GRAVAS.

- Necesita mejorar a corto plazo

1. Elaborar un manual con los procedimientos de lubricación.

2. Establecimiento y seguimiento a indicadores de consumo de aceite por equipo. (Control de rellenos por equipo).

3. Establecimiento de límites o parámetros para la evaluación de los resultados del análisis de aceite usado (tolerancias o límites admisibles de niveles de desgaste en componentes, seguimiento al nivel de limpieza de los aceites, etc).

- Necesita mejorar a mediano plazo

LUDESA DE COLOMBIA S.A debe continuar con el proceso de entrenamiento al personal, de acuerdo al programa de capacitación que se va a implementar con ARENAS Y GRAVAS.

En conclusión la organización puede tomar ventaja de este estudio, lograr desarrollar estrategias de crecimiento y asegurar una operación libre de fallas, generando ahorros en áreas como:

- Reducción del manejo de lubricantes, residuos, y demás elementos inherentes a la operación de lubricación.
- Operación continua libre de fallas
- Mejora estratégica de sus operaciones, haciéndose más competitivo en el mercado.

5.3 ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

La importancia de una adecuada lubricación, requiere de habilidades, iniciativa y por encima de todo de responsabilidad en el proceso. Esto es aplicable en todas las áreas de la empresa, desde el departamento de almacenamiento, compras, administración, hasta llegar al personal de mantenimiento. En la mayoría de las organizaciones es necesario que el programa de lubricación pase por un proceso de reingeniería para asegurar que este se encuentre dentro de los patrones de Clase Mundial. De esta manera lo mejor es apoyarse involucrando directamente al proveedor de lubricante en dicha labor, quienes cuentan con la experiencia, el deber y el personal capacitado para ayudar paso a paso con dicho entrenamiento en las diferentes áreas que se requiera.

Sin lugar a dudas, uno de los principales componentes de un programa exitoso de confiabilidad es un programa de lubricación que se enfoque en las bases y que entregue resultados. En la mayoría de las organizaciones de mantenimiento, el nivel del personal de lubricación a menudo se considera inferior a los otros mecánicos calificados. Esta imagen con frecuencia es motivada por aquellos que piensan que se puede tomar a cualquier persona y hacerla responsable de las tareas asociadas con la lubricación sin importar sus habilidades y el entrenamiento requerido para un programa de lubricación exitoso. Sin bases de habilidades sólidas y con grandes expectativas en el personal, esta porción del programa de confiabilidad fallará. Para facilitar esas grandes expectativas, debe seguirse una nueva línea de pensamiento sobre el rol del personal de lubricación.

Las tareas de lubricación generalmente son menospreciadas en la mayoría de las organizaciones. Algunas veces se hace referencia a esas tareas como de “conocimiento tribal”. En otras palabras, un grupo de tareas que se han colocado juntas sin pensarlo mucho y que han ido pasando hacia abajo a través del tiempo sin importar el efecto total que tienen en la confiabilidad del equipo. Cuando se

contrata un nuevo integrante para el equipo, la responsabilidad del programa de lubricación cae sobre él. Con frecuencia esta nueva responsabilidad no se acompaña con ningún entrenamiento y se espera que el técnico en lubricación efectúe las tareas actuales aún sin comprender por qué o cómo se seleccionó la tarea en particular.

De esta manera se inicia un programa de entrenamiento y capacitación al personal técnico, almacenista y operadores de equipos para hacerlos parte fundamental del programa de análisis de aceite.

El resultado final de este entrenamiento debe ser certificado. Esta certificación indica a la dirección y a todo el grupo que su personal de lubricación es capaz y está calificado para efectuar las tareas requeridas y tiene las habilidades necesarias para ayudar a identificar y resolver problemas en los equipos. Sin el entrenamiento requerido para ser competente en la ejecución de la tarea, la mayoría de la gente retornaría al conocimiento tribal sobre el que están fincados la mayoría de los programas.

Una vez que el personal de lubricación ha sido entrenado, ellos tomarán las lecciones aprendidas del entrenamiento y las aplicarán en sus trabajos, tales como:

- ✓ Mejorar las técnicas de almacenamiento y manejo (limpieza, control de contaminación, controles relacionados con el medio ambiente, etc.)
- ✓ Mejorar la aplicación de los lubricantes a los equipos
- ✓ Apoyar en el desarrollo de procedimientos apropiados de mantenimiento predictivo
- ✓ Apoyar en la reducción de los tipos de lubricantes empleados en la planta

- ✓ Comprender y comenzar a utilizar la información del análisis de aceite en una manera proactiva

- ✓ Cómo desarrollar e implementar un programa mejorado de lubricación

Cuando la dirección está dispuesta a invertir en las herramientas correctas, es una señal de que ellos toman en serio el profesionalismo del personal de lubricación y las expectativas que se tienen sobre los resultados. Cuando la dirección escucha las sugerencias de mejoras e invierte tiempo y recursos financieros en la capacitación de sus personal, el empleado siente que se le valora y está mejor dispuesto a llevar el programa de lubricación aún más lejos. Esto se convierte en una situación ganar-ganar tanto para el empleado como para la compañía. La compañía gana productividad, eficiencia y calidad en la operación y mantenimiento de sus equipos y el empleado gana reconocimiento, recompensa y satisfacción en el trabajo.

Los técnicos o personal que lubrican los equipos son los ojos y oídos del programa de lubricación y análisis de aceite. Como resultado de la elevación del nivel del personal de lubricación, los grupos de ingeniería, mantenimiento piden información y consejo de ellos. Al reconocer y mostrar aprecio por la experiencia y conocimientos de los técnicos, éstos desarrollarán entusiasmo para mejoras futuras al programa. Las ideas generadas podrían ser tan simples como identificar equipos en una ruta de lubricación para que los errores se limitaran a las recomendaciones para equipo nuevo. Esta credibilidad conduce al establecimiento de expertos en el tema dentro de la organización de mantenimiento.

Los resultados que pueden esperarse de un adecuado programa de entrenamiento al personal de lubricación incluyen lo siguiente:

- Una reducción de las fallas relacionadas con lubricación en los equipos

- Una reducción en lo relacionado con la contaminación de los lubricantes
- Una mejora en el flujo de trabajo de los procedimientos
- Una mejora en la identificación temprana de situaciones que afectan la confiabilidad del equipo
- Mejora en el control de inventarios de lubricantes
- Mejor comprensión y cumplimiento con las regulaciones relacionadas con los lubricantes

5.3.1 Reconocimiento al Personal. Todos tienen la necesidad de ser apreciados y recompensados por el trabajo que desempeñan. Históricamente, el rol del técnico de lubricación ha sido visto como una posición de poca capacitación y por lo mismo generalmente no reconocida y recompensada como tal. Reconociendo y recompensando al personal de lubricación por su esfuerzo y liderazgo, una compañía está enviando el mensaje de que su rol en la organización es valioso. Esto a su vez provoca que quien recibe el reconocimiento y recompensa trate de mejorar su desempeño. La mejora en el desempeño del técnico se traducirá en mejor confiabilidad del equipo.

El reconocimiento y recompensa pueden darse en muchas formas. Estas podrían incluir:

- Recompensas monetarias por eventos aislados
- Certificado de reconocimiento
- Placa o trofeo
- Reconocimiento ante toda la compañía
- Un artículo publicado en los medios de comunicación de la compañía
- Incremento en percepciones basado en el desempeño

Una compañía puede crear una ventaja competitiva elevando el nivel del personal de lubricación en su planta. Esta ventaja se da en forma de menores costos de

mantenimiento debido a fallas menos frecuentes por lubricación, menores inventarios de partes de repuesto y lubricantes, empleados con mayores conocimientos y que ahora son libres de construir otras partes de un programa de confiabilidad y mejoría en la moral del empleado. Si ya le estamos pagando a alguien de nuestro personal para que efectúe las tareas de lubricación, no cuesta más dinero que las haga correctamente. El costo de que deje de hacer la tarea correctamente es significativo e innegable. La mínima inversión que se haga en los puntos discutidos aquí beneficiará a la compañía muchas veces más. (Anexo C)

5.4 SELECCIÓN DE LUBRICANTES.

Por lo general en un plan de lubricación se pretende llegar a la estandarización de los lubricantes, para lo cual se puede elaborar una tabla en la cual se contempla la diversidad de lubricantes y marcas se usa según cada equipo. Esto se hace para depender de las propiedades de los lubricantes y no de la marca del lubricante.

La correcta selección y aplicación de un lubricante determina que un equipo alcance su vida útil, garantizando la disponibilidad y confiabilidad en el uso diario, reduciendo al máximo los costes de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante. Por tal motivo es muy importante que el personal de mantenimiento este en la capacidad de seleccionar correctamente los lubricantes; partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo hasta la capacidad de implementar lubricantes de alto desempeño como lo son los productos sintéticos. (Anexo A)

Los lubricantes evolucionan a pasos agigantados y de manera vertiginosa para cumplir con los requerimientos demandantes de una industria más ecológica, competitiva y confiable.

La correcta lubricación de los mecanismos permite que estos alcancen y superen su vida de diseño. Por lo tanto es muy importante, que el personal seleccione correctamente el lubricante a emplear partiendo de las recomendaciones del

fabricante.

Sin embargo a la hora de elegir un lubricante hay que considerar una serie de factores como son: aplicación específica, condiciones de operación y el costo. Por lo general los fabricantes de equipos especifican las propiedades del lubricante a emplear, de modo que la selección debería basarse en dichas recomendaciones sin embargo la evolución tecnológica de los lubes permite utilizar lubricantes de mejores características, dando mayor protección al equipo y finalmente reduciendo costos de operación.

Las condiciones operativas son un factor determinante ya que por la globalización industrial, los equipos que fueron diseñados para emplearse bajo ciertas condiciones, se emplean finalmente en condiciones totalmente diferentes afectando su desempeño.

El fabricante del equipo en su catálogo de mantenimiento especifica las características del aceite que se debe utilizar, para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar su vida de diseño.

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 (garantía) o que tan solo exista un producto con las características requerida.

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 del 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 diésel, hidráulicos, transmisiones manuales, transmisiones automáticas, diferenciales,

mandos finales, servo-transmisiones,... etc.

Los componentes no hacen referencia al equipo o máquina en la cual se aplica un lubricante determinado ya que una misma máquina puede tener varios y/o diferentes componentes, ejemplo una retroexcavadora CAT 3330C está compuesta esencialmente de motor, sistema hidráulico, servo transmisión y mandos finales, cada uno de estos cuenta con tipos diferentes de lubricante para diferentes condiciones operativas.

5.5 SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y PROCESO DE COMPRA

La excelencia en lubricación inicia desde la compra de los lubricantes adecuados. En ocasiones el área de compras carece de elementos de sustento para seleccionar adecuadamente al proveedor de lubricantes, para ello, es indispensable que el departamento de mantenimiento se involucre directamente en el proceso de compra, teniendo en cuenta las diferentes alternativas, calidades y servicio posventa del proveedor.

También es indispensable que se establezca un seguimiento de evaluación del desempeño del proveedor, el cual ayuda para mantener una relación sana entre cliente-proveedor y asegura dicho proveedor cumpla las condiciones y metas pactadas.

Como se alcanzó 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.

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.

5.6 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE LUBRICANTES

Durante los procesos de fabricación de lubricantes, las empresas fabricantes utilizan los más severos estándares de limpieza y control de calidad, asegurando que el producto que sale de sus plantas cumpla con las especificaciones adecuadas sin embargo estas condiciones cambian por los diferentes tipos de manejo que le damos a los lubes. La contaminación de los lubricantes es uno de los modos de falla más comunes en la maquinaria. La misma puede ocurrir durante el transporte, el almacenamiento, manipulación y aplicación en el equipo a menos que se tomen algunos cuidados que por obvios que parezcan desconocemos y no aplicamos.

Las condiciones bajo las que se almacenan los lubricantes pueden perjudicar su rendimiento. Las propiedades de los lubricantes pueden variar considerablemente durante el almacenamiento debido a la exposición al aire/oxígeno, la temperatura, la luz, el agua, la humedad y otros contaminantes causando la pérdida y separación del aceite. Por lo tanto, los lubricantes se deben almacenar en un lugar cubierto, fresco y seco, y nunca se deben exponer directamente a la luz solar.

La contaminación de los lubricantes es uno de los modos de falla más comunes en la maquinaria. La misma puede ocurrir durante el transporte, el almacenamiento, manipulación y aplicación en el equipo a menos que se tomen algunos cuidados.

5.7 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.

5.7.1 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. (Figura 28)

Figura 28. Procedimiento de recepción y descargue de lubricantes



Fuente Reporte Auditoria ExxonMobil

5.8 ÁREA DE ALMACENAMIENTO

El primer paso es la selección de un espacio adecuado para el almacenamiento. Idealmente los lubricantes deben ser almacenados bajo techo, a una temperatura relativamente constante y moderada. Pero en la práctica esto no siempre es posible. Aun así, es importante tener presente las siguientes recomendaciones:

- Acceso adecuado para los vehículos de suministro de lubricante.
- Lugar suficiente para circulación de montacargas.
- Control de inventarios.
- Separación de áreas de lubricante nuevo y de lubricante usado para destruir.
- Organizar los envases por tipo de producto.
- Rotación de stocks. Mantener el criterio de “Primeros Ingresos” – “Primeras Salidas”.
- Elementos de seguridad adecuados.
- No se recomienda estibar tambores en más de 3 niveles.

5.8.1 Almacenamiento Exterior. Evite almacenar los lubricantes a la intemperie pues los riesgos de contaminación son mayores. Cuando la temperatura baja, el producto se contrae y como consecuencia entra aire húmedo. La humedad del aire condensa. Cuando la temperatura sube es expulsado el aire porque el producto se dilata, quedando dentro el agua condensada. Para minimizar los efectos, se recomienda:

- Evitar las altas y bajas temperaturas.
- Colocar los envases de lubricantes sobre plataformas de madera o plástico.
- Colocar diques de contención para derrames.
- Almacenar las menores cantidades posibles para que el producto se encuentre expuesto el menor tiempo posible.

El almacenamiento puede hacerse de alguna de las siguientes formas:

- Colocar los tambores de costado con los tapones en posición horizontal (posiciones 3 y 9 del reloj).
 - Para tambores en posición vertical se recomienda instalar un pollo que de una inclinación al tambor de modo que no permita la acumulación de agua en las tapones, se requiere posiciones 3 y 9 del reloj para que aplique.
 - Cubrir los tambores con una cubierta plástica impermeable o con tapas plásticas adecuadas.
 - De utilizarse esta disposición es muy importante ser cuidadosos con entradas de agua por rotura de la cubierta o al retirar la misma.
-
- Manipulación Adecuada de Lubricantes
 - Contenedores intermedios
 - Características convenientes para los contenedores intermedios de lubricantes:
 - Que puedan ser asignados a un tipo de lubricantes específico.
 - Que sean resistentes.
 - Compatibles con los lubricantes.
 - Con tapas herméticas que puedan ser cerradas cuando el lubricante no es requerido.
 - Que no requieran del uso de embudos, porque en general son una fuente de ingreso de
 - contaminantes.
 - Que puedan ser inspeccionados y limpiados con facilidad.
 - Que estén rotulados para su uso específico.

- Manejo de grasas y equipos de engrasar

Aplique los mismos principios y cuidados de almacenamiento que son usados con los lubricantes líquidos.

- Mantenga los recipientes herméticos entre usos.
- Utilice bombas manuales o neumáticas para extraer la grasa de los contenedores.
- Utilice platos de nivelación para asegurar un bombeo adecuado de la grasa.
- Limpie las herramientas de engrase (bombas, pistolas de engrase, etc.) antes de utilizarlas para sacar la grasa del contenedor. (Figura 29)

Figura 29. Almacenamiento de herramientas de suministro.



Fuente Memorias seminario de lubricación Noria

5.9 PROGRAMA DE ANÁLISIS DE ACEITES USADOS

En la industria de nuestros días, el mantenimiento en función del estado es una costumbre cada vez más aceptada. Los líderes de mantenimiento son cada vez más conscientes de que el análisis del aceite es un componente decisivo en cualquier programa de supervisión de los equipos.

El análisis de aceite simplifica el proceso de control de la lubricación, y al mismo tiempo produce resultados fiables que ayudan a los profesionales del mantenimiento a tomar las decisiones más convenientes para su trabajo y para la rentabilidad de negocio, contribuyendo directamente con la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Dentro de programa de análisis de aceite se incluye la selección de los equipos, tiempos de muestreo, adecuación e instalación de puntos para toma de muestras, implementación de procedimientos entre otros. Sin embargo la toma de la muestra es de gran importancia, ya que determina la correcta información que obtendremos del análisis realizado por el laboratorio, ningún programa de análisis de aceite usado puede funcionar bien sin un correcto muestreo del lubricante.

5.10 DETERMINACIÓN DE COSTOS

Los costos asociados a la lubricación es este trabajo se determinan por la cantidad de lubes comprados y usados en la maquinaria pesada, se tienen en cuenta elementos claves como son los costos de filtros, tiempo de parada por cambio de lubricantes, rellenos y reparaciones.

Uno de los objetivos de la implementación de plan piloto basado en análisis de aceite consiste en reducir un 20% la cantidad de lubricante consumido durante el mismo periodo evaluado es decir 1 año. Los principales tipos de aceite a reducir son hidráulico y motor ya que son estos quienes aportan la mayor parte en el coste. (Figura 30)

Figura 30. Determinación de Costos.



Como parte de la evaluación se realiza un TCO. Para determinar el costo por lubricación según la cantidad de equipos y frecuencia de cambio de lubricantes. Los resultados fueron los siguientes.

5.11 ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA

La administración del proceso de lubricación puede ser una tarea compleja y consumir grandes cantidades de tiempo. La administración efectiva de la lubricación requiere de una gran cantidad de información del equipo, procedimientos y tipos de lubricantes. Con frecuencia esta información se encuentra en forma de cuadros de lubricación efectuados por los ingenieros de mantenimiento que no son fáciles de programar y que en ocasiones se encuentran solo a disposición de algún personal establecido. Es por esto se debe apoyar en el programa de análisis de aceite del proveedor de lubes el cual cuenta con las diferentes herramientas y tantos usuarios como se requiera.

La administración un proceso de mejora continua el cual debe ser evaluado y auditado en cada una de sus áreas frecuentemente, identificando puntos de mejora y reevaluando las metas a cumplir.

El programa para ser mantenido en el tiempo adecuadamente necesita de una gestión y desarrollo de actividades administrativas, entre las que se encuentran:

- Desarrollo del manual de análisis e interpretación de resultados de pruebas de aceite en laboratorio.
- Reaccionar a resultados anormales.
- Realizar informes basados en los resultados de análisis de aceite, plantear posibles causas y medidas correctivas.
- Establecer tendencias a través del gráfico de resultados de análisis de aceite de un equipo a lo largo del tiempo.
- Implementar mejoras. Basados en los datos y ocurrencias históricas de problemas frecuentes, definir actividades e implementar procesos que eliminen las causas raíz a fin de que no se vuelvan a presentar
- Finalmente hacer seguimiento continuo.

5.11.1 Expansión El desarrollo del programa debe ser dinámico y flexible de manera que siempre se encuentre actualizado donde su utilización sea óptima y se ajuste a las necesidades del usuario. En este sentido se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Incorporar otros equipos.
- Ajustar los límites de control de acuerdo a las tendencias y operación.
- Implementar las mejores prácticas - Best Practices
- Establecer los principales parámetros de control - KPI.
- Informarse de las actividades realizadas por los competidores.

5.11.2 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

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 derivo 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 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

5.12 CONSOLIDACIÓN DE LUBRICANTES

Se estudió 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.

5.13 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

5.13.1 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; se evalúan detallando la efectividad con que se están ejecutando y encontrando puntos de mejora. Como parte 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

- 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.

5.13.2 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 metal 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, visitas 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.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

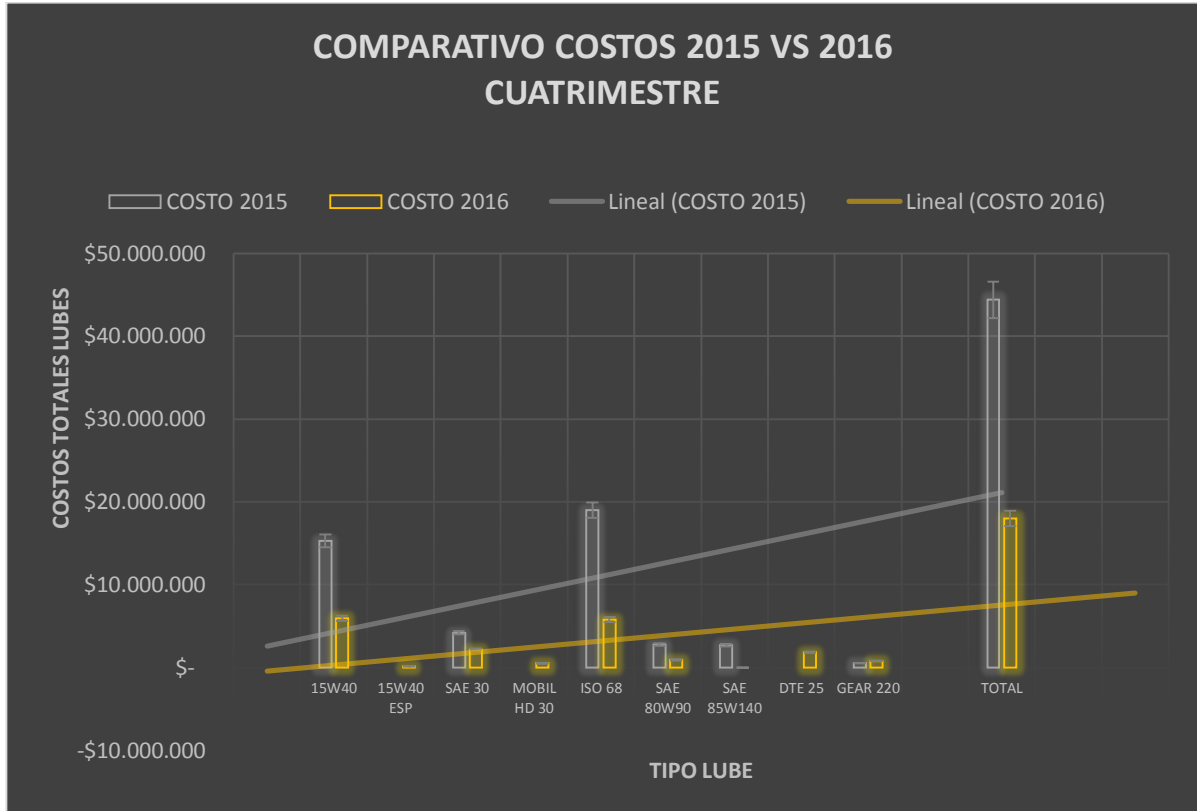
A través de la implementación de la metodología planteada se obtienen grandes beneficios para el área de mantenimiento y la compañía en general, por tal razón es de gran importancia que la gerencia y altos mandos de la compañía, la conozcan y estén enterados plenamente de los objetivos y metas trazadas, se vinculen y apoyen el desarrollo de este tipo proyecto. La metodología propuesta que utiliza como herramienta la gestión de la lubricación, abarco todos los aspectos de dicha área, planteando las actividades a desarrollar para alcanzar el objetivo de incrementar la confiabilidad de equipos (Anexo D,E)

El programa de lubricación establece un enfoque de excelencia en lubricación para construir confiabilidad. Lograr un cambio de fondo en la forma en la que tradicionalmente se viene trabajando la lubricación. El éxito de este 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 (Tabla 7 Figura 31)

Tabla 7. Comparación de costos de lubricantes de los años 2015 y 2016 (primer cuatrimestre)

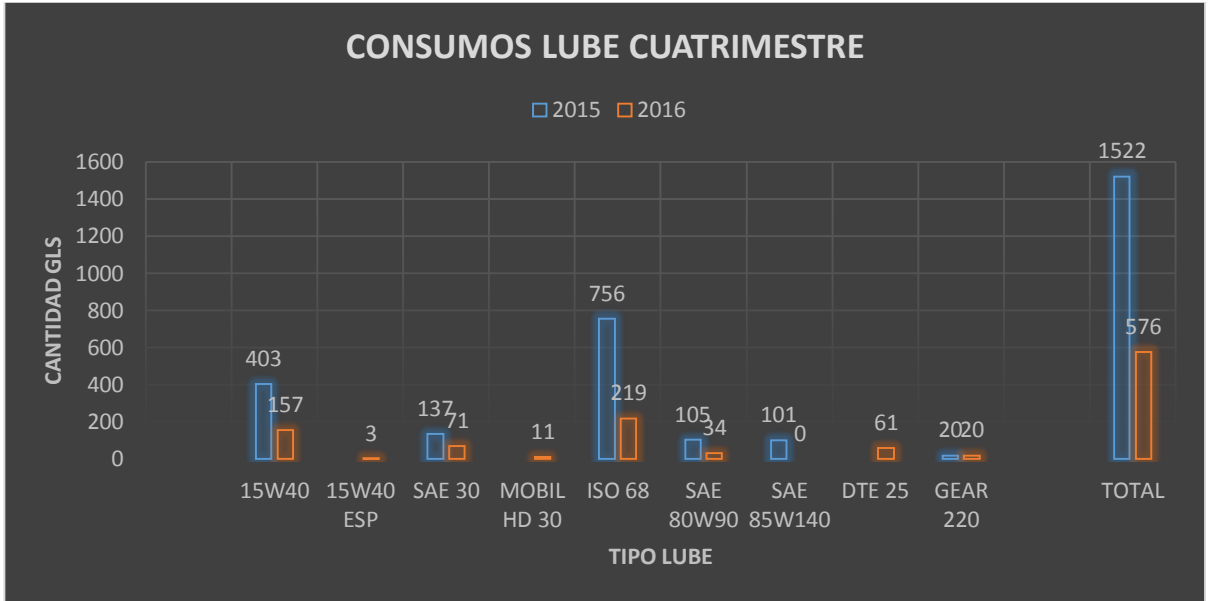
COSTO 2015	COSTO 2016
\$ 15.277.327	\$ 5.951.727
	\$ 128.182
\$ 4.176.856	\$ 2.164.666
	\$ 500.000
\$ 19.005.840	\$ 5.766.186
\$ 2.764.545	\$ 895.207
\$ 2.665.592	\$ -
	\$ 1.830.000
\$ 505.220	\$ 759.503
\$ 44.395.380	\$ 17.995.472

Figura 31. Comparación de costos de los años 2015 y 2016 (primer cuatrimestre)



En la gráfica anterior se observa, el comparativo de la reducción de costos por lubricantes, de los primeros cuatro meses del año 2016 confrontado con el año 2015, el cual se logró una reducción del 59% su principal factor es el análisis de aceites, mejores prácticas de lubricación, adecuación de los sistemas hidráulicos entre otros. se evidencia una reducción importante en el consumo de lubricantes de motor debido a la extensión del periodo de cambio de aceite de 250 horas a 350 horas, utilizando un lubricante de mejor calidad API como los CJ-4.

Figura 32. Consumo de lubricantes (primer cuatrimestre)



Otro factor determinante fue la implementación de lubricante hidráulico Mobil DTE Excel 46, con el cual se logra disminuir la temperatura de los sistemas hidráulicos alrededor de 6 C°, lo que influyó directamente en la duración de elastómeros y mangueras hidráulicas, ya que estos componentes se deterioran debido a las altas temperaturas generando pérdida del lubricante.

Figura 33. Termografía lubricante DTE Excel 46 Vs Competencia

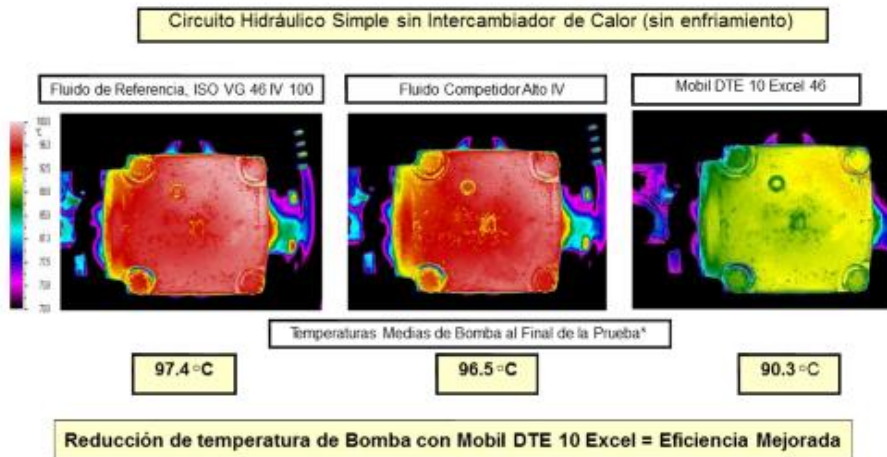


Tabla 8. Costos filtración 2016

VOLQUETA ARTICULADA	6	FILTRO SERVOTRANSMISION REF: BT-739	\$ 167.000
TEREX		FILTRO ACEITE MOTOR REF: BD-7154	\$ 102.500
		FILTRO COMBUSTIBLE REF: BF-1259	\$ 39.530
		FILTRO AIRE REF: RS-3870	\$ 218.930
		FILTRO AIRE REF: RS-3871	\$ 132.760
		FILTRO AGUA REF: BW-5075	\$ 53.080
		TOTAL	\$ 713.800
CARGADOR FRONTAL	6	FILTRO AIRE REF: PA-2577	\$ 123.200
KOMATSU		FILTRO AIRE REF: PA-2578	\$ 84.970
		FILTRO COMBUSTIBLE REF: BF-957-D	\$ 23.290
		FILTRO ACEITE MOTOR REF: B-96	\$ 46.880
		FILTRO SERVOTRANSMISION REF: BT-9454	\$ 119.230
		TOTAL	\$ 397.570
RETROCAVADORA	4	FILTRO AIRE REF: RS-3745	\$ 87.470
CAT330C		FILTRO AIRE REF: RS-3744	\$ 148.485
		FILTRO COMBUSTIBLE REF: BF-7753	\$ 57.250
		FILTRO ACEITE MOTOR REF: B-99	\$ 45.250
		FILTRO COMBUSTIBLE REF: BF1399-SP	\$ 61.205
		TOTAL	\$ 399.660

Tabla 9. Reducción de costos por filtración (primer cuatrimestre)

MOTORES MAQUINARIA TEREX

H/ CAMBIO FILTRACIÓN	250	350
	GULF 15W40	Mobil Delvac MX ESP 15W-40
RECORRIDO ANUAL/HORAS	2,500	2,500
CAMBIO LUBE Y FILTROS CUATRIMESTRE	3,33	2,38
CANTIDAD DE EQUIPOS	6,00	6,00
FILTROS USADOS CUATRIMESTRE	6,67	4,76
MENOR CANTIDAD FILTROS		2
VALOR FILTRACION	\$ 713.800	\$ 713.800
COSTO TOTAL FILTROS AÑO	\$ 14.276.000	\$ 10.197.143
AHORROS FILTROS CUATRIMESTRE		\$ 4.078.857,1

EXTENSION VIDA UTIL FILTRO 40%

MOTORES MAQUINARIA RETROEXCAVADORAS

H/ CAMBIO FILTRACIÓN	250	350
	GULF 15W40	Mobil Delvac MX ESP 15W-40
Volumen	6,00	6,00
RECORRIDO ANUAL/HORAS	2,500	2,500
CAMBIO LUBE Y FILTROS CUATRIMESTRE	3,33	2,38
CANTIDAD DE EQUIPOS	4,00	4,00
FILTROS USADOS CUATRIMESTRE	4,44	3,17
MENOR CANTIDAD FILTROS		1
VALOR FILTRACION	\$ 399.670	\$ 399.670
COSTO TOTAL FILTROS AÑO	\$ 5.328.933	\$ 3.806.381
AHORROS FILTROS CUATRIMESTRE		\$ 1.522.552,38

COSTOS TOTALES FILTRACION 4 MESES 5.328.933,33 3.806.380,95
 \$
 Ahorro totales en filtracion 4 1.522.552,38

EXTENSION VIDA UTIL FILTRO 40%

MOTORES MAQUINARIA TEREX

H/ CAMBIO FILTRACION	250	350
	GULF 15W40	Mobil Delvac MX ESP 15W-40

Volumen	6,00	6,00
RECORRIDO ANUAL/HORAS	2.500	2.500
CAMBIO LUBE Y FILTROS CUATRIMESTRE	3,33	2,38
CANTIDAD DE EQUIPOS	6,00	6,00
FILTROS USADOS CUATRIMESTRE	6,67	4,76
MENOR CANTIDAD FILTROS		2
VALOR FILTRACION	\$ 397.570	\$ 397.570
COSTO TOTAL FILTROS AÑO	\$ 7.951.400	\$ 5.679.571
AHORROS FILTROS CUATRIMESTRE		2.271.828,57

COSTOS TOTALES FILTRACION 4 MESES 7.951.400,00 5.679.571,43
 \$
 Ahorro totales en filtracion 4 2.271.828,57

EXTENSION VIDA UTIL FILTRO 40%

TOTAL AHORROS FILTRACION 3 LINEAS DE EQUIPOS \$ 7.873.238

7. CONCLUSIONES

El diagnóstico de los equipos y condiciones actuales de mantenimiento se determina por medio de una propuesta que utiliza como herramienta la gestión de análisis de aceite, alcanzando todos los aspectos de dicha área, programando las actividades a desarrollar para conseguir el objetivo de incrementar la confiabilidad de equipos. La implementación de esta metodología planteada se obtiene beneficios para el área de mantenimiento y la compañía en general,

El diseñar este plan de mantenimiento proactivo piloto basado en análisis aceite usado para reducir los costos operativos asociados a la lubricación, establece un enfoque de excelencia en lubricación para construir confiabilidad. Se lograr la excelencia, requiere un cambio de fondo en la forma en la que tradicionalmente se viene trabajando la lubricación.

Este programa de lubricación depende de los factores determinados para alcanzar el comparativo de la reducción de costos por lubricantes, de los primeros cuatro meses del año 2016 vs 2015 confrontados logrando una reducción del 59% determinando su que el análisis de aceites, el mejoramientos de prácticas de lubricación y adecuación de los sistemas hidráulicos entre otros. se demuestra una reducción importante en el consumo de lubricantes de motor debido a la extensión del periodo de cambio de aceite de 250 horas a 350 horas

BIBLIOGRAFIA

ALBARRACÍN Aguillón, Pedro Ramón "Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz" Tomo I, 2da. edición. TGO in Tribol High Performance Lubricants" Fuller, Dudley D, "Teoría y Práctica de la Lubricación" En: Revista N°5-6-7 Jun, Sep y Dic 2001: p 1-2

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 p-25-37

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API, ENGINE Oil Licensing and Certification System El Aceite Para Motor Es Importante. Washington, DC. EE.UU. 2012 p 1-5

MENDEZ CRUZ, Oscar. Ingenieria de Lubricación. Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque. Setiembre de 2011 p 17-30

OLLOQUI, Aquiles. Bases Para Un Buen Programa de Lubricación Preventiva. Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C. Monterrey. 1997 p 28-35

RALF, Hross, AMAYA HOYOS César Andrés. GONZÁLEZ CARMONA, Juan Manuel. Gestión de la Lubricación: Un Desafío para los Industriales Colombianos. Metalactual. Colombia p 534 -538

TRUJILLO, Gerardo. La Lubricación Como Elemento Fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial. Artículos Técnicos. Noria Latin America. Leon GTO, México p 264-269

VOLLMANN, Berry William I., JACOBS Robert f., WHYBARK D. Clay. Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. México: Editorial: Mcgraw-Hill. Tercera edición 2005 p-15

ANEXO A. PROYECCIÓN EXTENSIÓN PERIODO DE CAMBIO DE ACEITE

TCO PARA MAQUINARIA TEREX COSTOS ACTUALES VS INVERSION		
MOTORES MAQ TEREX	PROYECTADO	
FRECUENCIA CAMBIO LUBE	250	450
	GULF CI-4 15W40	Mobil Delvac MX ESP CJ-4 15W-40
Volumen Carter	11	11
Recorrido anual por Equipo HORAS	2.300	2.300
Frecuencia Camb Lube /año	9	5
Cantidad equipos	4	4
Cambios de aceite por año	37	20
Cantidad Usada Gls/año	405	225
Menor Cantidad aceite /año		180
Valor Lubricante \$ /Gln	\$ 28.000,00	\$ 42.727,00
Valor Lubricante anual	\$ 11.334.400,00	\$ 9.608.827,56
Ahorros costos de lubricante \$/año		\$ 1.725.572,44
Horas por cambio lube	2	2
Horas anuales por cambio de lube	74	41
Reduccion horas de producción		32,71
Costo hora de produccion	\$ 235.000,00	\$ 235.000,00
Costo anual total	\$ 17.296.000,00	\$ 9.608.888,89
Ahorro en produccion solo cambio de lube		\$ 7.687.111,11
Cantidad de filtros aceite por cambio	1	1
Costo filtro \$/juego	\$ 665.000,00	\$ 665.000,00
frecuencia de cambio filtro/horas	250	450
Cantidad de filtros por año Und/año	37	20
Costo Total de filtros \$/año	\$ 24.472.000,00	\$ 13.595.555,56
Ahorros costos de filtros \$/año		\$ 10.876.444,44
Ahorro totales	\$	20.289.128,00
Menor horas riesgos hombre laboradas		33
Menor cantidad de aceite usado al medio ambiente		180
Menor cantidad de filtros de aceite usado al medio ambiente		16

ANEXO B. CERTIFICADO DE DISPOSICION FINAL

ANEXO C. CERTIFICACIÓN CAPACITACIÓN

ANEXO D. RESULTADOS ANALISIS DE ACEITE

ANEXO E. REGISTRO FOTOGRÁFICO

