



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DEL ANÁLISIS DE LUBRICANTE COMO HERRAMIENTA DE MEJORA EN EL MONITOREO DE CONDICIÓN DEL ACEITE EN UNIDADES HIDRÁULICAS Y CAJAS REDUCTORAS EN LA EMPRESA OPP FILM PARA EL AÑO 2017.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Alfredo Quispe Mendoza

Asesor:

Ing. Juan Miguel de la Torre Ostos

Lima – Perú

2016

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Alfredo Quispe Mendoza**, denominada:

"IMPLEMENTACIÓN DEL ANÁLISIS DE LUBRICANTE COMO HERRAMIENTA DE MEJORA EN EL MONITOREO DE CONDICIÓN DEL ACEITE EN UNIDADES HIDRÁULICAS Y CAJAS REDUCTORAS EN LA EMPRESA OPP FILM PARA EL AÑO 2017."

Ing. Juan Miguel de la Torre Ostos

ASESOR

Ing. Gianni Michael Zelada García

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Ulises Piscoya Silva

JURADO

Ing. Ricardo Valqui Guarniz

JURADO

DEDICATORIA

Dedicado a mi Madre, Esposa, Familia y Compañeros de trabajo por su apoyo constante en alcanzar este sueño tan anhelado.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a mi Madre, Esposa, Familia, Asesor y Compañeros de trabajo que en forma directa o indirecta me brindaron su apoyo en la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes.....	13
1.2. Realidad Problemática	16
1.3. Formulación del Problema	17
1.3.1. Problema General	17
1.3.2. Problema Específico	17
1.4. Justificación	18
1.5. Objetivo	19
1.5.1. Objetivo General	19
1.5.2. Objetivo Específico.....	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Análisis de aceite lubricante.....	20
2.1.1. Tipos de análisis de aceite lubricante	21
2.1.2. Pruebas de análisis de aceite industrial a unidades hidráulicas y cajas reductoras	21
2.1.3. Aplicación del análisis de aceite lubricante	23
2.2. Lubricante.....	24
2.2.1. Definición de lubricante	24
2.2.2. Clasificación de lubricantes	24
2.2.3. Base de aceite lubricante	25
2.2.4. Aditivos de aceites lubricantes	25
1. Funciones del aditivo.....	25
2. Propiedades del aditivo.....	26
2.2.5. Funciones del lubricante	26

2.2.6. Aceite Lubricante industrial y sistema ISO.....	27
2.3. Toma de muestra de lubricante.....	28
2.4. Monitoreo de condición	29
2.4.1. Parámetros a inspeccionar en el monitoreo por condición	30
2.4.2. Modelo ideal de un programa de monitoreo por condición.....	31
2.5. Termografía Infrarroja e Inspección Visual	31
2.5.1. Termografía Infrarroja	31
2.5.2. Inspección Visual	33
2.6. Sistema Hidráulico y Caja Reductora.....	34
2.6.1. Sistema Hidráulico	34
2.6.2. Caja Reductora	35
2.7. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO 3. DESARROLLO	38
3.1. Mapa de proceso actual del monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film S.A.....	38
3.2. Análisis del proceso actual de monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film S.A.....	39
3.2.1. Inspección con Termografía.....	39
3.2.2. Inspección Visual	42
3.3. Procedimientos y costos de implementación del análisis de lubricante para mejorar el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film S.A.	43
3.3.1. Identificación de los equipos a incluir en el programa de análisis de aceite	44
3.3.2. Toma de muestra de aceite	44
1. Selección de puertos de muestreo en unidades hidráulicas y cajas reductoras.	44
2. Dispositivos utilizados para la toma de muestra de aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras.....	45
3. Procedimiento para el muestreo de aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras	46
4. Determinación de la frecuencia de muestreo.....	46
5. Rotulación de las muestras de aceite	47
6. Envío de las muestras de aceite a los laboratorios.....	47
7. Entrega de los resultados de los análisis.....	47

3.3.3. Costo de implementación de análisis del lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras.....	47
3.4. Análisis costo/beneficio de la propuesta de implementación de análisis del lubricante como herramienta en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.....	49
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	54
4.1. RESULTADOS	54
4.2. CONCLUSIONES.....	55
4.3. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1. Organigrama Opp Film.	13
Figura n.º 2. Línea de polipropileno bi-orientado	14
Figura n.º 3. Metalizadora bi-orientado.	14
Figura n.º 4. Oben Group holding en el mundo.	15
Figura n.º 5. Categorías de análisis del lubricante	21
Figura n.º 6. Ciclo de mantenimiento basado en condición	29
Figura n.º 7. Imágenes térmicas de equipos electro-mecánicos con anomalías térmicas	32
Figura n.º 8. Inspección Visual a un componente mecánico.	33
Figura n.º 9. Partes y modelo de tanques hidráulicos.	35
Figura n.º 10. Modelo de caja reductora.	35
Figura n.º 11. Diagrama de flujo de inspección del aceite.	38
Figura n.º 12. Cámara termografica, modelo Flir.	40
Figura n.º 13. Inspección con termografía en reductor principal de bopp 2	41
Figura n.º 14. Inspección visual del reductor principal en Bopp 1.	43
Figura n.º 15. Respiradores seleccionados como puertos de muestreo.	44
Figura n.º 16. Dispositivos para la toma de muestra de aceite.....	45
Figura n.º 17. Relación en porcentaje costo anual mantenimiento y costo anual por cambio de aceite	51
Figura n.º 18. Costos anuales por consumo de lubricante.	53
Figura n.º 19. Nuevo diagrama de flujo de inspección del aceite.	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. Campos de aplicación de los tipos de lubricantes.....	24
Tabla n.º 2. Clasificación de la viscosidad en el sistema ISO.	28
Tabla n.º 3. Propuesta de frecuencias de muestreo de aceite inicial	46
Tabla n.º 4. Costo de análisis de aceite.	48
Tabla n.º 5. Costo anual de análisis de aceite.	48
Tabla n.º 6. Lista de aceites utilizados y precios.	49
Tabla n.º 7. Costo y Consumo por cambio aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras del 2013 al 2105.....	50
Tabla n.º 8. Relación costo anual por cambio de lubricante y costo anual de mantenimiento.....	51
Tabla n.º 9. Stock de lubricante por cada tipo de aceite.....	52
Tabla n.º 10. Costo total anual proyectado por consumo de lubricante para el 2017	52

RESUMEN

El presente trabajo de investigación considera una propuesta de implementación del análisis de lubricante para mejorar el monitoreo de condición del aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film. En ese sentido, el objetivo general de este trabajo es Implementar el análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film para el año 2017, con la finalidad de disminuir el consumo por cambio de aceite. En relación a los objetivos específicos se consideró elaborar el mapa de proceso actual del monitoreo de condición del lubricante, analizar el proceso actual del monitoreo de condición del lubricante, describir los procedimientos y costos de implementación del análisis de lubricante para mejorar el monitoreo de condición del aceite y realizar el análisis costo/beneficio de la propuesta de implementación del análisis de lubricante en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

Para la implementación de la propuesta del análisis del lubricante se desarrolló la identificación de los equipos, toma de muestra de aceite el cual indica selección de puertos de muestreo, dispositivos utilizados, procedimientos para la toma de muestra, determinación de frecuencias, envío de muestras y entrega de los resultados del análisis; y el costo de implementación de la propuesta de análisis de lubricante.

Respecto a la evaluación económica de la implementación del análisis de lubricante, se estimó realizar una inversión anual de \$ 8 280.00 para el análisis de aceite de 46 muestras. En cuanto al costo de inversión del análisis de aceite y el costo proyectado por consumo de lubricante se estimó un costo total de \$ 17 100.00 proyectado por consumo de lubricante para el año 2017. Considerando un análisis comparativo de los costos por consumo de lubricante de los periodos 2013, 2014 y 2015 con el costo estimado para el año 2017, se proyectó una disminución aproximada de \$ 33 000.00. El consumo de aceite por año en los periodos anteriores, a la implementación del análisis de lubricante, representaban un 5 % del costo anual de mantenimiento, mientras que el costo proyectado para el periodo 2017 representa un costo anual del 1.7 %.

Finalmente, el presente informe de investigación es una herramienta técnica para mejorar la toma de decisiones del personal de mantenimiento en acciones preventivas del análisis de aceite y equipos.

ABSTRACT

The present research considers a proposal for the implementation of lubricant analysis to improve the monitoring of oil condition in hydraulic units and gearboxes in the company Opp Film. The general objective is to implement the analysis of lubricant as an improvement tool in the monitoring of the condition of the oil in hydraulic units and reduction boxes in the company Opp Film for the year 2017, in order to reduce the consumption by oil change. In relation to the specific objectives, it was considered to elaborate the current process map of the lubricant condition monitoring, to analyze the current process of lubricant condition monitoring, to describe the procedures and costs of implementing the lubricant analysis to improve the condition monitoring of the lubricant. Oil analysis and the cost / benefit analysis of the proposal for the implementation of lubricant analysis in the monitoring of oil condition in hydraulic units and gearboxes in the company Opp Film.

For the implementation of the lubricant analysis proposal, the identification of the equipment was developed, an oil sample taken which indicates selection of sampling ports, devices used, procedures for sampling, frequency determination, sample sending and Delivery of analysis results; And the cost of implementing the proposed lubricant analysis.

For the economic evaluation of the implementation of lubricant analysis, it was estimated that an annual investment of \$ 8 280.00 for the oil analysis of 46 samples. Thus, the investment cost of the oil analysis and the projected cost per lubricant consumption was estimated at a total cost of \$ 17,100.00 projected for lubricant consumption by 2017. Considering a comparative analysis of the costs per lubricant consumption of the 2013, 2014 and 2015 periods with the estimated cost for the year 2017, an approximate reduction of \$ 33,000.00 was projected. The oil consumption per year in previous periods, to the implementation of lubricant analysis, represented 5% of the annual maintenance cost, while the projected cost for the period 2017 represents an annual cost of 1.7%.

Finally, this research report is a technical tool to improve the decision-making of maintenance personnel in preventive actions of oil analysis and equipment.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo basado en condición utiliza tecnologías que miden los parámetros de las maquinas tales como vibración, temperatura, estado del lubricante, etc. y de esta manera se puede determinar el estado de la maquinaria con el fin de identificar y evaluar fallas potenciales para programar reparaciones necesarias en fechas establecidas. Gran parte del monitoreo de condición es realizado con el componente en funcionamiento evitando así el tiempo muerto. El análisis del lubricante es una herramienta del monitoreo por condición y puede ser utilizado de manera confiable, pues la información que brinda está directamente relacionado a la condición del aceite e identifica procesos de desgaste y contaminación en la maquinaria, para maximizar los beneficios de esta herramienta se requiere que este contemple una metodología para que los resultados puedan ser convertidos en decisiones que mejoren la confiabilidad de la maquinaria y del aceite. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo implementar el análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film para el año 2017, a fin de ser un soporte técnico para el área de mantenimiento, ya que la información brindada por el análisis de lubricante ayudará en guiar y mejorar en calidad la toma de decisiones del personal de mantenimiento en determinar acciones preventivas o correctivas sobre el aceite, para de esta manera lograr disminuir los costos de mantenimiento por cambio de aceite y ser más competitivos a nivel nacional e internacional.

1.1. Antecedentes

En el 1991 Oben Holding Group da sus primeros pasos con la fundación de BOPP del Ecuador, Cía. Ltda., empresa dedicada a la producción de láminas de polipropileno bi-orientado (Bopp) y productos termo formados de polipropileno (Pp), con una capacidad instalada de producción de 3,000 toneladas anuales de Bopp y 1,200 toneladas anuales de productos termo formados de poli propileno (Pp). Entre los años 1996 y 2000, la empresa expande la capacidad instalada de BOPP del Ecuador a 12,000 toneladas anuales de Bopp y 5,400 toneladas anuales de productos termo formados de Pp, ampliando así la presencia de estos productos en más de 10 países de Latinoamérica. Adicionalmente, se establecen centros asociados de distribución en Perú (inicialmente fundada como Printo Pac) y Colombia (Pack Film Ltda.) con el fin de mantener un mejor y más rápido servicio.

Entre los años 2001 y 2006, por su ubicación estratégica y otros factores determinantes, la sede central del grupo fue cambiada a Perú con la fundación de Opp Film empresa localizada en el departamento de Lima, distrito de Lurín, iniciando operaciones el 2003 con una capacidad instalada de 20,000 toneladas anuales de Bopp, posteriormente se instaló una metalizadora de Bopp de 5,000 toneladas anuales de capacidad. Ver Figura n. ° 1. Organigrama Opp Film.

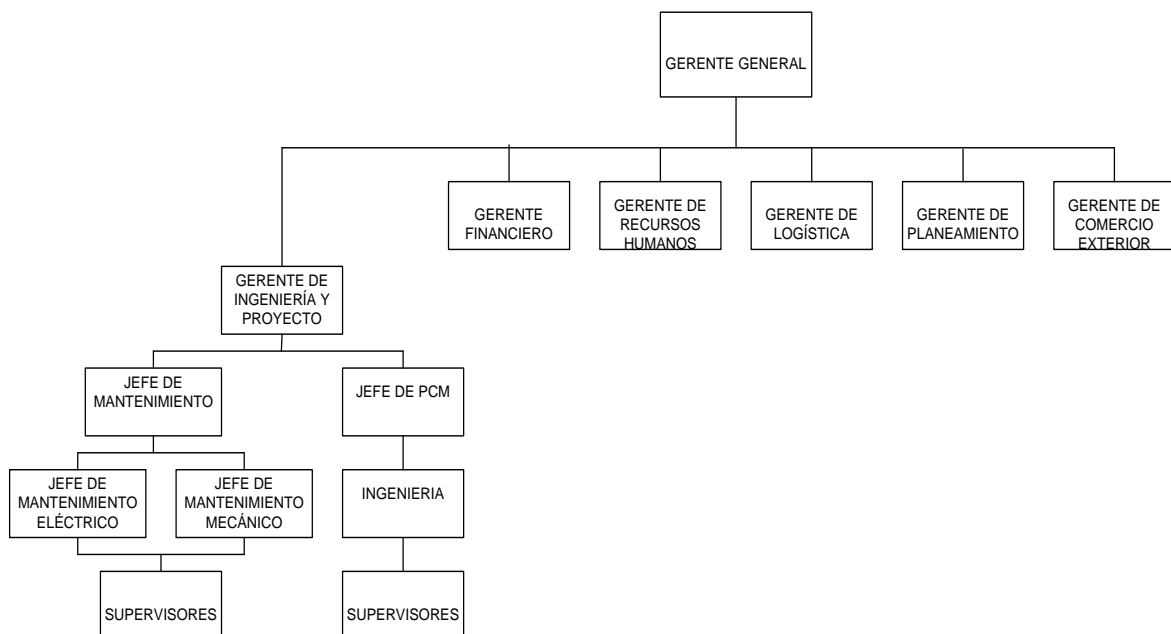


Figura n.° 1. Organigrama Opp Film.

Fuente: Opp Film.



Figura n.º 2. Línea de polipropileno bi-orientado
Fuente: Opp Film.



Figura n.º 3. Metalizadora bi-orientado.
Fuente: Opp Film.

Opp Film, pertenece al moderno grupo industrial Oben Holding Group, empresa líder que desarrolla, produce y comercializa películas plásticas de alta calidad de polipropileno (Pp) para empaques flexibles de consumo masivo y otras aplicaciones industriales; películas recubiertas para la industria gráfica y complementariamente productos termo formados de Pp,

En la Figura n. ° 4. Se muestra la presencia de Oben Group Holding en países de América y Europa. En el 2011 se anuncia el mayor proyecto de expansión en la historia de Latinoamérica y se inicia en Perú las obras para la instalación y puesta en operación de dos nuevas líneas de Bopp de 8.7 m de ancho con una capacidad de producción combinada de 70,000 toneladas anuales y una metalizadora de 3.65 m de ancho de 15,000 toneladas anuales en la planta de Lurín.



Figura n.° 4. Oben Group holding en el mundo.

Fuente: Opp Film.

1.2. Realidad Problemática

La identificación de nuevos mercados y la alta competencia debido al proceso de globalización ha generado que la empresa Opp Film con sede en Lima este en la necesidad de mejorar sus procesos y hacerlos cada vez más rentables para poder competir en el mercado y obtener la mayor ganancia posible. Tras lo mencionado, la empresa Opp Film del sector plástico ubicado en el distrito de Lurín el cual produce y comercializa láminas de polipropileno y láminas de recubrimiento como parte de las mejoras necesita que el área de mantenimiento optimice el consumo del lubricante en tanques hidráulicos y cajas reductoras, ya que estos equipos representan a los mayores consumidores de aceite. Actualmente el cambio del lubricante en las unidades hidráulicas y cajas reductoras es realizado bajo la experiencia del personal de mantenimiento y sin el soporte de una justificación técnica en relación al estado o condición del aceite. Además, las inspecciones asignadas al lubricante en las unidades hidráulicas y cajas reductoras como las visuales y de termografía no son muy eficientes o completas, ya que no muestran la condición real del aceite. Por ejemplo, con la inspección visual se registra el nivel de aceite, posible fuga de lubricante, cambio en el color del aceite, con esta información se crea registros y se evalúa en el tiempo cambios en estos parámetros para determinar una acción de mantenimiento. La inspección con termografía nos muestra la temperatura de chasis del componente y esto se asocia a la temperatura de operación del aceite y del equipo mecánico, con esta información se realiza un diagnóstico, pero si la condición de trabajo de los equipos inspeccionados presentan variaciones las cuales son propias de proceso la temperatura en los equipos también presentaran cambios y tras las inspecciones los resultados de los diagnósticos no serán muy confiables, generando decisiones de mantenimiento inadecuados sobre el aceite y esto con lleva a un incremento en los costos de mantenimiento por cambio de aceite, uso ineficiente en las horas hombre y otros. De no corregir esta situación la empresa no podrá mejorar en eficiencia, productividad y competitividad para poder consolidarse en los mercados nacionales e internacionales.

Por ello, el presente trabajo tiene como fin proponer la implementación del análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp film para el año 2017.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿La implementación de la herramienta del análisis de lubricante mejoraría el monitoreo de condición del aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film para el año 2017?

1.3.2. Problema Específico

1. Problema específico 01

¿Existe un mapa de proceso del monitoreo de condición de lubricante en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film?

2. Problema específico 02

¿Cuál es el proceso actual del monitoreo de condición de lubricante en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film?

3. Problema específico 03

¿Cuáles son los procedimientos y costos de implementación del análisis de lubricante para mejorar el monitoreo de condición del aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film?

4. Problema específico 04

¿Cuáles son los costos/beneficios de la propuesta de implementación del análisis de lubricante en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film?

1.4. Justificación

Debido a la alta competitividad en el mercado nacional e internacional actualmente las empresas apuestan por diversos tipos de mantenimiento donde uno de los objetivos principales es la optimización y el uso eficiente de los recursos asignados. Por ello, el presente trabajo se enfocará en una propuesta de implementación del análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras, ya que las estrategias implementadas actuales de mantenimiento como la de termografía e inspección visual no son muy eficientes y confiables, pues estas solo indican o brindan información de las características externas del aceite. Esta situación genera que no se cuente con información fehaciente sobre la condición real del lubricante en las unidades hidráulicas y cajas reductoras. Es por ello, el presente trabajo permitirá mejorar el monitoreo de condición del aceite, pues los resultados del análisis nos indican la condición real del lubricante, en salud del aceite relacionado a las propiedades físicas, químicas y niveles de aditivos. Así mismo, el análisis puede ser aplicado tanto en aceites en uso, nuevos y usados. Además, el análisis del lubricante determina cuantitativamente la presencia de elementos metálicos de desgaste en la maquinaria y elementos contaminantes en el aceite, ya que el aceite recolecta información la cual es generada dentro de la máquina, todo esto ayudará en guiar y mejorar la toma de decisiones del personal mantenimiento para determinar acciones preventivas o correctivas sobre el aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras. Con ello se logrará incrementar la confiabilidad de los equipos mencionados disminuyendo las paradas por cambio de lubricante e inspecciones en los equipos. Existen estudios generales que muestran e indican las ventajas de la implementación del análisis del aceite como el realizado por las empresas productoras de lubricantes y entre las más importantes tenemos: Shell, Mobil, Texaco, etc. Quiénes son líderes a nivel mundial en la producción y comercialización de lubricantes. Además, los representantes de estas empresas en cada país desarrollan como servicio post venta capacitaciones constantes donde se indica los beneficios que genera el desarrollar un programa de monitoreo por condición del lubricante basado en el análisis del aceite y todo esto parte desde un correcto procedimiento de toma de muestra del aceite y concluyendo en el análisis del lubricante para la posterior generación de tendencias y avisos de condición del aceite.

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo General

Implementar el análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film para el año 2017.

1.5.2. Objetivo Específico

1. Objetivo específico 1

Elaborar el mapa de proceso actual del monitoreo de condición del lubricante en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

2. Objetivo específico 2

Analizar el proceso actual del monitoreo de condición del lubricante en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

3. Objetivo específico 3

Describir los procedimientos y costos de implementación del análisis de lubricante para mejorar el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

4. Objetivo específico 4

Realizar el análisis costo/beneficio de la propuesta de implementación del análisis de lubricante en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis de aceite lubricante

El análisis de aceite lubricante detecta la contaminación, elementos de desgaste de los componentes lubricados y la degradación del aceite antes de que estas circunstancias generen una falla en los equipos. El aceite al realizar las funciones de refrigerar, lubricar y accionar mecanismos recoge información de las piezas lubricadas y si sobre este punto se realiza una toma de muestra para analizar se obtendrá como resultado un diagnóstico completo del lubricante y de lo que sucede en el interior del mecanismo lubricado. Además, ayuda a determinar la frecuencia idónea de cambio de aceite haciendo que esta actividad se prolongue o se acorte según los resultados obtenidos. El análisis de aceite, consiste en una serie de pruebas para evaluar su condición, los resultados obtenidos brindan información para tomar decisiones en cuanto a cambiar el lubricante, someterlo a un proceso de filtración o diálisis. También, brinda un diagnóstico sobre la condición de desgaste de los componentes lubricados esto permite a los encargados planificar acciones de mantenimiento con anticipación, reduciendo costos y tiempos involucrados siendo una herramienta muy valiosa dentro de cualquier programa de mantenimiento, ya que reduce los costos por consumo de lubricante y prolonga la vida útil del componente o maquinaria. Por esta razón, muchas empresas en la actualidad están apostando por la implementación del análisis del aceite la cual da a conocer. (Hernández, 2008)

El análisis del aceite presenta 3 categorías:

1. **Análisis de las propiedades del fluido (salud del aceite):** Evalúa las propiedades físicas, químicas y nivel del paquete de aditivos en el lubricante.
2. **Análisis de la Contaminación del aceite:** El análisis indica la presencia de partículas contaminantes que se generan dentro o se introducen al sistema, siendo la más común las partículas de silicio.
3. **Análisis de los elementos de desgaste (degradación de las superficies lubricadas):** Identifica procesos de desgaste en los componentes o mecanismos lubricados, lo que permite a los encargados planificar acciones de mantenimiento, permitiendo reducir los costos y tiempos involucrados.

Además, el análisis es de bajo costo en comparación al beneficio que puede ofrecer tras su implementación. (Trujillo & Calvillo, 2015).

Qué se analiza	1. Propiedades del fluido • Propiedades físicas y químicas del aceite en uso (proceso de envejecimiento)	2. Contaminación • Contaminantes que destruyen al lubricante y la máquina	3. Partículas de desgaste • Presencia e identificación de partículas de desgaste
Pruebas posibles:			
Conteo de partículas	○	●	◐
Análisis de humedad	○	●	○
Análisis de viscosidad	●	◐	○
Concentración de partículas de desgaste	○	○	●
Ferografía analítica	○	◐	●
AN/BN	●	◐	○
FTIR	●	◐	○
Prueba de membrana	○	●	◐
Punto de inflamación	◐	●	○
Análisis de elementos	●	◐	●
	Proactivo	Proactivo	Predictivo

● Alto beneficio
◐ Beneficio menor
○ Sin beneficio

Figura n.º 5. Categorías de análisis del lubricante.

Fuente: Noria Latín América (2014)

2.1.1. Tipos de análisis de aceite lubricante

Los aceites lubricantes que se analizan básicamente se dividen en dos tipos:

- 1. Análisis de aceite lubricante de máquinas industriales:** Aceites utilizados en equipos tales como turbinas de vapor, a gas e hidráulicas, sistemas hidráulicos, sistemas de circulación, transformadores, compresores de aire y refrigeración, cajas reductoras, etc.
- 2. Análisis de aceite lubricante de motores de combustión interna:** Aceites utilizado en motores por combustión interna a gas, gasolina y diésel.

2.1.2. Pruebas de análisis de aceite industrial a unidades hidráulicas y cajas reductoras

A continuación se describen las pruebas más comunes realizadas a los aceites del tipo industrial en unidades hidráulicas y cajas reductoras:

- 1. Código de limpieza:** Indica de manera cuantitativa la presencia de partículas en un rango de tamaño en la muestra de aceite sin importar la procedencia orgánica o inorgánica. La medición del conteo de partículas permite monitorear los niveles de contaminación del fluido. Prueba se realiza bajo la norma ISO 4406:99.
- 2. Número de ácido total (TAN):** Prueba realizada para monitorear la salud del lubricante mediante el uso de un equipo potenciométrico, el objetivo es comparar el número ácido del aceite en uso con el número ácido del aceite nuevo, la variación de este parámetro indica alguna condición anormal como por ejemplo el consumo de paquete de aditivos o degradación del aceite. Prueba se realiza bajo la norma ASTM D-0664.
- 3. Espectrometría de elementos:** Prueba realizada para evaluar la contaminación del lubricante por la presencia de elementos de desgaste de los componentes lubricados mediante el uso de equipos como el Espectrómetro ICP o Espectrómetro de chispas de emisión. Prueba conocida también como análisis espectrométrico de los metales, el cual indica de manera cuantitativa y a nivel de composición atómica la presencia de partículas metálicas suspendidas en el aceite. Prueba se realiza bajo la norma ASTM D-6595.
- 4. Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier- FTIR:** Prueba que utiliza el espectrómetro infrarrojo de la celda de transmisión por transformadas de Fourier (FT-IR) y el espectrómetro de reflectancia total atenuada por transformada de Fourier (ATR-IR), muestra la condición de diversos parámetros del aceite y entre las más comunes para aceite industriales tenemos: oxidación y presencia de agua en el aceite. Los resultados son comparados con sus valores iniciales y su variación indica el consumo de aditivos o ingreso de agentes contaminantes al aceite. Prueba se realiza bajo la norma ASTM E-2412.
- 5. Viscosidad a 40°C, cSt:** La viscosidad es la propiedad más importante en un lubricante y la medición de este parámetro determina si puede o no continuar en servicio el aceite. La medición de este parámetro se realiza con un instrumento llamado viscosímetro y mide el tiempo que un volumen fijo de lubricante puede fluir a través de un capilar de vidrio calibrado. El valor hallado de la viscosidad es comparado con la viscosidad de un aceite nuevo y las variaciones encontradas determinarán las acciones sobre el aceite, la viscosidad en equipos industriales se reporta en centiStokes. Prueba se realiza bajo la norma ASTM D-0445.

2.1.3. Aplicación del análisis de aceite lubricante

La herramienta del análisis de lubricante puede ser aplicado en aceites nuevos, en uso y usados.

1. Análisis del aceite lubricante nuevo

Realizar el análisis de aceites nuevos es importante, ya que de esta manera se puede implementar un control de calidad, pues permite identificar, rotulaciones incorrectas o fuera de las especificaciones, grado de contaminación del aceite, etc. Los programas de lubricación de clase mundial implementan en sus programas el análisis del aceite en lubricantes nuevos a fin de control de calidad y evaluación del lubricante mejorando significativamente la confiabilidad del proceso de lubricación. (Trujillo & Calvillo, 2015)

2. Análisis del aceite lubricante en uso

Esta práctica es la que da origen al monitoreo por condición de la maquinaria y del lubricante, pues el objetivo es evaluar la condición del lubricante para conocer su salud, contaminación y evaluar el desgaste de los componentes lubricados. El análisis permite conocer el estado del lubricante el cual ha estado en funcionamiento un determinado tiempo para determinar si aún mantiene sus propiedades físico-químicos que protegen a la máquina e identifica la presencia de elementos contaminantes que alteran y degradan las condiciones del aceite. Además, la identificación de las partículas de desgaste permite conocer el estado real de los componentes lubricados. Con esta información es posible detectar fallas relacionadas a lubricación y desgaste en las piezas lubricadas evitando así costosas reparaciones y pérdidas de tiempo por producción. (Trujillo & Calvillo, 2015)

3. Análisis del aceite lubricante usado

Las compañías de re-refinación realizan el análisis del aceite usado de manera que cumpla con las especificaciones que requieren para su reacondicionamiento para luego ser usados en sus diversos procesos. Así mismo, este debe ser almacenado de tal manera que su impacto al medio ambiente sea lo menor posible. (Trujillo & Calvillo, 2015)

2.2. Lubricante

2.2.1. Definición de lubricante

Es una sustancia líquida, semisólida o sólida de origen animal, vegetal, sintético o mineral, el cual es utilizado para reducir el rozamiento entre cuerpos en contacto y mecanismos en movimiento. Por lo mencionado, este es un elemento vital dentro de la maquinaria y una mala elección del lubricante generaría daños catastróficos en el equipo, incremento en los costos de mantenimiento, disminución en la disponibilidad de las máquinas, lo que significa pérdidas económicas para la empresa. (Albarracín, 2006)

2.2.2. Clasificación de lubricantes

En la Tabla n. ° 1. Los lubricantes se clasifican de acuerdo a su estado físico en sólido, semisólido y líquido.

1. **Líquidos:** Actualmente los más utilizados y de procedencia de derivados del petróleo, constituido por una base más un paquete de aditivos. Dentro de los líquidos lubricantes tenemos a los aceites y agua.
2. **Semisólidos:** Formados por una base y jabones espesantes, la combinación da como resultado que hace el lubricante este más tiempo sobre la superficie lubricada. Esta clase de lubricante son generalmente las grasas.
3. **Sólido:** Presentan coeficiente de fricción muy bajo debido que se adhieren fuertemente sobre la superficie lubricada. Tenemos al, grafito, pastas, polvos y sulfuro de molibdeno.

Tabla n.° 1. Campos de aplicación de los tipos de lubricantes

	Aceite	Grasas	Sólidos - Semi sólidos
Lubricación Hidrodinámica	Excelente	Pobre	No aplicable
Lubricación Limite	Bueno	Bueno	Excelente
Refrigeración	Excelente	Pobre	No aplicable
Sellado	Bueno	Excelente	Bueno

Fuente: Shell (2006)

2.2.3. Base de aceite lubricante

El aceite lubricante está compuesto esencialmente por una base más un porcentaje de aditivos. La base de aceites lubricantes determina la mayor parte de las características del lubricante, tales como: Viscosidad, índice de viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de inflamación y de fluidez, etc. (Troyer & Fitch, 2004).

Las bases del lubricante pueden ser de origen mineral o sintético:

1. **Mineral:** Producidas mediante tratamientos de destilados o fraccionamiento del petróleo y pueden ser aromáticos, nafténicos, y parafínicos.
2. **Sintético:** Producidas a partir de una reacción química entre varios materiales de bajo peso molecular para obtener otro de alto peso molecular.

2.2.4. Aditivos de aceites lubricantes

El lubricante en forma de base no ofrece toda la protección debido a las exigencias mecánicas de los componentes. Por ello, se agrega sustancias químicas a las bases de los lubricantes para mejorar e incorporar nuevas propiedades al lubricante base y estos cumplan un desempeño óptimo en la maquinaria. Las exigencias a la lubricación por parte de las maquinarias industriales y motores de combustión obligan a mejorar las propiedades intrínsecas del lubricante mediante la incorporación de aditivos. (Cometto, 2005).

Los aditivos de los aceites lubricantes se pueden agrupar en tres categorías, a fin de describir de una mejor manera las principales funciones que realizan (Shell, 2006).

1. Funciones del aditivo

- a. **Aditivos que modifican las propiedades de los lubricantes:** Modifican las propiedades físico-químicas de los aceites lubricantes o proporcionan nuevas cualidades.

- Depresores del punto de escurrimiento.
- Mejoradores del índice de viscosidad.
- Mejoradores de fricción.

b. Aditivos que protegen al lubricante en sí: Protegen al lubricante, limitando el deterioro por fenómenos químicos ocasionados por el entorno o actividades del equipo.

- Anti oxidantes.
- Anti espumantes.

c. Aditivos que protegen las superficies de trabajo: Como medio de protección a las superficies lubricadas de agentes contaminantes.

- Anti corrosivos.
- Anti desgaste.
- Anti herrumbre.
- Dispersantes.
- Extrema presión.

2. Propiedades del aditivo

Entre las propiedades más importantes tenemos (Albarracín, 2006):

- a. Olor:** No presentan olor alguno y un olor en este significaría una degradación o descomposición del aceite.
- b. Compatibilidad:** Debe ser compatible con dos o más lubricantes de la misma base.
- c. Solubilidad en la base lubricante:** Debe ser soluble con el aceite a diferentes rangos de temperatura.
- d. Volatilidad:** Debe ser baja a fin de que su concentración no disminuya.
- e. Estabilidad:** Debe permanecer estable durante periodos de almacenamiento, en uso y durante la mezcla.

2.2.5. Funciones del lubricante

Entre las funciones más importantes del lubricante podemos considerar las presentadas por Troyer & Fitch (2004)

- 1. Reducción de la fricción:** Los lubricantes reducen la fricción mediante la separación de las superficies, ya que este forma una película con un espesor adecuado.

2. **Control de temperatura:** Absorbe el calor generado dentro del componente para luego este ser disipado de manera natural o mediante el uso de un intercambiador.
3. **Control de contaminación:** Aíslan los componentes internos de la máquina, a fin de evitar o disminuir el ingreso de partículas contaminantes como polvo, agua, etc. Además, los lubricantes líquidos al estar en contacto con los componentes internos recogen y transportan las partículas al cárter para su asentamiento por gravedad o los conducen a un filtro para luego ser removidos.
4. **Previene ataques químicos:** Forma una capa protectora sobre los componentes en contacto evitando la corrosión y herrumbre en equipos, ya sea en movimiento o reposo.
5. **Transmisión de energía:** En sistemas hidráulicos el lubricante (aceite) es el medio que transporta la energía para generar movimiento en válvulas, cilindro, etc.
6. **Sellado:** El lubricante llena los espacios de la superficie del metal, la cual presenta irregularidades (bajo la vista de un microscopio) para así hacerlos liso y de esta manera se protege del ingreso de agentes externos.

2.2.6. Aceite Lubricante industrial y sistema ISO

Son aceites desarrollados para ser utilizados en la industria en la lubricación de equipos como: Reductores, unidades hidráulicas, turbinas, compresores, bombas, rodamientos, etc.

En la Tabla n. ° 2. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales, el cual clasifica únicamente a los aceites industriales en Centistokes a 40° C, solo relaciona la viscosidad del aceite y el grado ISO aparece al final del nombre del aceite cualquiera sea su marca. Por ejemplo, si se tiene un aceite Shell Omala 320 y se sabe que este fabricante ya adoptó el sistema ISO, el número 320 indica que se trata de un aceite con una viscosidad de 320 cSt a 40 ° C. (Albarracín, 2006)

Tabla n.º 2. Clasificación de la viscosidad en el sistema ISO.

Grado ISO	Límites de viscosidad	
	cSt/ 40° C	
	Mín.	Máx.
10	9	11
15	14	17
22	20	24
32	29	35
46	41	51
68	61	75
100	90	110
150	135	165
220	198	242
320	288	352
460	414	506

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Toma de muestra de lubricante

Este paso da inicio al análisis de lubricante, por ello es el aspecto más crítico e importante, ya que si la muestra obtenida no es representativa los resultados tras el análisis no serán los más confiables y todos los esfuerzos invertidos serán no darán los frutos esperado. Por ser fácil la toma de muestra es más propenso a cometer errores durante su ejecución. Dicho esto los objetivos de la toma de muestra se centran según (Troyer & Fitch, 2004)

- 1. Maximizar la información:** La muestra obtenida debe contener la mayor información del aceite, es decir este nos debe de indicar la condición real del aceite relacionada a niveles de limpieza, humedad, paquete de aditivos y presencia de partículas de desgaste de las piezas lubricadas. Para esto es necesario seleccionar de manera correcta puertos de muestreo que garanticen la representatividad de la muestra.
- 2. Minimizar la distorsión de la información:** La muestra obtenida no debe ser contaminada durante el proceso de muestreo, ya que esto puede distorsionar la información, por ello cada uno de los pasos en la toma de muestra debe ser estandarizada y documentada en un procedimiento, a fin de garantizar una muestra de calidad.

Para tener éxito en los dos puntos mencionados líneas arriba es necesario tener en cuenta y realizar la implementación y estandarización de los siguientes puntos según (Trujillo & Calvillo, 2015):

1. Localización de puertos de muestreo.
2. Muestreo en zonas vivas.
3. Muestreo en depósitos inundados.
4. Botellas y accesorios de muestreo.
5. Consejos importantes para un muestreo efectivo.
6. Frecuencia de muestreo.
7. Registro de los equipos para el análisis del lubricante.
8. Rotulación de las muestras.

2.4. Monitoreo de condición

Es la ciencia y tecnología relacionada con la evaluación parámetros que inciden en el del funcionamiento y/ o condición de una máquina. Así, SKF del Perú (2012) define los siguientes puntos:

1. Adquisición periódica de datos.
2. Uso de técnicas o pruebas para la obtención de diagnósticos confiables.
3. Análisis y validación de datos.
4. Elaboración de diagnósticos y recomendaciones para una acción de mantenimiento con el fin de reducir los costos y mejorar la confiabilidad de la máquina.

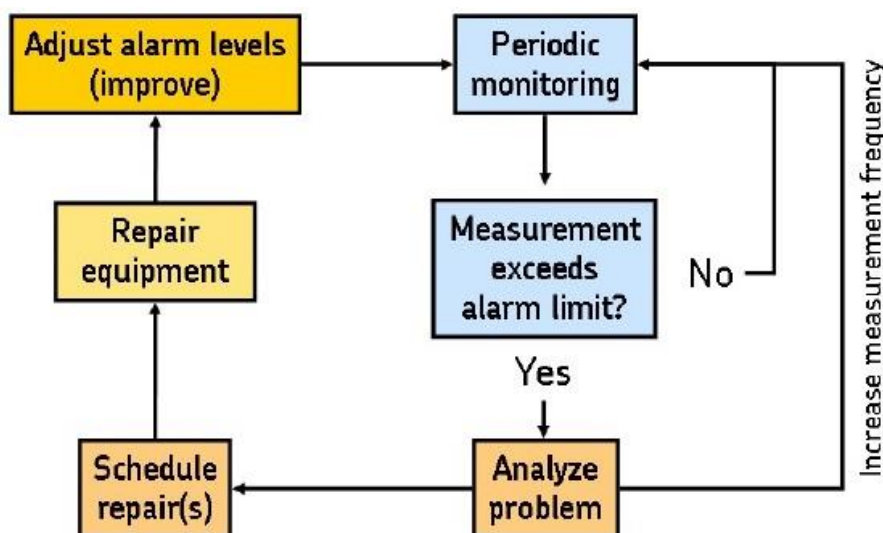


Figura n.º 6. Ciclo de mantenimiento basado en condición.

Fuente: Skf del Perú (2012)

El concepto de mantenimiento con basado en la condición en maquinarias es: utilización de tecnologías que miden parámetros tales como vibración, temperatura, presión, estado del lubricante, variables eléctricas, etc. para determinar el estado real o condición de funcionamiento de la maquinaria.

2.4.1. Parámetros a inspeccionar en el monitoreo por condición

Los parámetros o condición de funcionamiento en la máquina pueden ser medidos de manera confiable y con exactitud utilizando como herramienta alguna de las técnicas mencionadas a continuación.

1. **Análisis de Vibraciones (VA):** Colectores de datos electrónicos y el software asociado permiten tanto realizar tendencias, como análisis de datos colectados en rutas de campo.
2. **Análisis de Lubricación (LM):** Análisis de aceites y grasas, para identificar el desgaste de las piezas y calidad del lubricante.
3. **Ultrasonido Acústico (UA):** Puede usarse para diagnosticar desgaste de rodamientos, descargas eléctricas, fugas de válvulas, etc.
4. **Termografía Infrarroja (IRT):** Usado para calcular y determinar temperatura a distancia, principalmente para detección de defectos de circuito eléctricos.
5. **Medición de Flujo por Ultrasonido:** Uso de técnicas ultrasónicas para determinar el funcionamiento de bombas y las características del fluido de los sistemas de flujo.
6. **Detectores de Partículas Magnética:** Las partículas ferrosas son monitoreadas usando detectores de partículas magnéticas en las líneas de tomas de aceite, típicamente aplicadas a turbinas de gas.
7. **Análisis de corriente en Motores:** para el análisis en motores eléctricos con pruebas dinámicas y estáticas, para la detección de barras rotas en motores de inducción tipo jaula de ardilla. Detección de descargas parciales en motores y generadores.

Los programas basados en monitoreo por condición deben contemplar lo siguiente:

- Confiabilidad.
- Exactitud.
- Precisión.
- Trazabilidad.

Y deben utilizar parámetros de medida y alarmas que sean indicadores de la salud en la máquina, ya que se recolecta datos precisos para ser analizados y luego generar diagnósticos y recomendaciones confiables de los problemas hallados en la máquina. En muchos casos estos programas no funcionan, pues una vez detectado el problema o condición anormal de funcionamiento en la máquina no se realiza la corrección siendo esta acción el componente más importante de un programa de monitoreo de condición. SKF del Perú (2012)

2.4.2. Modelo ideal de un programa de monitoreo por condición

Un programa ideal comprende y seguirá cada uno de los siguientes puntos tras la detección falla en la máquina como lo establece SKF del Perú (2012):

1. Detectar un problema potencial tras la inspección
2. Verificar el problema.
3. Identificar la causa raíz del problema.
4. Emitir una orden de trabajo para solucionar el problema detectado y hallado abordando la causa raíz.
5. Verificar la corrección del evento reportado y ajustar los límites de alarmas.

2.5. Termografía Infrarroja e Inspección Visual

Técnicas o métodos de inspección usados extensamente en diversos procesos de producción. La termografía teniendo aplicación en plantas eléctricas para detectar pérdidas de energía y monitorear temperaturas de los motores, equipos eléctricos, reductoras, unidades hidráulicas, etc. La inspección visual es la técnica de inspección más antigua, básica, común y barata, ya que solo se requiere como herramienta el ojo humano teniendo su aplicación en todos los procesos de producción y hasta en la vida cotidiana.

2.5.1. Termografía Infrarroja

Es una técnica de inspección que permite calcular y determinar temperaturas a distancia sin necesidad de contacto, la termografía es la ciencia de adquisición y análisis de la información térmica obtenida mediante los dispositivos de adquisición de imágenes térmicas a distancia, su principio de funcionamiento está basado en la adquisición y análisis de la radiación emitida por un cuerpo en forma de ondas electromagnéticas (Infrared Training Center, 2006).

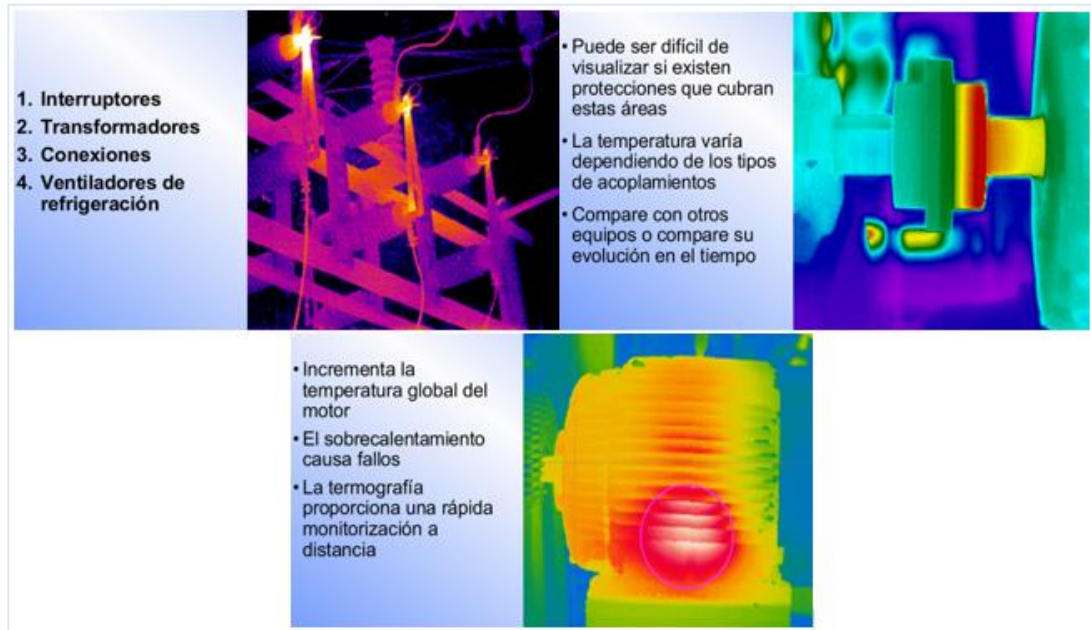


Figura n.º 7. Imágenes térmicas de equipos electro-mecánicos con anomalías térmicas.

Fuente: SKF del Perú (2012)

1. Campos de aplicación de Termografía

A continuación se menciona algunos campos de aplicación:

- a. **Sistemas eléctricos:** Líneas de transmisión, sub estaciones eléctricas, transformadores, motores eléctricos, sistemas de baterías, cajas de fusibles, etc.
- b. **Sistemas mecánicos:** bombas, rodamientos, correas de transmisión, cajas de engranes, inter cambiadores de calor, etc.
- c. **Sistemas de climatización:** Hornos, calderas, fundiciones de metal, tuberías y válvulas, sistemas de vapor, etc.
- d. **Inspecciones de edificios:** Filtraciones de aire, aislamiento deficiente, humedad, etc.

2.5.2. Inspección Visual

Dentro de los métodos de ensayos no destructivos la inspección visual es el más antiguo, básico, común y usado por su bajo costo, para la ejecución de este método se emplea como principal herramienta el ojo humano y este se complementa con instrumentos de iluminación y medición. En otras palabras, se puede definir como "el examen de un material, pieza o producto para evaluar su conformidad usando la vista, sola o con la ayuda de alguna herramienta". (Gómez & Gonzáles, 2010)

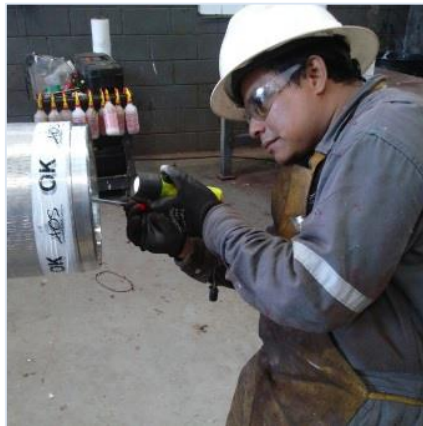


Figura n.º 8. Inspección Visual a un componente mecánico.

Fuente: Elaboración propia.

1. La inspección visual comprende dos fases

- a. La primera fase es de búsqueda.
- b. La segunda es la fase que combina la experiencia, la agudeza visual y los conocimientos para llegar a identificar las anomalías que se presenta durante la inspección.

2. La calidad de la inspección comprende cuatro factores

- a. La calidad del detector (relacionado al ojo humano)
- b. Condiciones de iluminación.
- c. Capacidad para procesar los datos obtenidos.
- d. Nivel de entrenamiento y atención a los detalles (relacionado al personal)

3. Tipos de inspección visual

Las normas ASME y las AWS exigen una certificación y calificación al personal que realiza la inspección visual donde se tiene en cuenta las horas de experiencia del personal y la agudeza visual del personal a certificar. Dentro de las normas de certificación de personal que involucran este ensayo se encuentran la ISO-9712 y la ANSI/ASNT CP-189. Según los instrumentos a utilizar la inspección visual se clasifica en. (Isotec, 2010):

- a. Inspección visual directa: Inspecciones menores a 610 mm y aun ángulo menor a 30°, siendo la principal herramienta el ojo humano.
- b. Inspección visual remota: durante la inspección se utiliza instrumentos tales como espejos, telescopios, etc.

2.6. Sistema Hidráulico y Caja Reductora.

Equipos de uso común en los diversos sectores de la industria, las cajas reductoras o también llamados reductores de velocidad son uno de los inventos más antiguos de la humanidad, está conformado por un sistemas de engranes contruidos de acero y lubricados por grasa o aceite, presenta como sistema motriz un motor eléctrico que genera el movimiento de los engranes para ser usado en las diversas aplicaciones de la industria. Los tanques hidráulicos son reservorios o contenedores de aceite, contruidos de acero y su principal función es almacenar el aceite el cual es usado es los diversos procesos de producción.

2.6.1. Sistema Hidráulico

La función principal de un sistema hidráulico es la de transmitir potencia, controlar fuerza y energía a través de medios mecánicos, eléctricos o fluidos, estos últimos, manejados a presión en un sistema cerrado. La presión ejercida en un líquido contenido en un sistema cerrado, se transmite íntegramente en todas las direcciones y actúa con fuerza igual en todas las áreas que toca. El tanque hidráulico almacena el fluido del sistema. Además, cumple funciones como ayudar en la refrigeración del aceite a través de sus paredes, ayuda a precipitar las partículas contaminantes del sistema, separa el agua y el aire del aceite y por presentar una estructura hermética, los tanques hidráulicos deben tener resistencia, capacidad adecuada de almacenamiento, evitando y protegiendo el ingreso de

los agentes contaminantes. Su fabricación es generalmente de estructuras de acero doblado en frío como se puede observar en la Figura n. ° 9.

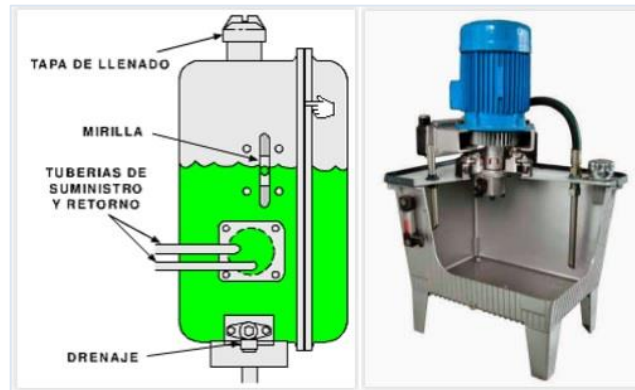


Figura n.° 9. Partes y modelo de tanques hidráulicos.

Fuente: Garzón (2015)

2.6.2. Caja Reductora

Las cajas reductoras son dispositivos o sistemas de transmisión mecánica que mediante un juego de engranes transmiten fuerza y movimiento rotativo de una máquina o parte de ella a otra máquina. Su función principal es de variar la velocidad, fuerza y cambiar la dirección de rotación de salida. Además, este tipo de sistema de transmisión ofrece transmitir altas cargas, alta resistencia al impacto y presenta mayor eficiencia en comparación a los sistemas de transmisión de poleas y correas de transmisión. (Villaroel, 2010)

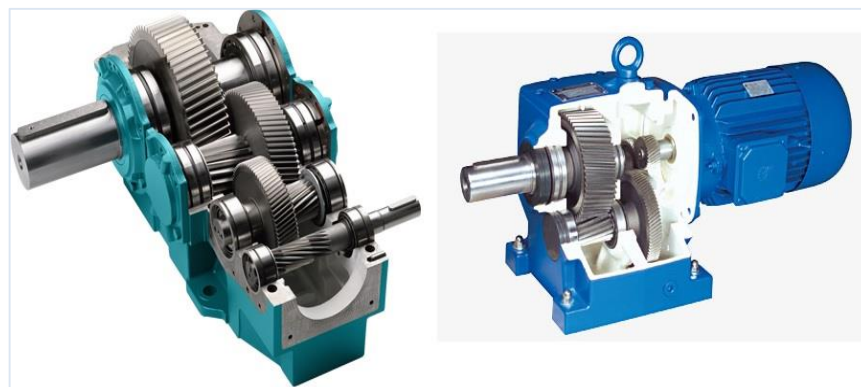


Figura n.° 10. Modelo de caja reductora.

Fuente: Garzón (2015)

2.7. Definición de términos básicos

- **Polipropileno (PP):** El polipropileno es un polímero extremadamente versátil. Cumple una doble tarea, como plástico y como fibra.
- **Polímero:** Molécula grande, a menudo formado de millares de moléculas pequeñas y unidas químicamente entre sí para formar una macromolécula.
- **Termo formado:** Es el proceso que da forma a una lámina plástica por medio de calor y vacío utilizando un molde o matriz (madera, resina epóxica o aluminio).
- **Bi-orientado u orientación axial de polipropileno:** Proceso por el cual una película plástica es estirada logrando una orientación en las cadenas poliméricas del plástico paralelas al plano de la película.
- **Metalizado:** Evaporar un metal como el aluminio, en una cámara de vacío para que estos se depositen sobre piezas de plástico, vidrio, metal que giran dentro de la cámara de vacío para una deposición uniforme.
- **Caja reductora:** Grupo de engranes con el que se consigue obtener velocidades mayores o menores que las de ingreso.
- **Tanque hidráulico:** Depósito que almacena aceite y cumple la función de eliminar el calor del aceite.
- **Competitividad:** Capacidad de competir.
- **Optimizar:** Buscar la mejor manera de realizar una actividad.
- **Estrategia de mantenimiento:** Conjunto de acciones planeadas para identificar, recopilar, desarrollar e implementar una óptima gestión del mantenimiento.
- **Gestión:** Conjunto de actividades que se realizan para dirigir y administrar un negocio o empresa.
- **Monitoreo por condición:** Es el proceso que consiste en determinar el estado de la maquinaria durante su funcionamiento.
- **Análisis de lubricante:** técnicas que determina el deterioro del lubricante, cantidad de partículas de contaminantes y de desgaste.
- **Lubricante:** sustancia líquida, semisólida o sólida de origen animal, vegetal, sintético o mineral, utilizado para reducir el rozamiento entre cuerpos en contacto y mecanismos en movimiento.
- **Confiabilidad:** Probabilidad en que un equipo realizará su función sin incidentes por un periodo determinado y bajo condiciones indicadas.
- **Incidente:** Circunstancia o suceso que de manera inesperada afecta el desarrollo de un producto, empresa, etc.
- **Exactitud:** Fidelidad o precisión de una medida, dato, etc.

- **Precisión:** Se aplica a aparatos o instrumentos que es capaz de dar datos exactos o precisos.
- **Trazabilidad:** Capacidad que permite seguir el proceso de evolución de un producto en todas sus etapas o propiedad de un resultado de medida que permite relacionarlo con una referencia superior mediante una cadena documentada.
- **Asme:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Asociación de profesionales, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos entre otros.
- **Aws:** Norma que define los requisitos y el programa de la American Welding Society para certificar inspectores de soldadura.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1. Mapa de proceso actual del monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

Mediante el uso de la herramienta del diagrama de flujo se muestra el proceso actual de inspección del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras, el cual es realizado con termografía e inspección visual como se puede observar en la Figura n.º 11.

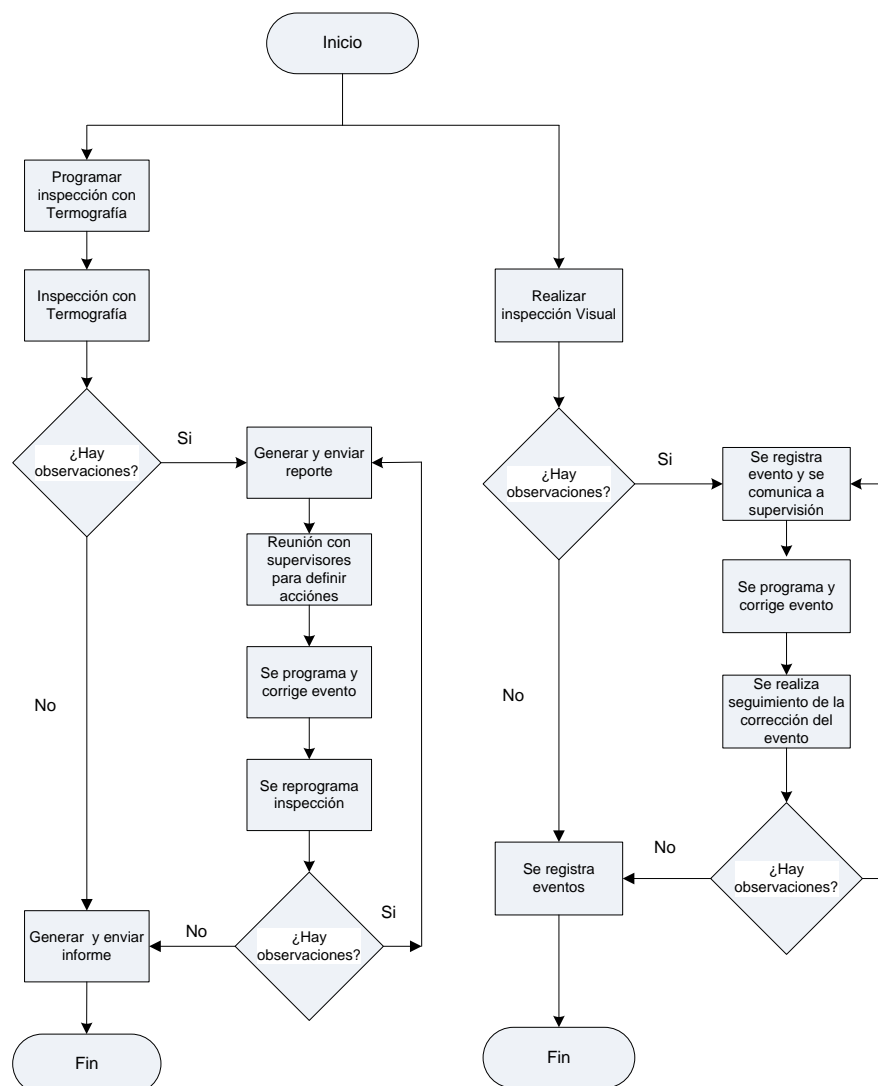


Figura n.º 11. Diagrama de flujo de inspección del aceite.

Fuente: Opp Film (2013)

3.2. Análisis del proceso actual de monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

Las unidades hidráulicas y cajas reductoras de las líneas de producción a los cuales se les realizan la inspección del aceite utilizando termografía e inspección visual son:

- 1. Unidades hidráulicas:** Cortadora Atlas 2, 3, 4 y 5, Cortadora Valmet, Cortadora Goebel P1 y P4, Cortadora M Atlas 1 y 2 e Inyectora 1 y 2. Ver anexo n. ° 1. Lista de unidades hidráulicas y aceites usados.
- 2. Cajas reductoras:** Bopet 1, Bopp 1, 2, 3 y 4. Ver anexo n. ° 2. Lista de cajas reductoras y aceites usados.

Siendo en total 11 unidades hidráulicas y 35 cajas reductoras. Dentro del plan de inspección anual realizado por los supervisores de mantenimiento, se tiene especificado realizar con una frecuencia de 12 semanas las inspecciones con termografía y con una frecuencia de dos veces al día la inspección visual a las unidades hidráulicas y cajas reductoras para identificar, registrar y reportar condiciones anormales de operación que con lleven a daños perjudiciales en las máquinas, generando retrasos y pérdidas de producción. A continuación, se analizara los procesos de inspección con termografía e inspección visual, las cuales son ejecutadas por el personal del área de mantenimiento.

3.2.1. Inspección con Termografía

Estas actividades son realizadas con una frecuencia de inspección de 12 semanas y es el planificador de mantenimiento quien programa la ejecución de los trabajos previa coordinación con los supervisores de mantenimiento. El objetivo de realizar la inspección con termografía es la identificación, registro y corrección de los modos de falla relacionada a temperatura, siendo las más comunes los falsos contactos.

A continuación se describe los pasos realizados durante el cumplimiento de las inspecciones con termografía al aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras:

1. El supervisor de mantenimiento entregará al personal encargado de realizar la inspección con termografía la cámara termografica marca Flir, modelo T440 para la inspección de las unidades hidráulicas, cajas reductoras y tableros eléctricos como lo

muestra la Figura n. ° 12. La cámara termográfica tiene por función realizar la medición de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos mediante unos sensores llamados bolómetros, esta radiación es medida por los bolómetros para luego ser convertidos por la cámara termográfica en imágenes térmicas o termogramas, luego los termogramas son analizados en una computadora utilizando un software, el análisis consiste en la identificación de temperaturas que excedan los límites permisibles de operación, pues esta condición genera un deterioro prematuro de los materiales aislantes, disminución de la vida útil de aceite, etc.



Figura n.° 12 Cámara termográfica, modelo Flir.

Fuente: Opp Film (2013)

El personal encargado de la inspección o inspector ya con los equipos de protección personal (zapatos dieléctricos, lentes de seguridad, tapones auditivos y mameluco) y antes de dar inicio a las actividades revisara el estado de la cámara, capacidad de memoria y nivel de batería.

2. Ya en campo y solicitando autorización al supervisor de línea de producción, la actividad se desarrolla de la siguiente manera. Ver anexo n.° 3. Procedimiento de inspección con termografía.
 - El inspector se posicionara de preferencia a 1 metro de distancia del objeto con un ángulo de 45 ° (ángulo recomendable para inspecciones termograficas), elegirá una

emisividad en la cámara de 0.85 (emisividad utilizada para componentes mecánicos y eléctricos), seleccionará la paleta de colores según criterio y procederá a realizar la inspección del componente haciendo movimientos lentos y suaves de arriba hacia abajo o viceversa como lo muestra la Figura n. ° 13.

- De encontrar alguna anomalía térmica procederá a capturar la imagen presionando la opción “Grabar” del equipo.
- Realizar el orden y limpieza de ser necesario del área inspeccionada.
- Una vez concluido con la inspección de termografía en oficina se descargara las imágenes térmicas en la computadora y se procederá a realizar el análisis utilizando el software Quick Report 1.0.



Figura n.º 13. Inspección con termografía en reductor principal de bopp 2.

Fuente: Elaboración propia.

3. De hallar observaciones por anomalías térmicas se procederá a crear y enviar el reporte de termografía a los supervisores de mantenimiento. Ver anexo n.º 4. Reporte de termografía.

4. Se programa una reunión con el área de mantenimiento luego de enviar el reporte de termografía, a fin de definir el plan de acción.
5. Definido el plan de acción y luego de la corrección del evento reportado, se programa una re inspección con termografía del equipo.
6. Tras la inspección, el inspector procederá a generar el reporte post mantenimiento. Ver anexo n.º 5. Reporte de termografía post mantenimiento.
7. De haberse corregido la anomalía térmica se envía el reporte a los supervisores indicando la nueva condición y con ello se da por concluido la inspección, pero de no ser favorable el mantenimiento realizado se procede nuevamente con el paso 2.

3.2.2. Inspección Visual

La inspección visual se realiza a las unidades hidráulicas, cajas reductoras y otros equipos de la línea de producción por el mecánico de turno quien registra las observaciones más importantes de estos componentes, en la actualidad la empresa Opp Film cuenta con dos turnos por día. Las observaciones están relacionados a eventos que pueden comprometer el buen funcionamiento de los equipos mencionados y entre ellas tenemos fuga de lubricante, temperatura de operación del aceite, cables eléctricos sueltos, limpieza de área de trabajo del equipo, nivel y color de aceite, etc. El cumplimiento de este método de inspección con lleva los siguientes pasos:

1. El mecánico de turno durante su jornada de trabajo realiza la inspección de las unidades hidráulicas, cajas reductoras y otros componentes de la línea de producción con la finalidad de identificar anomalías en los parámetros de funcionamiento.
2. De encontrar alguna observación durante la inspección, se procede a registrar este evento en el cuaderno del mecánico de turno, con la finalidad de crear un registro y este posteriormente sirva al supervisor de turno como una fuente de información para la programación de actividades preventivas o correctivas sobre el componente reportado. Además, la información registrada sirve para que el turno entrante este informado de las observaciones más resaltantes del turno anterior.

3. El supervisor evalúa la magnitud de la observación reportada por el mecánico o eléctrico de turno y define el plan de acción sobre el componente, siendo estas acciones preventivas o correctivas.
4. Corregida la observación, el mecánico o eléctrico de turno realiza las inspecciones de rutina a fin de evaluar el buen funcionamiento del componente corregido.
5. De no haber observaciones sobre el componente reparado, se continúa con las inspecciones rutinarias, pero de no ser favorable se procede nuevamente con el paso número 2.



Figura n.º 14. Inspección visual del reductor principal en Bopp 1.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Procedimientos y costos de implementación del análisis de lubricante para mejorar el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

Para realizar la implementación del análisis de aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras desarrollaremos los siguientes puntos:

3.3.1. Identificación de los equipos a incluir en el programa de análisis de aceite

Los equipos a incluir en el análisis de aceite corresponden a 11 unidades hidráulicas y 35 cajas reductoras, equipos que corresponden a los inspeccionados con termografía e inspección visual:

1. **Unidades hidráulicas:** Cortadora Atlas 2, 3, 4 y 5, Cortadora Valmet, Cortadora Goebel P1 y P4, Cortadora M Atlas 1 y 2 e Inyectora 1 y 2. Ver anexo n. ° 1. Lista de unidades hidráulicas.
2. **Cajas reductoras:** Bopet 1, Bopp 1, 2, 3 y 4. Ver anexo n. ° 2. Lista de cajas reductoras.

3.3.2. Toma de muestra de aceite

1. **Selección de puertos de muestreo en unidades hidráulicas y cajas reductoras.**

Durante la inspección a las unidades hidráulicas y cajas reductoras identificamos que los equipos no presentan puertos de muestreo, por ello se procede a seleccionar como puerto de muestreo a los respiradores en dichos equipos.

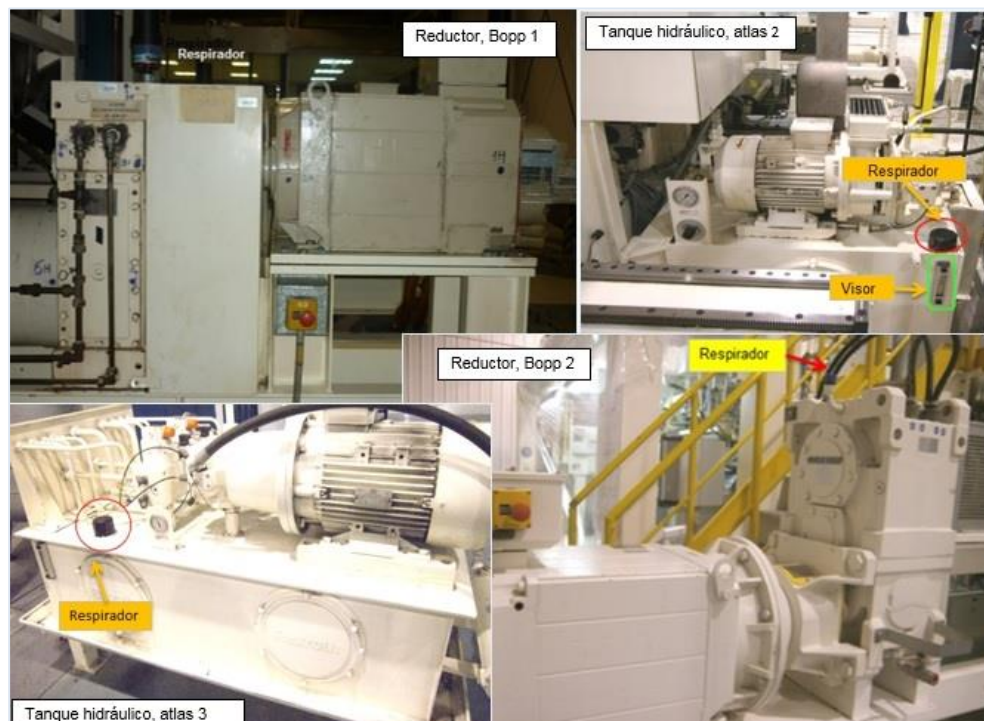


Figura n.º 15. Respiradores seleccionados como puertos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

2. Dispositivos utilizados para la toma de muestra de aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras

En la Figura n. ° 16. Se menciona los dispositivos a utilizar para la toma de muestra de aceite:

- a. **Manguera de plástico para la toma de muestra de aceite:** Permite conectar a la bomba de vacío y el puerto muestreo
- b. **Bomba de vacío:** Al accionar el embolo de la bomba este genera vacío permitiendo la succión del aceite por la manguera de plástico y depositándose en las botellas o frascos de muestreo.
- c. **Guantes quirúrgicos:** Es utilizado por el personal durante la toma de muestra de aceite y evita el contacto con el lubricante para de evitar posibles lesiones en la piel.
- d. **Paño industrial:** Utilizado para limpiar el área de trabajo y evitar la contaminación durante el desarrollo de la toma de muestra del aceite.



Figura n.° 16. Dispositivos para la toma de muestra de aceite.

Fuente: Elaboración propia.

3. Procedimiento para el muestreo de aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras

El desarrollo de este procedimiento asegura que cada muestra extraída sea representativa y el análisis del aceite indique la condición real del equipo y del lubricante. Ver anexo n. ° 6. Procedimiento de toma de muestra de aceite.

4. Determinación de la frecuencia de muestreo

Para determinar la frecuencia de muestreo del aceite en los tanques hidráulicos y cajas reductoras es necesario considerar la criticidad de cada una de las máquinas, severidad de la operación, edad de la máquina y del aceite o revisar el manual del equipo, ya que ofrece información relacionado a frecuencias de toma de muestra, pero nuestra realidad es la siguiente:

- a. No se tiene los manuales de los equipos los que podrían a ayudar a determinar la frecuencia de muestreo e información relacionada a la edad de la máquina.
- b. No se tiene registrado la fecha de cambio y re lleno de aceite de aceite.

Como muestra la Tabla n. ° 3. Se revisa información adicional y este sugiere como frecuencia inicial de toma de muestra de aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras una frecuencia cada 3 meses o 1000 horas para luego acortar o extender estas frecuencias según los resultados de los análisis de aceite.

Tabla n.° 3. Propuesta de frecuencias de muestreo de aceite inicial

Equipos	Frecuencia
Sistemas de transmisión (cajas reductoras)	3 meses o mil horas
Sistemas o unidades hidráulicas	3meses o mil horas
Compresor	3 meses
Turbina	01 mes
Sistema de lubricación de papelera	01 mes
Motor de generador	500 horas
Motor de gas natural	500 horas
Motor de biogás	250 horas

Fuente: Exxon Mobil Corporation (2008)

Luego de revisar Tabla n.º 3. Estamos proponiendo para nuestra implementación de análisis de aceite una frecuencia inicial de toma de muestra de cada 1000 horas o 42 días, luego esta frecuencia será corregida tras los resultados obtenidos del análisis de aceite.

5. Rotulación de las muestras de aceite

Se realiza este paso a fin de la identificación de las muestras, pues la rotulación contiene información referente a los datos del equipo, del componente y de la muestra de aceite como por ejemplo tipo de lubricante, horas de uso, fecha de muestreo, punto de muestreo, fecha de relleno de aceite etc. Ver anexo n.º 7. Formato de rotulación de muestras de aceite.

6. Envío de las muestras de aceite a los laboratorios

Las muestras de aceite de las unidades hidráulicas y cajas reductoras ya con su rotulación respectiva se envía al área de despacho para él envío al laboratorio.

7. Entrega de los resultados de los análisis

Los resultados de los análisis de aceite de las unidades hidráulicas y cajas reductoras son enviados por el laboratorio vía correo electrónico y el tiempo de entrega de los resultados de los análisis de aceite es regularmente entre 24 a 48 horas, después de recibida las muestras en sus instalaciones. El reporte del análisis de la muestra de aceite brinda información de los datos del lubricante, muestra del aceite, presencia de elementos de desgaste, contaminantes, aditivos del aceite y un diagnóstico de la muestra analizada. Ver anexo n.º 8, 9 y 10. Modelos de reporte análisis de aceite.

3.3.3. Costo de implementación de análisis del lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras

A continuación en la Tabla n.º 4. Se detallan los costos generados por la implementación del análisis de aceite.

1. Costo por el análisis de aceite de 11 muestras de aceite hidráulico y 35 muestras de aceite de cajas reductoras se detalla a continuación. Ver Anexo n.º 11. Precios de análisis de aceite.

Tabla n.º 4. Costo de análisis de aceite.

Ítem	Prueba	Componente	Tipo de prueba	Costo unitario \$	Cantidad	Costo \$
1	Análisis de aceite	Unidad hidráulica	Tipo 7	20.00	11.00	220.00
2	Análisis de aceite	Caja reductora	Tipo 11	20.00	35.00	700.00
Total						920.00

Fuente: Elaboración propia.

- 01 bomba de vacío, 01 rollo de manguera para la muestra de aceite y 46 botellas o frascos para las muestras de aceite son suministrados en su totalidad por el laboratorio.
- La programación de 02 trabajadores de la empresa Opp Film para la toma de muestra de aceite no genera costo adicional, ya que esta actividad es realizada dentro de su jornada de trabajo y solo implica la programación de esta actividad por parte del supervisor del área de mantenimiento.
- En la Tabla n.º 5. Teniendo proyectado realizar el análisis de aceite cada 1000 horas o 42 días, el cual será realizado 9 veces durante todo el año, el costo anual será de \$ 8,280.00.

Tabla n.º 5. Costo anual de análisis de aceite.

Ítem	Prueba	Componente	Costo unitario de análisis de aceite \$	Cantidad de muestras	Costo de análisis de aceite \$	Tomas de muestra por año	Costo anual por análisis de aceite \$
1	Análisis de aceite	Unidad hidráulica	20.00	11	220.00	9	1,980.00
2	Análisis de aceite	Caja reductora	20.00	35	700.00	9	6,300.00
Total							8,280.00

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Análisis costo/beneficio de la propuesta de implementación de análisis del lubricante como herramienta en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

En la Tabla n. ° 6. Detallamos lista de aceites usados por inicio de operación en las unidades hidráulicas, cajas reductoras, precios de los lubricantes en presentación de balde de 19 litros y el costo por consumo de lubricante.

Tabla n.° 6. Lista de aceites utilizados y precios.

Ítem	Costo por balde \$	Número de baldes (por 19 L) usados por inicio de operación de equipos	Costo total de baldes consumidos \$	Tipo de aceite
1	84.33	24	2,023.92	MOBIL DTE OIL 25
2	438.16	12	5,257.92	MOBIL SHC 630
3	438.16	10	4,381.60	MOBIL SHC 632
4	74.00	34	2,516.00	MOBILGEAR 600 XP 220
5	693.00	11	7,623.00	SHELL OMALA HD 320
6	76.39	57	4,354.23	SHELL OMALA S2 G 320
7	76.39	6	458.34	SHELL OMALA S4 GX 220
8	56.26	78	4,388.28	SHELL TELLUS 46
9	56.26	30	1,687.80	SHELL TELLUS 68
10	60.00	6	360.00	SHELL TELLUS S2 M 46
11	76.40	26	1,986.400	SHELL OMALA 320
12	468.00	8	3,744.00	ADDINOL POLYGEAR PG 320
13	460.00	69	31,740.00	ADDINOL ECO GEAR 320S
14	440.00	3	1,320.00	ANDEROL PLUS 5460

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla n. ° 7. Se muestra el consumo por cambio de aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras de los años 2013, 2014 y 2015, en cual presenta una variación del 87%, 76% y 76% respectivamente en comparación al volumen total de aceite que representa el 100%. Además, se muestra el costo generado por el cambio del lubricante en los años mencionados.

Tabla n.º 7. Costo y Consumo por cambio aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras del 2013 al 2105.

Ítem	Número de baldes usados por inicio de operación	Tipo de aceite	Aceite consumido 2013		Aceite consumido 2014		Aceite consumido 2015	
			Número de baldes	Costo de baldes \$	Número de baldes	Costo de baldes \$	Número de baldes	Costo de baldes \$
1	24	MOBIL DTE OIL 25	26	2,192.58	25	2,108.25	15	1,264.95
2	12	MOBIL SHC 630	13	5,696.08	15	6,572.40	13	5,696.08
3	10	MOBIL SHC 632	11	4,819.76	12	5,257.92	12	5,257.92
4	34	MOBILGEAR 600 XP 220	35	2,590.00	25	1,850.00	30	2,220.00
5	11	SHELL OMALA HD 320	7	4,851.00	12	8,316.00	12	8,316.00
6	57	SHELL OMALA S2 G 320	58	4,430.62	32	2,444.48	45	3,437.55
7	6	SHELL OMALA S4 GX 220	7	534.73	7	534.73	7	534.73
8	78	SHELL TELLUS 46	79	4,444.54	43	2,419.18	43	2,419.18
9	30	SHELL TELLUS 68	15	843.90	33	1,856.58	31	1,744.06
10	6	SHELL TELLUS S2 M 46	18	1,080.00	8	480.00	8	480.00
11	26	SHELL OMALA 320	17	1,298.80	26	1,986.40	25	1,910.00
12	8	ADDINOL POLYGEAR PG 320	15	7,020.00	10	4,680.00	8	3,744.00
13	69	ADDINOL ECO GEAR 320S	20	9,200.00	31	14,260.00	33	15,180.00
14	3	ANDEROL PLUS 5460	3	1,320.00	6	2,640.00	3	1,320.00
	100%		87%	50,322.01	76%	55,405.94	76%	53,524.47

Fuente: Elaboración propia.

Además, el costo mensual de mantenimiento de las máquinas de las unidades hidráulicas y cajas reductoras a incluir en el programa de análisis de aceite asciende a un monto aproximado de \$ 85,000.00, este costo representa un valor anual de \$ 1, 020,000.00. Si dividimos el costo anual por cambio de lubricante de los años 2013, 2014 y 2015 entre el costo anual de mantenimiento obtenemos como resultado un valor aproximado en porcentaje del 5 %. Esto significa que el cambio anual de lubricante representa el 5 % del costo anual de mantenimiento como lo muestra la Tabla n.º 8.

Tabla n.º 8. Relación costo anual de mantenimiento y costo anual por cambio de lubricante

Costo anual de mantenimiento	Costo anual por cambio de lubricante		
	2013	2014	2015
	\$50,322.01	\$55,405.94	\$53,524.47
\$1,020,000.00	5%	5%	5%

Fuente: Elaboración propia.

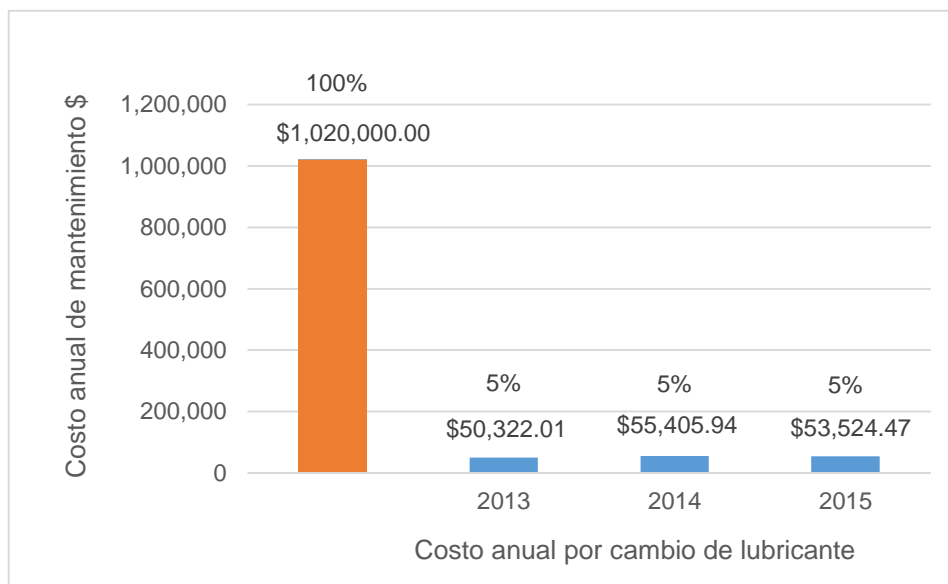


Figura n.º 17. Relación en porcentaje costo anual mantenimiento y costo anual por cambio de lubricante.

Fuente: Elaboración propia.

La implementación del análisis de lubricante propone para el 2017 eliminar el consumo por cambio de lubricante y en su reemplazo aplicar la herramienta del análisis del aceite. De esta manera, solo se consumirá aceite por temas relacionados a relleno de lubricante en las unidades hidráulicas y cajas reductoras y stock de almacén, esto por política de la empresa debe ser el 10 % del volumen total por cada tipo de aceite como lo muestra la Tabla n.º 9.

Tabla n.º 9. Stock de lubricante por cada tipo de aceite.

Ítem	Costo por balde \$	Número de baldes (por 19 litros) usados para inicio de operación	Stock de 10 % de baldes de lubricante	Costo Total de baldes \$	Tipo de aceite
1	84.33	24	3	252.99	MOBIL DTE OIL 25
2	438.16	12	2	876.32	MOBIL SHC 630
3	438.16	10	1	438.16	MOBIL SHC 632
4	74	34	4	296.00	MOBILGEAR 600 XP 220
5	693	11	2	1,386.00	SHELL OMALA HD 320
6	76.39	57	6	458.34	SHELL OMALA S2 G 320
7	76.39	6	1	76.39	SHELL OMALA S4 GX 220
8	56.26	78	8	450.08	SHELL TELLUS 46
9	56.26	30	3	168.78	SHELL TELLUS 68
10	60	6	1	60.00	SHELL TELLUS S2 M 46
11	76.4	26	3	229.20	SHELL OMALA 320
12	468	8	1	468.00	ADDINOL POLYGEAR PG 320
13	460	69	7	3,220.00	ADDINOL ECO GEAR 320S
14	440	3	1	440.00	ANDEROL PLUS 5460
	TOTAL		43	8,820.00	

Fuente: Elaboración propia.

Sumamos el consumo de aceite proyectado para el 2017 más el costo anual por análisis de aceite, esto representa un costo total anual proyectado de \$ 17,100.00 como lo muestra la Tabla n.º 10.

Tabla n.º 10. Costo total anual proyectado por consumo de lubricante para el 2017

2017		
Costo anual proyectado por consumo de aceite \$	Costo anual por análisis de aceite \$	Costo total anual \$
8,820.00	8,280.00	17,100.00

Fuente: Elaboración propia.

El costo total anual proyectado por consumo de lubricante para el 2017 en comparación a los años 2013, 2014 y 2015 representa una disminución aproximada de \$ 33,000.00 como lo muestra la Figura n. ° 18.

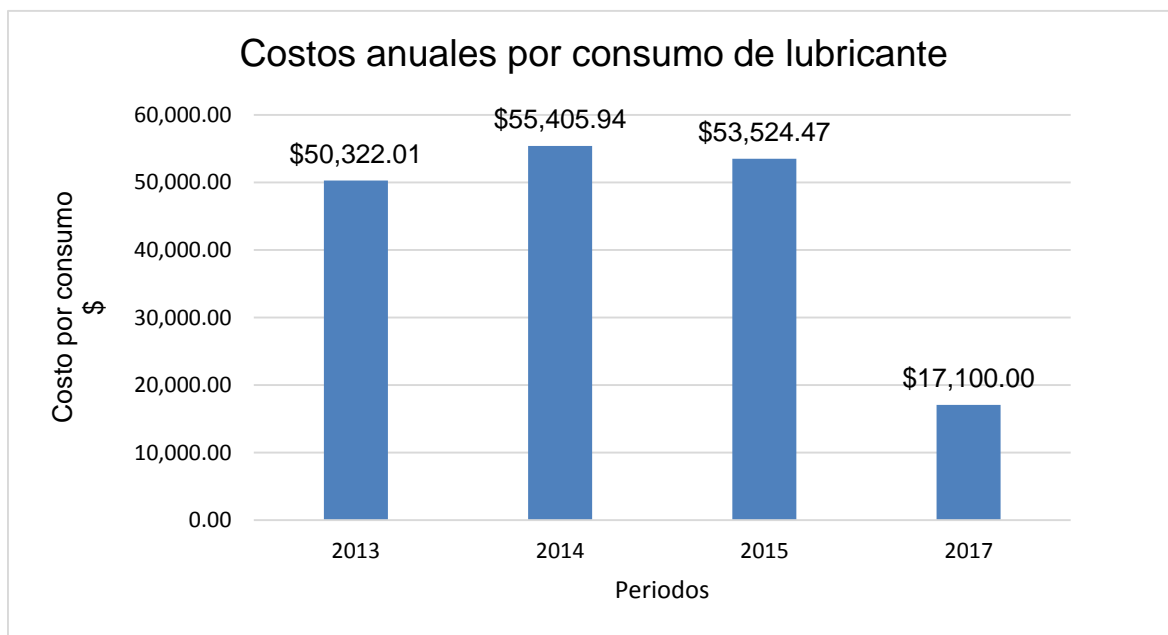


Figura n.° 18. Costos anuales por consumo de lubricante.

Fuente: Elaboración propia.

Si dividimos el costo total anual proyectado por consumo de lubricante del 2017 entre el costo anual de mantenimiento el cual presenta un valor aproximado de \$ 1,020,00.00 obtenemos como resultado en porcentaje un valor aproximado del 1.7 %, esto quiere decir una disminución del 3.3 % del costo anual de mantenimiento en comparación a los años 2013, 2014 y 2015 el cual es 5 %. Por lo tanto, es factible la implementación del análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo por condición del aceite en unidades hidráulicos y cajas reductoras en la empresa Opp Film.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. RESULTADOS

De implementar el análisis de lubricante como herramienta de mejora en el monitoreo de condición del aceite en unidades hidráulicas y cajas reductoras se obtendría un nuevo diagrama de flujo, en el cual se reemplaza la termografía por el análisis de lubricante, pues este último brinda información técnica en relación a las propiedades físicas y químicas, mejorando de esta manera las inspecciones y toma de decisiones sobre el aceite como lo muestra la Figura n. ° 19.

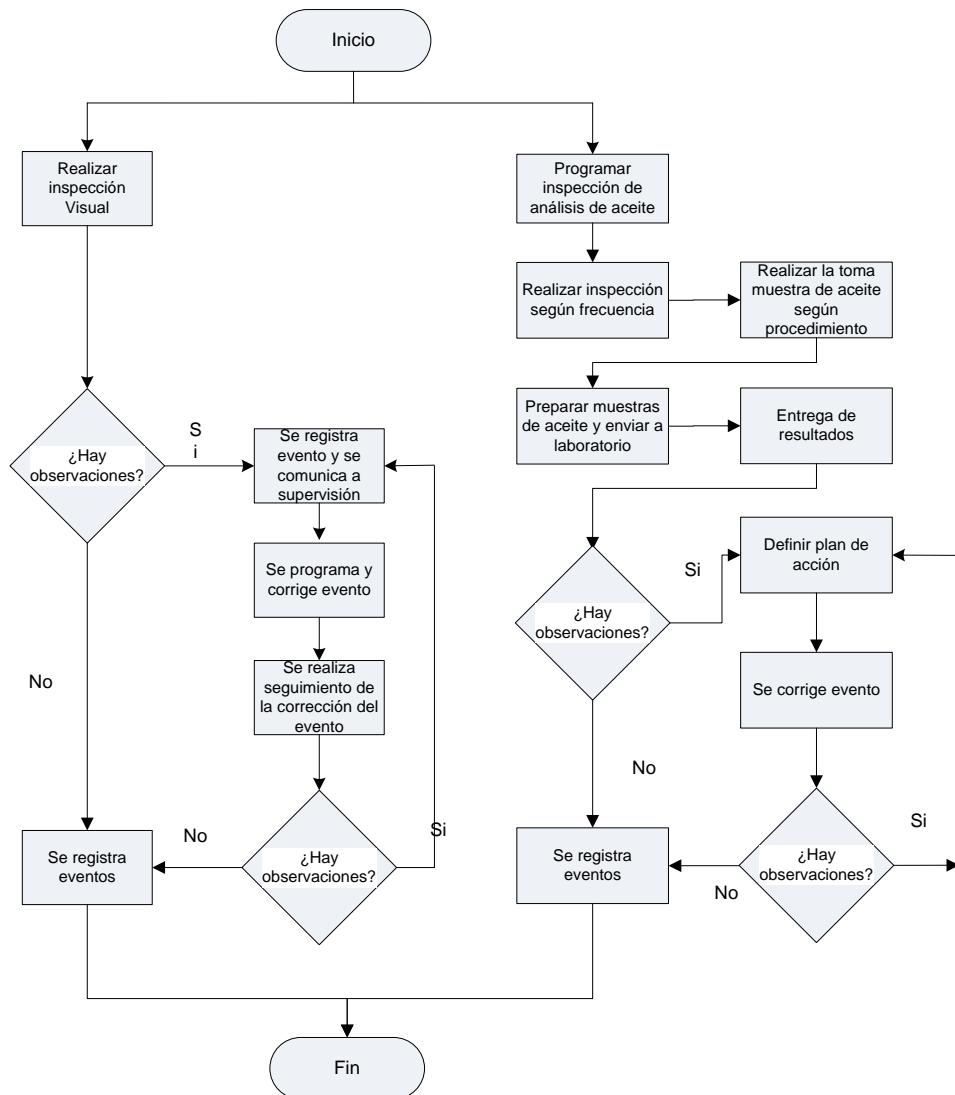


Figura n.° 19. Nuevo diagrama de flujo de inspección del aceite.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. CONCLUSIONES

1. Las técnicas o métodos de inspección utilizadas para evaluar la condición del aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras son la termografía e inspección visual, las cuales actualmente no brindan información suficiente e idónea que permita determinar las mejores acciones de mantenimiento sobre el aceite, pues solo evalúan condiciones superficiales como temperatura, color y olor del lubricante, no siendo estas fuente segura de información.
2. La implementación del análisis de lubricante ayuda a mejorar el monitoreo de condición del aceite en las unidades hidráulicas y cajas reductoras, pues brinda nuevas herramientas que facilitan y mejoran la toma de decisión del personal en acciones de mantenimiento sobre el aceite y en los equipos en el momento oportuno. Es por ello, la implementación de análisis de lubricante debe contar con el total apoyo de jefatura, el compromiso de las áreas y personal involucrado en la actividad a fin de obtener los resultados esperados.
3. El uso adecuado de los accesorios, dispositivos y el cumplimiento del procedimiento en la toma de muestra del aceite, asegura que los resultados de análisis del lubricante indiquen la condición real del aceite y de los componentes lubricados. Además, Los resultados de análisis del lubricante por ser una fuente de información, deberían ser utilizados para la elaboración y creación de tendencias futuras que permitirán determinar la evolución del desgaste del aceite y maquinaria permitiendo en forma oportuna corregir posibles fallos en el funcionamiento de los equipos y aceite, disminuir paradas no deseadas, optimizar los periodos de cambio de aceite, optimizar los repuestos y reducción de horas hombre lo que con lleva a un aumento en la productividad de la empresa.
4. La implementación de análisis del lubricante como herramienta de monitoreo de condición del aceite es factible en lo económico, pues tras la implementación se tiene proyectado un ahorro aproximado de \$ 33,000.00 para el 2017 por consumo por cambio de aceite y esto valor representa una disminución del costo anual de mantenimiento del 3.3%.

4.3. RECOMENDACIONES

1. Se presenta este trabajo con la finalidad de ser una herramienta, a fin de implementar u optimizar la gestión del lubricante en cualquier empresa, pues entrega información básica de lubricación y detalla los pasos a seguir en la toma de muestra, rotulación y proceso de envío a laboratorio. En tal sentido, es necesario profundizar los conocimientos sobre los diferentes programas y servicios de análisis de lubricante recomendados para los diferentes equipos y componentes.
2. A manera de actualización y capacitación continua, coordinar visitas y programar reuniones con los proveedores de lubricante para que como servicio post venta y de forma periódica (se sugiere inicialmente una mensual y luego este periodo se afinaría en base a la necesidad del cliente) brinden charlas o capacitaciones al personal de mantenimiento en temas relacionados al lubricante como por ejemplo, toma de muestra de aceite, interpretación de los resultados del análisis, tipos de lubricante y otros. Además, de implementar el análisis de aceite, coordinar la visita a los laboratorios (se sugiere una frecuencia anual o semestral) para conocer y entender los procesos y equipos involucrados en el análisis de aceite.
3. Es necesario que luego de realizar la implementación de análisis del aceite, se trabaje con personal de mantenimiento y proveedores especializados en el desarrollo de herramientas para eliminar las fuentes de contaminación que ingresan al sistema, vienen en los mismos componentes o son generados durante el proceso, puesto que deterioran al lubricante y como punto de partida se propone el reemplazo de los respiradores convencionales por la instalación de filtros respiradores deshumedecedores, a fin de eliminar el ingreso de humedad al sistema y la instalación de puertos de muestreo en las unidades hidráulicas y cajas reductoras, pues estos dispositivos ayudan a extraer el aceite de manera adecuada evitando la contaminación de la muestra y del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

2012. (s.f.). *Análisis Vibracional Categoría 1. Iso 18436 Análisis Vibracional Categoría 1*. Lima, Lima, Perú.
- Albarracín, P. (12 de 01 de 2006). *Tribología y lubricación Industrial y Automotriz*. Medellín.
- Cometto, E. (2005). *Aspectos generales de los lubricantes*. Obtenido de Aspectos generales de los lubricantes: <https://www.google.com.pe/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=lubri.rtf>
- Corona, Gerardo Trujillo. (2012). *Interpretación de análisis de lubricante*. México: Noria Latín América.
- Gómez, F., & Gonzáles, A. (2010). *Tema 7. Inpsección de Materiales*. Obtenido de Tema 7. Inpsección de Materiales: <http://ocw.um.es/ciencias/resistencia-de-materiales-y-calculo-de-estructuras/material-de-clase-1/tema07.pdf>
- Hernández, L. E. (2008). *Inspector de Tribología y Lubricación*.
- Infrared Training Center. (2006). Thermography Level 1. En I. T. Center, *Infrared Training Center* (pág. 100).
- Isotec. (2010). *Ensayos no destructivos*. Obtenido de Ensayos no destructivos: <http://www.isotec.com.co/portal2/index.php?id=50>
- Shell. (2006). *Lubricación y lubricantes*.
- Troyer, D., & Fitch, J. (2004). *Oil analysis basics en español*. León, Gto. México: Noria Latín América.
- Trujillo, G., & Calvillo, J. E. (2015). *Muestreo de Lubricantes*. León, Guanajuato.
- Villaroel, A. (2010). *Reductores de velocidad*. Obtenido de Reductores de velocidad: <https://adnervillaroel.files.wordpress.com/2010/07/reductores-de-velocidad.pdf>
- Zenteno, Y. G. (6 de 2 de 2015). *Tanque-hidráulico*. Obtenido de Tanque-hidráulico: <http://yairgarzonzenteno.blogspot.pe/2015/02/tanque-hidraulico.html>

ANEXOS

Anexo n.º 1. Lista de unidades hidráulicas y aceites usados.	59
Anexo n.º 2. Lista de cajas reductoras y aceites usados.	60
Anexo n.º 3. Procedimiento de inspección con termografía.	61
Anexo n.º 4. Reporte de termografía.	62
Anexo n.º 5. Reporte de termografía post mantenimiento	63
Anexo n.º 6. Procedimiento de toma de muestra de aceite.	64
Anexo n.º 7. Formato de rotulación de las muestras de aceite.	65
Anexo n.º 8. Reporte de análisis de aceite de laboratorio Mobil.	66
Anexo n.º 9. Reporte de análisis de aceite de laboratorio Shell.	67
Anexo n.º 10. Reporte de análisis de aceite laboratorio Isopetrol.	68
Anexo n.º 11. Lista de precios de análisis de aceite.	69

Anexo n.º 1. Lista de unidades hidráulicas y aceites usados.

Ítem	Maquinaria	Sistema	Equipo hijo	Cantidad	Unidad	Marca
1	Cortadora goebel p1	Sistema hidráulico	Tanque hidráulico	100	L	Mobil dte 25
2	Cortadora valmet	Sistema hidráulico	Tanque hidráulico	340	L	Mobil dte 25
3	Cortadora atlas n°2	Auxiliares	Tanque hidráulico	36	L	Shell tellus 46
4	Cortadora m atlas	Auxiliares	Tanque hidráulico	140	L	Shell tellus 46
5	Cortadora atlas n°5	Auxiliares	Tanque hidráulico	340	L	Shell tellus 46
6	Cortadora m atlas n°2	Auxiliares	Tanque hidráulico	140	L	Shell tellus 46
7	Inyectora n°1	Extrusora	Tanque hidráulico	100	L	Shell tellus 46
8	Inyectora n°2	Extrusora	Tanque hidráulico	560	L	Shell tellus 68
9	Cortadora atlas n°3	Sistema hidráulico	Tanque hidráulico	340	L	Shell tellus 46
10	Cortadora atlas n°4	Sistema hidráulico	Tanque hidráulico	340	L	Shell tellus 46
11	Cortadora goebel p4	Sistema hidráulico	Tanque hidráulico	100	L	Shell tellus s2 m46

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n.º 2. Lista de cajas reductoras y aceites usados.

Ítem	Maquinaria	Sistema	Equipo padre	Cantidad	Unidad	Marca
1	Bopp n°1	Extrusora principal	Sistema motriz	100	L	Mobilgear 600 xp 220
2	Bopp n°1	Extrusora principal	Sistema motriz	400	L	Mobilgear 600 xp 220
3	Bopp n°1	Bomba melt	Sistema motriz	36	L	Mobil shc 632
4	Bopp n°1	Co-extrusora n°1	Sistema motriz	50	L	Mobilgear 600 xp 220
5	Bopp n°1	Co-extrusora n°2	Sistema motriz	50	L	Mobilgear 600 xp 220
6	Bopp n°1	Mdo	Sistema motriz	50	L	Mobil shc 630
7	Bopp n°1	Prs	Sistema motriz	50	L	Mobil shc 630
8	Bopp n°1	Prs	Sistema motriz	50	L	Mobil shc 630
9	Bopp n°1	Prs	Sistema motriz	50	L	Mobil shc 630
10	Bopp n°1	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Addinol polygear 320
11	Bopp n°1	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Addinol polygear 320
12	Bopp n°2	Extrusora principal	Sistema motriz	540	L	Ecogear 320 s adinnol
13	Bopp n°2	Bomba melt	sistema motriz	50	L	Anderol plus 5460
14	Bopp n°2	Co-extrusora n°1	Sistema motriz	50	L	Shell omala s4 gx 320
15	Bopp n°2	Co-extrusora n°2	Sistema motriz	50	L	Shell omala s4 gx 320
16	Bopp n°2	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Mobil shc 632
17	Bopp n°2	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Mobil shc 632
18	Bopp n°3	Extrusora principal	Sistema motriz	380	L	Shell omala 320
19	Bopp n°3	Bomba melt	Sistema motriz	50	L	Shell omala hd 320
20	Bopp n°3	Co-extrusora n°1	Sistema motriz	34	L	Shell omala 320
21	Bopp n°3	Co-extrusora n°2	Sistema motriz	50	L	Shell omala 320
22	Bopp n°3	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Shell omala hd 320
23	Bopp n°3	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Shell omala hd 320
24	Bopp n°4	Extrusora principal	Sistema motriz	442	L	Ecogear 320 s adinnol
25	Bopp n°4	Bomba melt	Sistema motriz	53	L	Ecogear 320 s adinnol
26	Bopp n°4	Co-extrusora n°1	Sistema motriz	35	L	Ecogear 320 s adinnol
27	Bopp n°4	Co-extrusora n°2	Sistema motriz	50	L	Ecogear 320 s adinnol
28	Bopp n°4	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Ecogear 320 s adinnol
29	Bopp n°4	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Ecogear 320 s adinnol
30	Bopet 1	Extrusora principal	Sistema motriz	540	L	Shell omala s2 g320
31	Bopet 1	Bomba melt	Sistema motriz	35	L	Shell omala s2 g320
32	Bopet 1	Co-extrusora n°1	Sistema motriz	162	L	Shell omala s2 g320
33	Bopet 1	Co-extrusora n°2	Sistema motriz	162	L	Shell omala s2 g320
34	Bopet 1	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Shell omala s2 g320
35	Bopet 1	Tdo	Sistema de transmisión	68	L	Shell omala s2 g320


Fuente: Elaboración propia.

Anexo n.º 3. Procedimiento de inspección con termografía.

OppFilm		PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE TAREA (PET)		SSO-OPP-REGI-038
				Versión: 001
TAREA:		MONITOREO DE TERMOGRAFIA A GABINETES ELÉCTRICOS, EQUIPOS ROTATIVOS Y SUB ESTACIONES		
CODIGO PET:		ÁREA:	Mantenimiento	REVISIÓN:
PERSONAL:				
Supervisor de Mantenimiento				
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICO (Adicionales al botín de seguridad):				
Casco, Lentes de Seguridad, Careta de protección, Tapones Auditivos, orejeras, Jean, polo cuello camisero, Zapatos dieléctricos, Guantes tipo electrónico, Lámpara.				
EQUIPOS/HERRAMIENTAS/MATERIALES:				
Cámara Termo gráfica, Cámara para fotos, Paño para limpieza.				
PREREQUISITOS DE COMPETENCIA:				
Técnico eléctrico o mecánico con conocimientos en termografía como mínimo de 01 año.				
Ingeniero eléctrico, mecánico, industrial o afines con certificación nivel I en termografía o conocimientos y experiencia mínimo de 03 meses.				
RESTRICCIONES:				
Ninguna				
Nº	Paso de la tarea (Qué se hace)	Responsable del paso de la tarea (Quién lo realiza)	Explicación de la tarea (Cómo se debe de realizar)	
1	Revisar EPPs	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Evaluar que los EPP se encuentran en buen estado antes de realizar la inspección por Termografía.	
2	Revisar equipo de Termografía	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Revisar el estado del equipo y nivel de batería, la cual deben estar en buenas condiciones.	
3	Coordinar	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Solicitar autorización al supervisor o informar al encargado de la maquinaria la inspección de los equipos.	
4	Inspeccionar el área de trabajo	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	El inspector debe colocarse en una zona segura para la inspección, tomando en cuenta la distancia mínima de 1 metro de los componentes eléctricos y mecánicos	
5	Encender el equipo de Termografía e inspeccionar	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Ingresar al menú y seleccionar la opción "Plots" (colocar una emisividad según necesidad, de preferencia 0.85), la paleta de colores se cambia a criterio del inspector y se encuentra en la pantalla principal.	
6	Inspección del componente	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Posicionarse frente al equipo en un ángulo de 45° para evitar problemas de reflejos y geometría, grabar los termogramas más representativos de los componentes con fallas apretando la opción "garbar" botón de color amarillo.	
7	Termino del trabajo	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Realizar orden y limpieza del área de trabajo, verificar el correcto cerrado de las compuertas de los gabinetes eléctricos y sub-estaciones.	
8	Informe	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Elaboración y envío del informe a las áreas correspondientes de los equipos con presencia de anomalía térmica o según necesidad del cliente.	
Elaborado por		Revisado por	Revisado por	Aprobado por
Jefe y/o Supervisor de Área:		Jefe de Área	Jefe de SSO	Gerente General
Fecha: 02/02/15				Fecha:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n.º 4. Reporte de termografía.


	OPP - FILM Documento de Datos		Código	PCM-OPP-REGI-002
	REPORTE TÉCNICO REPORTE DE TERMOGRAFIA		Revisión	1.0
			Área	PCM
			Páginas	1/1
AREA			Tag	N/A
COMPONENTE				
FECHA DE INSPECCION			NIVEL DE CRITICIDAD	
IMAGEN DIGITAL		IMAGEN TERMICA		
RESULTADO DE ANÁLISIS				
Conclusiones: -				
Recomendaciones: -				

NIVEL	CRITICIDAD	REFERENCIAS DE PRIODIDADES	DELTA
	NORMAL	MONITOREO CONSTANTE	$\Delta T \leq 10^\circ C$
	OBSERVACION	CONDICION DE ANOMALIA	$10^\circ C$ a $20^\circ C$
	ALERTA	SOBRE CALENTAMIENTO TIPICO	$20^\circ C$ a $30^\circ C$
	CRITICO/PELIGRO	SOBRE CALENTAMIENTO PELIGROSO	$\Delta T > 30^\circ C$

Elaborado por:	Uso:	Aprobado por:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo n.º 5. Reporte de termografía post mantenimiento

	OPP - FILM Documento de Datos		Código	PCM-OPP-REGI-002
	REPORTE DE TERMOGRAFIA POST MANTENIMIENTO		Revisión	1.0
			Área	PCM
			Páginas	1/1
AREA		Tag	N/A	
COMPONENTE				
FECHA DE INSPECCION		CONDICIÓN		
IMAGEN TERMICA POST MANTENIMIENTO		IMAGEN TERMICA ANTES DEL MANTENIMIENTO		
RESULTADO DE ANÁLISIS				
<p>Antecedentes:</p> <p>Trabajo realizado:</p> <p>Conclusiones:</p>				
CUADRO DE CRITICIDAD PARA TERMOGRAFIA				
NIVEL	CRITICIDAD	REFERENCIAS DE PRIODIDADES		DELTA
	NORMAL	MONITOREO CONSTANTE		$\Delta T \leq 10^\circ \text{C}$
	OBSERVACION	CONDICION DE ANOMALIA		$10^\circ \text{C a } 20^\circ \text{C}$
	ALERTA	SOBRE CALENTAMIENTO		$20^\circ \text{C a } 30^\circ \text{C}$
	CRITICO/PELIGRO	SOBRE CALENTAMIENTO PELIGROSO		$\Delta T > 30^\circ \text{C}$
Elaborado por:		Uso:	Aprobado por:	

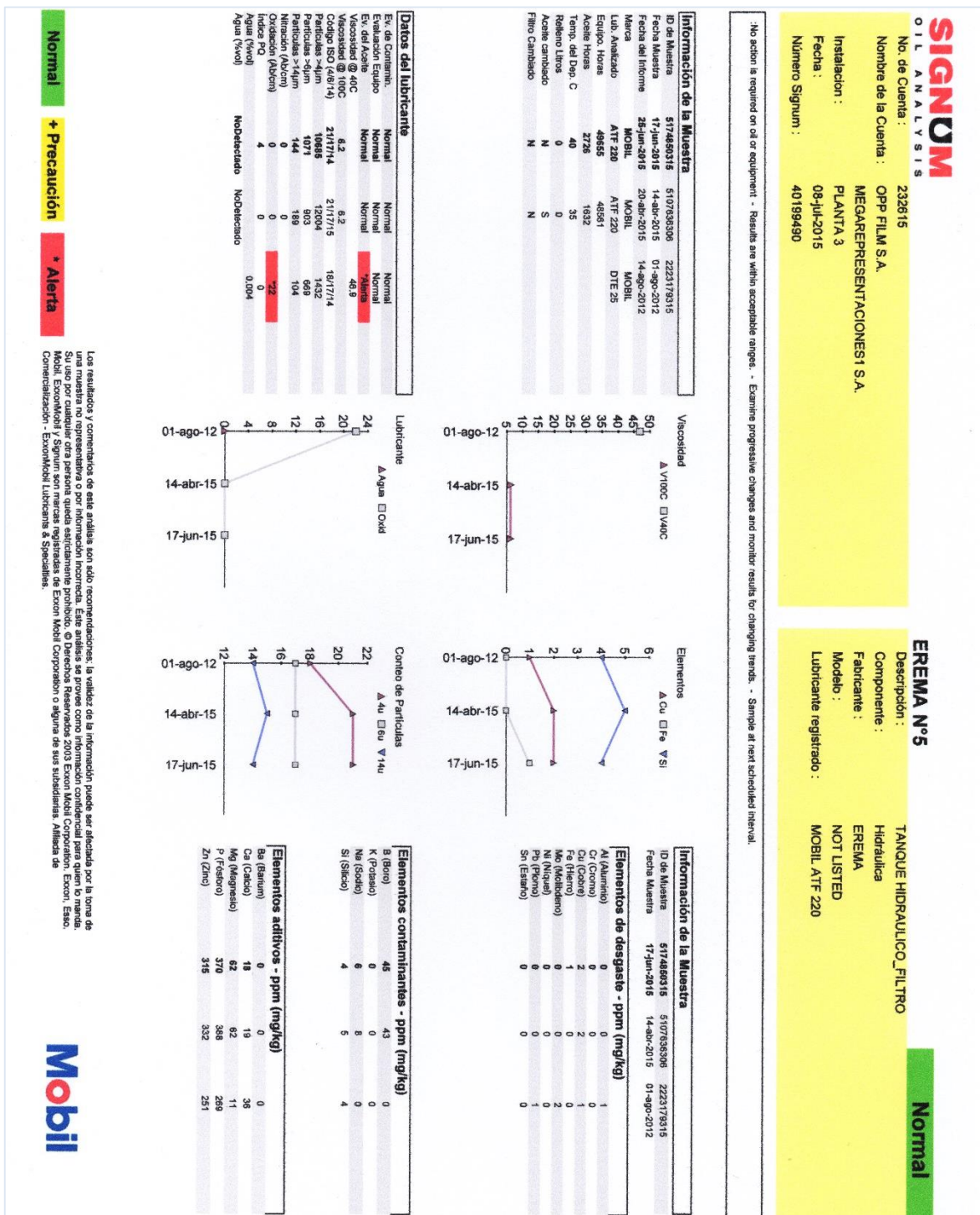
Fuente: Elaboración propia.

Anexo n.º 6. Procedimiento de toma de muestra de aceite.

OppFilm		PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE TAREA (PET)		SSO-OPP-REGI-039
				Versión: 001
TAREA:	PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA DE ACEITE EN USO EN TANQUES HIDRÁULICOS Y CAJAS REDUCTORAS			
CODIGO PET:		ÁREA:	Mantenimiento	REVISIÓN:
PERSONAL:				
Supervisor de Mantenimiento				
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICO (Adicionales al botín de seguridad):				
Casco, Lentes de Seguridad, Tapones Auditivos, Orejeras, Jean, Polo cuello camisero o Mameluco, Zapatos de seguridad				
EQUIPOS/HERRAMIENTAS/MATERIALES:				
Bomba de vacío, Manguera, botellas de muestra, Paño industrial, Cámara para fotos, Guantes quirúrgicos, maleta de herramientas				
PREREQUISITOS DE COMPETENCIA:				
Técnico eléctrico o mecánico con conocimientos de lubricación				
Supervisor con conocimientos y experiencia mínimo de 03 meses en toma de muestra de aceite				
CUIDADOS NECESARIOS:				
<ul style="list-style-type: none"> Tomar la muestra "en caliente", es decir que la temperatura sea la de operación y el equipo este trabajando en ese instante. Nunca usar waype para la limpieza personal ni del equipo, ya sea en su mantenimiento o toma de muestras. Cuando se introduce la manguera plástica corroborar de que el extremo no toque el fondo ni que tome contacto con superficies contaminantes. El tubo plástico para la toma de muestras "solo tiene la vida útil para un muestreo". Si el aceite se encuentra a alta temperatura no dejar que la manguera de la toma de muestras este mucho tiempo en el interior del equipo a muestrear. Evitar la entrada de polvo en el frasco, anterior a la toma y posterior a ella, para ello se debe de abrir el frasco solo en el momento de introducir en su interior el fluido 				
Nº	Paso de la tarea (Qué se hace)	Responsable del paso de la tarea (Quién lo realiza)	Explicación de la tarea (Cómo se debe de realizar)	
1	Revisar los EPPs y Materiales de trabajo	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Evaluar que los EPPs se encuentran en buen estado antes de realizar la toma de muestra y verificar que los materiales a utilizar estén completos.	
2	Coordinar	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Solicitar autorización o informar al encargado de la maquinaria la toma de muestra de aceite.	
3	Limpieza del área	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Realizar limpieza el área donde se va a realizar la toma de muestra de aceite.	
4	Preparar la manguera	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Utilice un tramo nuevo de manguera suficientemente larga hasta llegar a un nivel del 50% del contenedor del lubricante.	
5	Preparar la bomba de vacío	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Desprenda (desatornillar) el tornillo metálico de la bomba de muestreo, inserte una punta de la manguera a través del tornillo metálico hasta que esta se extienda ligeramente por debajo de la parte inferior del cuerpo de la bomba ajuste el tornillo metálico de la bomba de muestreo.	
6	Preparar la botella o frasco de muestra	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Rosque un frasco de muestra para aceite sobre el cuerpo inferior con rosca de la bomba.	
7	Preparar el contenedor de aceite para realizar la muestra	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Inserte la otra punta de la manguera dentro del contenedor de aceite o el tanque, tire de la manija de la bomba de muestreo y haga correr algo del fluido del sistema a través de la manguera hacia el frasco, luego retire el frasco y ponga una nueva (este procedimiento se realiza para limpiar las impurezas que hubieran dentro de la manguera). Nota: Llenar la botella de aceite hasta donde indique su nivel o en su defecto las 3/4 partes de la botella.	
8	Tapar botella y contenedor de aceite	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Retire la botella con la muestra de aceite de la bomba (realice este paso cuidadosamente para no derramar la muestra o contaminarla) y procesa a tapar la botella inmediatamente y el tanque o contenedor de aceite.	
9	Etiquetado de muestra	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Realizar el etiquetado de la botella	
10	Fin del trabajo	Supervisor de Mantenimiento / Inspector	Realizar limpieza de las herramientas utilizadas y del área de trabajo	
Elaborado por		Revisado por	Revisado por	Aprobado por
Jefe y/o Supervisor de Área:		Jefe de Área	Jefe de SSO	Gerente General
Fecha: 01/01/17				Fecha:


Fuente: Elaboración propia.

Anexo n.º 8. Reporte de análisis de aceite de laboratorio Mobil.



Fuente: Laboratorio Mobil.

Anexo n.º 9. Reporte de análisis de aceite de laboratorio Shell.



Shell Check
SERVICIO DE DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS

<p>CLIENTE/USUARIO LUBCOM SAC OPP FILM S.A.</p> <p>REFERENCIA DEL CLIENTE REFERENCIA SHELL</p>	<p>LUBRICANTE TELLUS S2 M 46</p> <p>GRADO SAE O ISO EQUIPO / COMPARTIMIENTO BOOP N°4/TANQUE HIDRAULICO</p> <p>MARCA BRUCKNER</p> <p>MODELO / NUMERO DE SERIE CAPACIDAD CARTER O SISTEMA 8</p>
--	---



<p>REPORTE DE LABORATORIO 2677319</p> <p>FECHA DE MUESTREO 14/01/2015</p> <p>FECHA DE RECIBO 23/01/2015</p> <p>FECHA DE REPORTE 26/01/2015</p> <p>HORAS O KMS DEL EQUIPO 17131</p> <p>HORAS O KMS DEL ACEITE 16700</p> <p>ACEITE AGREGADO/RELLENOS</p> <p>ENSAYOS FISICO-QUIMICOS</p> <p>COLOR (CORRESP./NO CORRESPONDE) 45.99</p> <p>VISC. CST. 40 GR. C. 0.48</p> <p>VISC. CST. 100 GR. C.</p> <p>T. B. N.</p> <p>FLASH POINT (C.O.C.) GR. C.</p> <p>INDICE DE PARTICULAS FERROSAS (PQ)</p> <p>SPOT TEST (CONTAMINACION) NEGATIVO</p> <p>AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.</p> <p>AGUA, %V.</p> <p>DISPERSANCIA (BU/REG/MALA)</p> <p>ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>FERRO (FE) P.P.M.</td><td>1</td></tr> <tr><td>ALUMINIO (AL) P.P.M.</td><td>0</td></tr> <tr><td>SILICIO (SI) P.P.M.</td><td>0</td></tr> <tr><td>ZINC (ZN) P.P.M.</td><td>0</td></tr> <tr><td>COBRE (CU) P.P.M.</td><td>0</td></tr> <tr><td>PLOMO (PB) P.P.M.</td><td>1</td></tr> <tr><td>ESTANO (SN) P.P.M.</td><td>1</td></tr> <tr><td>CROMO (CR) P.P.M.</td><td>0</td></tr> </table> <p>ANALISIS INFRARROJO</p> <p>HOLLIN, 1 MM</p> <p>OXIDACION, A/, 1 MM</p> <p>NITRACION, 1 MM</p> <p>SULFATACION, A/, 1 MM</p> <p>GLYCOL, %</p> <p>ANTIDESGASTE, A/, 1 MM</p> <p>DILUYENTE, %V.</p> <p>INDICE DE VISCOSIDAD</p> <p>OBSERVACIONES</p>	FERRO (FE) P.P.M.	1	ALUMINIO (AL) P.P.M.	0	SILICIO (SI) P.P.M.	0	ZINC (ZN) P.P.M.	0	COBRE (CU) P.P.M.	0	PLOMO (PB) P.P.M.	1	ESTANO (SN) P.P.M.	1	CROMO (CR) P.P.M.	0	<p>1. CONTAMINACIÓN: No se evidencia presencia de contaminantes.</p> <p>2. ESTADO DEL LUBRICANTE: Lubricante dentro de parámetros de servicio.</p> <p>3. DESGASTE: Desgastes normales.</p> <p>Conteo de partículas por 1ml</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>>4u</td><td>>6u</td><td>>10u</td><td>>14u</td><td>>21u</td><td>>38u</td><td>>70u</td><td>Código ISO 4406 (1999)</td></tr> <tr><td>1273</td><td>489</td><td>149</td><td>49</td><td>15</td><td>5</td><td>0</td><td>17/16/13</td></tr> </table>	>4u	>6u	>10u	>14u	>21u	>38u	>70u	Código ISO 4406 (1999)	1273	489	149	49	15	5	0	17/16/13
FERRO (FE) P.P.M.	1																																
ALUMINIO (AL) P.P.M.	0																																
SILICIO (SI) P.P.M.	0																																
ZINC (ZN) P.P.M.	0																																
COBRE (CU) P.P.M.	0																																
PLOMO (PB) P.P.M.	1																																
ESTANO (SN) P.P.M.	1																																
CROMO (CR) P.P.M.	0																																
>4u	>6u	>10u	>14u	>21u	>38u	>70u	Código ISO 4406 (1999)																										
1273	489	149	49	15	5	0	17/16/13																										

Nota: Este documento se generó electrónicamente y es válido sin la firma / ASESORIA TECNICA

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de Shell Lubricantes del Perú S.A. La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. Shell Lubricantes del Perú S.A. no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el servicio de Shell Check, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.

Fuente: Laboratorio Shell.

Anexo n. ° 10. Reporte de análisis de aceite laboratorio Isopetrol.

 Calle Carlos Corraza 313 Teléfono 413-4000 Anexo 4071		REPORTE DE ANALISIS		 Laboratorio de Monitoreo de aceites en servicio lublaba@isopetrol.com.pe	
SEDISA		ESTADO		ALERTA	
CODIGO DE UNIDAD O EQUIPO (Usar en)	CAST N°1	CODIGO ASIGNADO A LA MUESTRA	1504701		
DESCRIPCIÓN DE SU UNIDAD O EQUIPO	EXTRUSIÓN	FECHA DE MUESTREO	11/05/2015		
MARCA DE SU UNIDAD O EQUIPO	-	FECHA DE RECEPCIÓN	13/05/2015		
MODELO DE SU UNIDAD O EQUIPO	NO INDICA	FECHA DE REPORTE	13/05/2015		
SECCIÓN LUBRICADA	RESPIRADOR DE TANO. HIDRAULICO.	NOMBRE DEL LUBRICANTE	SHELL TELLUS 46		
CODIGO DE LA SECCIÓN LUBRICANTE	CAST N°1RESPIRADOR DE TANO. HIDRAULICO	SAE O ISO	46		
MARCA DE LA SECCIÓN LUBRICADA	-	TIEMPO DE SERVICIO DEL LUBRICANTE (Horas)	10000		
MODELO / SERIE DE LA SECCIÓN LUBRICADA	NO INDICA	TIEMPO DE SERVICIO DEL LUBRICANTE (Km)	--		
CAPACIDAD RESERVORIO ACEITE (litros)	60	TIEMPO DE SERVICIO DE LA UNIDAD (Horas)	--		
VOLUMEN DE RELLENO (litros)	-	TIEMPO DE SERVICIO DE LA UNIDAD (Km)	--		
FRECUENCIA DE RELLENO (veces)	-	TIEMPO DE SERVICIO DE LABUNIDAD (Km)	--		
CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE	ENSAYOS		METODOS		RESULTADOS
	Viscosidad Cinemática a 40°C, cSt		ASTM D 7279		46.3
	Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt		ASTM D 7279		7.00
	Oxidación, ASTM		ASTM E 2412		0.1
	Nitración, ASTM		ASTM E 2412		NA
	Sulfatación, ASTM		ASTM E 2412		NA
	TBN, mg/KOH/g		ASTM D 2896		NA
	TAN, mg/KOH/g		ASTM D 864		0.26
	Apetencia		Visual		TÍPICO
	Demulsibilidad		ASTM D 1401		NA
	Código ISO		ISO 4406		7/38/00
	CONTAMINANTES EXTERNOS	Hollin, ASTM		ASTM E 2412	
Agua, %			ASTM E 2412		0
Glicol, %			ASTM E 2412		NA
Diluyente, % peso			ASTM E 2412		NA
Silicio, ppm			ASTM D 6595		2
DESGASTE METÁLICO DEL MOTOR O EQUIPO	Sodio, ppm		ASTM D 6595		1
	Aluminio, ppm		ASTM D 6595		0
	Cobre, ppm		ASTM D 6595		7
	Cromo, ppm		ASTM D 6595		0
	Hierro, ppm		ASTM D 6595		2
	Plomo, ppm		ASTM D 6595		0
	Estaño, ppm		ASTM D 6595		1
	Níquel, ppm		ASTM D 6595		0
	Cadmio, ppm		ASTM D 6595		1
	Vanadio, ppm		ASTM D 6595		0
REFERENCIA METALES DE COMPOSICIÓN	Plata, ppm		ASTM D 6595		0
	Calcio, ppm		ASTM D 6595		24
	Fósforo, ppm		ASTM D 6595		243
	Zinc, ppm		ASTM D 6595		377
	Magnesio, ppm		ASTM D 6595		16
	Boro, ppm		ASTM D 6595		1
OTROS METALES	Bario, ppm		ASTM D 6595		0
	Titanio, ppm		ASTM D 6595		0
	Molibdeno, ppm		ASTM D 6595		0
Manganeso, ppm		ASTM D 6595		0	

Condiciones físicoquímicas : El código de limpieza sería elevado. Evaluar tendencias.

Contaminantes externos : En límites permisibles.

Metales de desgaste : En límites permisibles.

Metales de composición : -

Otros metales : -

Comentarios :

Verificar la correcta toma de muestra. Tomar nueva muestra para confirmar valor del código de limpieza. Revisar la condiciones de operación. Tomar acción correctiva.

Servicio Técnico-Laboratorio

El método estándar el propósito de este análisis es únicamente para detectar desgastes excesivos, contaminación, condición del lubricante y desarrollar tendencias. No debe Entenderse como garantía expresa que no ocurrirá una falla en el equipo o en uno de sus componentes.

Fuente: Laboratorio Isopetrol.

Anexo n.º 11. Lista de precios de análisis de aceite.

Aceite hidráulico, para compresores, turbinas		Costo \$13
	Análisis	Método
TIPO 5	Viscosidad a 40°C, cSt	ASTM D-0445
	Contenido de oxidación, A/cm	ASTM E-2412
	Contenido de agua, %	ASTM E-2412
	Métales, ppm*	ASTM D-6595
Aceite hidráulico, para compresores, turbinas		Costo \$18
	Análisis	Método
TIPO 6	TIPO 5	Todos los análisis
	Número Acido Total (TAN)**	ASTM D-0664
Aceite hidráulico, para compresores, turbinas		Costo \$20
	Análisis	Método
TIPO 7	TIPO 6	Todos los análisis
	Demulsibilidad	ASTM D-1401
Aceite hidráulico, para compresores, turbinas		Costo \$25
	Análisis	Método
TIPO 8	TIPO 7	Todos los análisis
	Espuma	ASTM D 892
Aceite de transmisiones industriales		Costo \$13
	Análisis	Método
TIPO 9	Viscosidad a 40°C, cSt	ASTM D-0445
	Contenido de oxidación, A/cm	ASTM E-2412
	Contenido de agua, %	ASTM E-2412
	Métales, ppm*	ASTM D-6595
Aceite de transmisiones industriales		Costo \$18
	Análisis	Método
TIPO 10	TIPO 9	Todos los análisis
	Número Acido Total (TAN)**	ASTM D-0664
Aceite de transmisiones industriales		Costo \$20
	Análisis	Método
TIPO 11	TIPO 10	Todos los análisis
	Código de Limpieza	ISO - 4406
Aceite para motores a gas natural		Costo \$18
	Análisis	Método
TIPO 12	Viscosidad a 100°C, cSt	ASTM D-0445
	Número Base Total (TBN)**	ASTM D-2896
	Contenido de nitración, A/cm	ASTM E-2412
	Contenido de oxidación, A/cm	ASTM E-2412
	Contenido de sulfatación, A/cm	ASTM E-2412
	Contenido de glicol %	ASTM E-2412
	Contenido de agua, %	ASTM E-2412
	Métales, ppm*	ASTM D-6595

ISOPETROL LUBRICANTS DEL PERU S.A.C.
 Carlos Concha 313 Callao, Lima - Perú, Teléfono: (51.1) 413-4000 Fax: (51.1) 42
 25 N° 195 Urb. Corpac San Isidro Lima- Perú, Teléfono (51.1) 2303300

Fuente: Laboratorio Isopetrol.