UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

REDISEÑAR EL PROCESO DE LUBRICACIÓN EN MINERA CENTINELA SULFUROS

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE EJECUCION EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ALUMNO : SERGIO ULLOA CANIU

PROFESOR GUÍA : EDUADO ARACENA CUELLAR

NOVIEMBRE 2018

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como objetivo realizar un diagnóstico del área de lubricación perteneciente a la gerencia de mantenimiento de la compañía Minera Centinela, a través de este diagnóstico se determinará si el trabajo que se está realizando hoy en las instalaciones es el indicado para cumplir con las exigencias y el desempeño que deben cumplir los equipos para una faena en la que la producción es constante.

Para realizar este diagnóstico se utilizará la pirámide "Lub-Coach" que es una herramienta que sirve para determinar el escenario actual en nuestros sistemas de lubricación, también nos ayuda a dar las directrices del camino a seguir en el futuro, es a través de este método que se darán los nuevos protocolos de lubricación para seguir avanzando hacia la excelencia en lubricación dentro de esta planta.

De todo lo anterior mencionado, se debe efectuar un análisis financiero del requerimiento y ver si es rentable o no la incorporación de los nuevos protocolos a los programas de lubricación que ya existen.

ÍNDICE

RESUMEN 2
INTRODUCCION 6
OBJETIVOS 7
OBJETIVO GENERAL. 7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 7
CAPITULO 1 8
DIAGNÓSTICO ESTADO ACTUAL LUBRICACIÓN MINERA CENTINELA 8
NIVELES DEL PROCESO ADMINISTRATIVO DE LA LUBRICACIÓN 9
ELEMENTOS DEL PROCESO DE LUBRICACIÓN 10
GRADO DE MADUREZ 12
NÚMERO DE PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN (NPI) 13
PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN 15
RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO 17
CAPITULO 2 18
DISEÑAR LOS PROTOCOLOS DE LUBRICACION ADECUADOS (ACCIONES) 18
ETAPA (S) SELECCIÓN DEL LUBRICANTE ÓPTIMO PARA LA MAQUINARIA 19
ETAPA (H) RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES 25
ETAPA (A) APLICACIÓN DE LUBRICANTES. 32
ETAPA (M) ADMINISTRACIÓN DEL LUBRICANTE EN LA MAQUINARIA 46
ETAPA (D) DISPOSICIÓN DE ACUERDO A LAS NORMAS MEDIO AMBIENTALES 69
MEDICIÓN DEL RE-DISEÑO A TRAVÉS DE LA PIRÁMIDE "LUBCOACH" 74
PROCESO DE SELECCIÓN DE LUBRICANTES 75
ESTANDARIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LUBRICANTES. 76
SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE LUBRICANTES (LIS) 76
RUTA DE LUBRICACIÓN. 76
DISEÑO DE LAS TAREAS DE LUBRICACIÓN: 76
CONTROL DE CALIDAD. 76

RESULTADOS DEL REDISEÑO 77
CAPITULO 3 78
EVALUACIÓN ECONÓMICA 78
COSTOS ACTUALES 79
JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA 82
RESULTADOS DE LA JUSTIFICACION ECONÓMICA 83
CONCLUSIONES 84
BIBLIOGRAFÍA 85
LINKOGRAFÍA 85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. GRADO DE MADUREZ 12
TABLA 2. NÚMERO PRIORIDAD IMPLEMENTACIÓN 13
TABLA 3. PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN 16
TABLA 4. RESTRICCIONES ASOCIADAS A LUBRICACIÓN 79
TABLA 5. GASTOS Y COSTOS PLANTA 80
TABLA 6. ESTIMACIÓN DE COSTOS ACTUALES PROCESO LUBRICACIÓN 81
TABLA 7. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA 82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. MINERA CENTINELA 6
ILUSTRACIÓN 2. ALMACÉN Y SALA DE LUBRICACIÓN 27
ILUSTRACIÓN 3. ALMACÉN IDEAL Y SALA IDEAL 28
ILUSTRACIÓN 4. CONTENEDORES Y DEPÓSITOS IDEALES 30
ILUSTRACIÓN 5. CÁLCULO DE ENGRASE RODAMIENTOS 35
ILUSTRACIÓN 6. TOMA DE MUESTRAS IDEAL 53
ILUSTRACIÓN 7. ANÁLISIS DE ACEITE 61
ILUSTRACIÓN 8.ESTRATEGIA COMBINADA DE ANÁLISIS DE ACEITE 63
ILUSTRACIÓN 9. GRÁFICA PÉRDIDA TONELAJE 81

INTRODUCCIÓN

Minera centinela está ubicada en la región de Antofagasta, específicamente a 21 kilómetros de la localidad de sierra gorda, además mantiene un muelle emplazado en la localidad e Michilla perteneciente a la comuna de mejillones, es en este muelle donde se embarca el concentrado de cobre que se produce en las faenas.

Centinela es una mina de sulfuros y óxidos, por lo tanto, tiene dos procesos productivos: por un lado, produce concentrado de cobre con oro y plata, usando el proceso de flotación. Por otro lado, Genera cátodos de cobre mediante la extracción de solventes y la electro-obtención, durante el 2017 minera centinela produjo 228.300 toneladas de cobre fino.

Su estructura societaria está compuesta por un 70% de propiedad de Antofagasta Minerals y un 30% de Marubeni Corporation.

Su principal compromiso es desarrollar una minería caracterizada por su excelencia operacional, sustentable e innovadora; comprometida con la salud y seguridad de sus trabajadores y colaboradores; con las personas, el medio ambiente, la transparencia y el desarrollo de los territorios en donde se encuentran emplazadas sus operaciones.

ILUSTRACIÓN 1. MINERA CENTINELA

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Rediseñar el Proceso de Lubricación Minera Centinela Sulfuros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Diagnosticar el estado actual programa de lubricación minera centinela

2. Diseñar los protocolos de lubricación adecuados a los requerimientos de minera centinela

3. Evaluar económicamente la propuesta de rediseño de la lubricación en Minera Centinela

CAPITULO 1

DIAGNÓSTICO ESTADO ACTUAL LUBRICACIÓN MINERA CENTINELA

NIVELES DEL PROCESO ADMINISTRATIVO DE LA LUBRICACIÓN

Cada una de las actividades de las cinco etapas del proceso de lubricación ha sido clasificada de acuerdo al nivel correspondiente en el proceso de administración. Las actividades se clasifican en cinco niveles:

- **BÁSICO (B)**
- **GESTIÓN (G)**
- **CONTROL (C)**
- **MEDICIÓN (P)**
- **MEJORA CONTINUA (I)**

BÁSICO (B) - Elementos que forman parte de los cimientos de un programa de lubricación de clase mundial y que deben ser considerados como elementos inamovibles y de primordial implementación. Al ser considerados como los cimientos del programa, estos elementos son determinantes para que las actividades de los siguientes niveles rindan frutos.

GESTIÓN (G) - Elementos que conforman el proceso de administración de la lubricación, la administración de los recursos, la programación de las tareas y asegurar que las cosas se hagan siempre de la misma manera.

CONTROL (C) - Elementos que permiten mantener bajo control el programa y que ayudan a mantenerlo en la ruta de la excelencia y en manteniendo las reglas de los principios básicos.

MEDICIÓN (P) – Elementos que ayudan a mantener el programa dentro de la ruta, identificar desviaciones de las metas, definir los objetivos y poder establecer las recompensas.

MEJORA CONTÍNUA (I) - Acciones dirigidas a la optimización y mejora. Actualización de lubricantes, consolidación, búsqueda de nuevas tecnologías de lubricantes y métodos de aplicación.

ELEMENTOS DEL PROCESO DE LUBRICACIÓN

Dentro de las cinco etapasdel proceso de lubricación, se encuentran repartidos los treinta y unelementos del proceso de lubricación, mismos que a su vez pertenecen a alguno de los cinco nivelesdel proceso de administración. Esto nos permite conformar una matriz de dos dimensiones.

NIVEL	Selección (S)		Almacenamiento y Manejo (H)		Aplicación (A)		Administración (M)		Disposición (D)	
BÁSICO (B)	Proceso de selección de lubricantes	S1B	Almacén y sala de lubricación	H1B	Tareas de lubricación	A1B	Métodos y sistemas de exclusión de contaminantes	M1B	Área para residuos peligrosos	D1B
	Estándares genéricos de lubricantes	S2B	Contenedores de relleno y manejo de lubricantes	H2B	Prácticas de engrase	A2B	Dispositivos de toma de muestra	M2B		
	Sistema de identificación de lubricantes (LIS)	S3B	Prácticas seguras de manejo de lubricantes y equipo de protección personal	H3B	Rutas de lubricación	A3B				
					Mantenimiento de sistemas de lubricación	A4B				
GESTIÓN (G)					Profesionales de lubricación	A5G	Sistema de gestión de la lubricación	M3G	Administración de residuos peligrosos relacionados con	D2G

									lubricantes	
					Mantenibilidad y ergonomía de los puntos de lubricación	A6G	Cambio de filtros	M4G		
					Dispositivos de inspección	A7G	Toma de muestra	M5G		
					Cantidad y frecuencia de inspecciones, lubricación y re-lubricación	A8G				
CONTROL (C)	Control de calidad	S4C					Métodos y sistemas de remoción de contaminantes	M6C	Fugas y derrames	D3C
							Niveles de limpieza ISO 4406	M7C		
							Indicadores de lubricación	M8C		
MEDICIÓN							Programa de análisis de aceite	M9P		

(P)							Interpretación de resultados	**M10 MP**		
							Objetivos y recompensas del programa de lubricación	**M11 P**		
MEJORA (I)	Consolidación y actualización de lubricantes	**S 5I**					Actualización y Mejora continua	**M12 I**		

GRADO DE MADUREZ

En cada etapa, cada uno de los 31 elementos puede estar con diferente grado de implementación. Hemos definido cuatro grados de madurez, a los cuales asignamos un color respectivamente para su identificación gráfica:

COLOR	GRADO DE MADUREZ
	ELEMENTO NO IMPLEMENTADO/DEFICIENTE – Requiere re-diseño, ingeniería y un plan de implementación.
	ELEMENTO CON IMPLEMENTACIÓN BÁSICA – Requiere identificar área de mejora, implementar el plan y dar seguimiento.
	ELEMENTO EN PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN – Continuar plan de implementación, estandarizar, permear a todas las áreas y medir avance.
	ELEMENTO COMPLETAMENTE IMPLEMENTADO – Aplicar estrategias de mejora continua y revisión periódica de actualización.

TABLA 1. GRADO DE MADUREZ

NÚMERO DE PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN (NPI)

Aunque la pirámide por sí misma es intuitiva en su estructura, se ha diseñado un sistema de cálculo del NÚMERO DE PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN (NPI) que es el resultado de tres factores.

NPI = Etapa del Proceso de Lubricación **(EPL) *** Nivel del Proceso de Administrativo **(NPA) *** Grado de Madurez **(GM)**

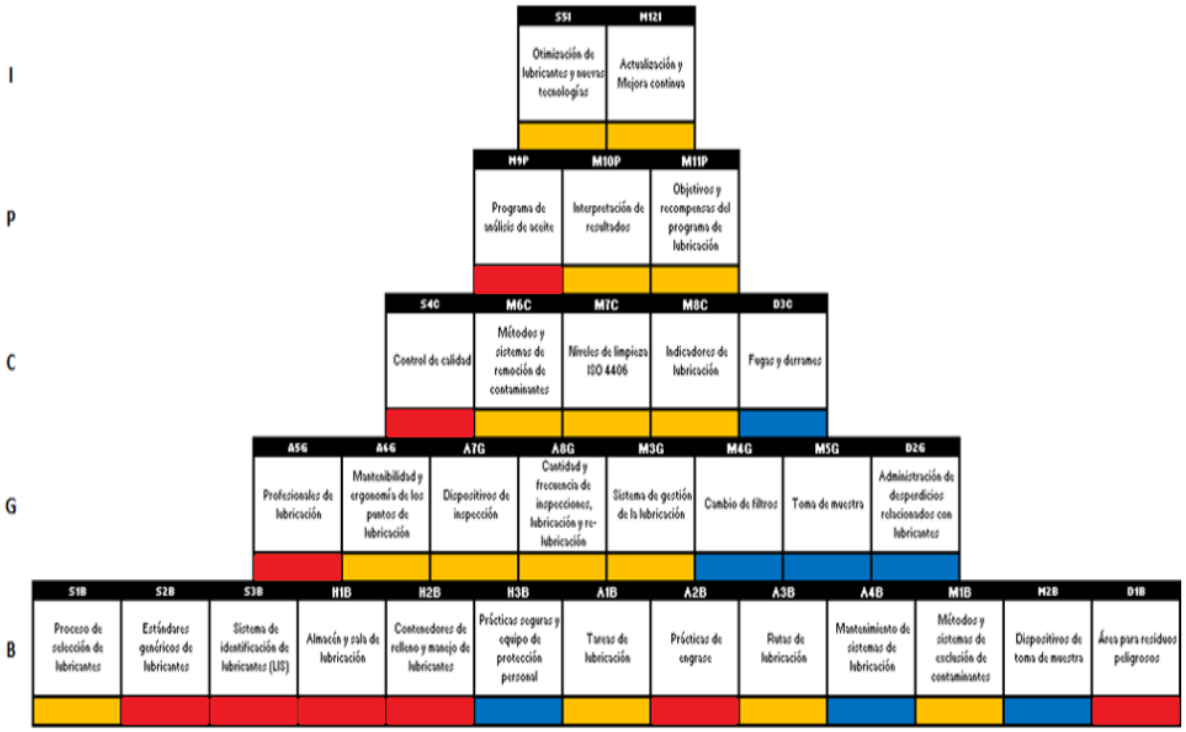
Los valores asignados a cada uno de estos factores corresponden a la importancia que representa cada uno de ellos. Cada factor tiene un valor máximo de 10 y un mínimo variable definido por la importancia de la etapa, el nivel o el grado. Los valores correspondientes a cada factor para el cálculo del NPI, se muestran en la siguiente Tabla

FACTOR Etapa del Proceso de Lubricación (EPL)	Valor	FACTOR Nivel del Proceso de Administrativo (NPA)	Valor	FACTOR Grado de Madurez (GM)	Valor
Selección	10	Básico	10	No implementado (ROJO)	10
Recepción y Almacenamiento	9	Gestión	8	Implementación Básica (AMARILLO)	7
Manejo y Aplicación	8	Control	6	En proceso de implementación (AZUL)	4
Administración del programa	7	Medición	4	Implementado (VERDE)	1
Disposición	6	Mejora	2		

TABLA 2. NUMERO PRIORIDAD IMPLEMENTACIÓN

Bajo estos criterios de prioridad, se desarrolla el plan de implementación de mejora del proceso de lubricación, que puede ser medido conforme avanza el programa.

Se efectúa la inspección en terreno para identificar la situación actual del proceso de lubricación. La pirámide a continuación es el resultado sintético del diagnóstico y puede usarse como base para establecer el plan de acción para mejorar.



PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN

De acuerdo con el número de prioridad de implementación los resultados del diagnóstico son los siguientes:

1	Proceso de selección de lubricantes	400
2	Sistema de identificación de lubricantes (LIS)	1000
3	Estándares genéricos de lubricantes	1000
4	Almacén y sala de lubricación	1000
5	Contenedores de relleno y manejo de lubricantes	1000
6	Control de calidad	700
7	Tareas de lubricación	560
8	Prácticas de engrase	700
9	Rutas de lubricación	560
10	Métodos y sistemas de exclusión de contaminantes	490
11	Profesionales de lubricación	700
12	Mantenibilidad y ergonomía de los puntos de lubricación	448
13	Dispositivos de inspección	448
14	Cantidad y frecuencia de inspecciones, lubricación y re-lubricación	448
15	Indicadores de lubricación	392
16	Niveles de limpieza ISO 4406	392
17	Sistema de gestión de la lubricación	392
18	Prácticas seguras y equipo de protección personal	360
19	Mantenimiento de sistemas de lubricación	320
20	Dispositivos de toma de muestra	280
21	Métodos y sistemas de remoción de contaminantes	280
22	Objetivos y recompensas del programa de lubricación	240
23	Área para residuos peligrosos	700
24	Programa de análisis de aceite	700
25	Cambio de filtros	224
26	Toma de muestra	224

27	Interpretación de resultados	196
28	Actualización y Mejora continua	196
29	Administración de residuos relacionados con lubricantes	192
30	Fugas y derrames	144
31	Consolidación y mejora continua	140

TABLA 3. PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN

RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

Con los resultados del diagnóstico anteriormente mencionado, queda en evidencia que existe una gran cantidad de oportunidades de mejora dentro del proceso de lubricación, en la planta concentradora, entre las que más destacan: revisar la recepción de los lubricantes, mejorar el sistema de identificación de los lubricantes, mejorar los almacenes y los sistemas de relleno de lubricantes, evaluar y mejorar las habilidades del personal destinado a mantenimiento, esto último es de lo más importante puesto que nos ayuda a realizar prácticas de engrase limpias y controlando los contaminantes. Hoy el proceso está por debajo de la excelencia en lubricación, la pirámide "lubcoach" nos da una base sobre la cual se debe seguir avanzado para obtener resultados satisfactorios.

CAPITULO 2

DISEÑO DE PROTOCOLOS DE LUBRICACION ADECUADOS (ACCIONES)

ETAPA (S) SELECCIÓN DEL LUBRICANTE ÓPTIMO PARA LA MAQUINARIA

S1B	**Proceso de selección del lubricante**	resultado	NPI=400
Importancia del área			
Seleccionar el lubricante correcto para la maquinaria permite construir una base sólida para la confiabilidad de los equipos. El proceso de selección del lubricante debe involucrar los requerimientos de la maquinaria, su entorno operacional, las tecnologías disponibles, el impacto al medio ambiente, el consumo de energía y los avances tecnológicos. Deberán considerarse las recomendaciones del fabricante de la maquinaria y en caso de ser necesario, ajustarlas de acuerdo a los parámetros anteriores. La decisión por el lubricante adecuado debe estar basada en el costo de ciclo de vida y no en el precio de compra del producto. Las empresas que por ley licitan sus compras de lubricantes deben poner énfasis en este proceso y conjugarlo con la escritura de estándares genéricos para asegurar que el lubricante correcto llegará a sus equipos. La selección del proveedor implica un análisis de los factores de desempeño del producto, disponibilidad, calidad, servicio técnico, manejo de emergencias y otros servicios. El proceso debe ser documentado para preservar los fundamentos y decisiones de selección.			
Estado actual			
Los lubricantes que utilizamos son por lo general de marca Shell (Enex), con la excepción de algunos lubricantes especiales y algunos requeridos por los fabricantes de la maquinaria para aplicaciones específicas. Aunque los lubricantes son solicitados por los responsables del mantenimiento de la maquinaria, se identificaron algunas inconsistencias en la selección de lubricantes derivadas de situaciones temporales que se volvieron definitivas. En lo relacionado a las grasas, el uso de una grasa Gadus S3T100 puede provocar que, en tiempo de bajas temperaturas, la fricción interna provoque un mayor consumo de energía en los motores eléctricos (derivada de la alta consistencia de esta grasa). Un estudio indica que cerca del 50% del consumo de energía en el mundo es destinado a motores eléctricos y que la			

energía es uno de los principales costos de la industria. La lubricación tiene un efecto importante en el posible ahorro en este rubro al optimizar la película lubricante y la fricción fluida. No obtuvimos una razón consistente al preguntar las razones para el uso de los lubricantes sintéticos que nos demostrara haberse respaldado bajo un estudio de costo beneficio o incremento de la confiabilidad. Tampoco vemos que el lubricante sintético esté siendo utilizado al máximo de sus capacidades. No se aprecia trabajo técnico por parte del proveedor de lubricantes.
Acciones
1. Efectuar un estudio formal de lubricación para identificar el lubricante adecuado para cada aplicación y actualizar los tipos de lubricantes de acuerdo a la tecnología actual. 2. Evaluar el uso de una grasa de menor consistencia para lubricar rodamientos de motores eléctricos y de esta manera obtener ahorros en consumo de energía mientras se mantiene la protección. 3. Establecer una estrategia de servicio técnico anual con el proveedor de lubricantes para mantener actualizada la tecnología y la estrategia de lubricación.

S2B	**Estándares genéricos de lubricantes**	resultado	NPI=1000
Importancia del área			
La escritura de especificaciones técnicas de lubricantes bajo un formato genérico, tiene el objetivo de establecer los parámetros mínimos físicos, químicos y de desempeño que un lubricante debe cumplir para asegurar que podrá proteger a los equipos adecuadamente bajo su entorno operacional. Los estándares genéricos definen el lubricante adecuado para la maquinaria, facilitan el proceso de compra, separándola de marcas y nombres comerciales. Los estándares genéricos son descripciones detalladas de los aceites y grasas a ser utilizados en la maquinaria, sin mencionar marcas o nombres de productos, incluyendo los requisitos mínimos y máximos (dado el caso), relacionados con las características físicas, químicas y de desempeño que deben cumplir para garantizar la protección a la maquinaria.			

Estado actual
No se cuenta con estándares de los lubricantes que definan las características físicas, químicas y de desempeño de los lubricantes a utilizar en cada aplicación. El área de adquisiciones debe utilizar los estándares en sus solicitudes de compra de lubricantes para asegurar que los productos cumplen con los requerimientos de la maquinaria establecidos en estos estándares. La generación de estándares de lubricantes es una herramienta importante de estandarización que puede permitir al Grupo Antofagasta Minerals manejar mejor sus compras corporativas y expandir las mejores prácticas en todo el grupo. Las compras pueden ser mejor administradas y los precios mejorados a la vez que se asegura el desempeño de los lubricantes sin depender de un proveedor o marca alguna.
Acciones
1. Escribir estándares genéricos para todos los lubricantes que se utilizan actualmente en planta Centinela Sulfuros. 2. Involucrar a abastecimientos en el uso de los estándares técnicos para el proceso de compras y estandarización de proveedores.

S3B	**Sistema de identificación de lubricantes (LIS)**	resultado	NPI=1000
Importancia del área			
El Sistema de Identificación de Lubricantes (LIS) es una herramienta ligada a los estándares genéricos, que permite identificar al lubricante utilizando una metodología de código, forma y color, para eliminar la posibilidad de mezclas o confusión al momento de almacenarlo o aplicarlo a la maquinaria. A cada lubricante se le asigna una clave alfanumérica y una imagen de acuerdo al tipo de lubricante, básico y viscosidad. Dicha imagen es colocada en cada contenedor de lubricante, en sus áreas de almacenamiento y en la maquinaria, para identificar de manera gráfica su sitio de aplicación. Su uso disminuye la posibilidad de errores en la aplicación y trabajar bajo el entorno de ayudas visuales.			
Estado actual			

No se cuenta con sistema de identificación de lubricantes. Sólo se usan los nombres comerciales de los lubricantes y en algunos casos se escriben en la máquina para identificar el lubricante requerido por el equipo. Se utilizan etiquetas auto-adheribles en los contenedores de relleno para identificar el tipo de lubricante a usar en ellos y en las pistolas se escribe el nombre o se coloca una marca en ellas para su identificación. Contar con una metodología estándar permitirá que a nivel de la planta se cuente con una metodología única y lograr la estandarización de los procedimientos basada en elementos visuales que eliminan la posibilidad de errores. La rotulación de los productos no es consistente a lo largo de los diferentes departamentos de lubricación. Cada uno establece un propio estilo y contenido. Mientras unos utilizan al nombre del producto, otros lo hacen con la aplicación y los equipos a los que está destinado. Es recomendable estandarizar.
Acciones
1. Desarrollar el sistema de identificación de lubricantes utilizando la estrategia estándar LIS 2. Usar materiales imantados para la impresión de las etiquetas que se adhieren a los tambores de aceite para que puedan ser reutilizadas cuando los lubricantes sean utilizados, esto además reduce el costo y simplifica la tarea de aplicar las etiquetas. 3. Imprimir en metal con aplicación adhesiva la identificación LIS para colocar en la maquinaria o en materiales de uso rudo industrial que pueden ser conseguidos con proveedores como 3M 4. Colocar las etiquetas LIS a los contenedores de lubricante, pistolas de engrasar, carros de micro-filtración y dispositivos de lubricación. 5. Educar al personal técnico de lubricación en el significado de los códigos y la importancia de la conservación de la identificación.

S4B	Control de Calidad	resultado	NPI=700

Importancia del área

Una vez que se ha seleccionado el lubricante correcto, es de vital importancia asegurar que los productos que recibimos cumplan con los estándares requeridos. Un sistema de control de calidad en la recepción de los lubricantes, disminuye la posibilidad de errores costosos que pueden afectar severamente la maquinaria y el proceso de producción. La falta de tales controles deja abierta la posibilidad de recibir lubricantes erróneos, fuera de especificación o contaminados. Un sistema de control de calidad es un proceso colaborativo con el proveedor de lubricantes y debe establecer los métodos de inspección, certificados de calidad del lote, pruebas de recepción en sitio y pruebas en laboratorio. El sistema incluye una matriz de pruebas, valores esperados de acuerdo a los estándares genéricos y predefine las acciones de aceptación, rechazo o cuarentena para los casos de productos fuera de especificación.

Estado actual

No se efectúan pruebas de control de calidad. Es importante coordinar esta acción con el proveedor de lubricante para definir la manera en que se efectuará este proceso y las acciones acordadas en caso de anormalidad de los materiales. Se localizaron lubricantes con envases dañados en el almacén y uno de ellos roto. Las políticas de recepción deben ser ajustadas y llegar a acuerdos con el proveedor de lubricantes para los métodos de entrega y manejo de los tambores. Adicionalmente se debe establecer un programa formal para asegurar que los lubricantes están dentro de los parámetros establecidos en el estándar de lubricante. Definir una estrategia de recepción de acuerdo al certificado de calidad, combinado con una estrategia aleatoria de inspecciones y pruebas de laboratorio en situaciones especiales. Se debe definir también un acuerdo de las decisiones que se deberán tomar en caso de resultados anormales en las pruebas o situaciones en las que los productos recibidos no cumplan con los estándares.

Acciones
1. Reunión con el proveedor, almacén y adquisiciones para establecer las políticas de control de calidad en la recepción de los lubricantes 2. Establecer con el proveedor los acuerdos derivados de las situaciones anormales 3. Definir las pruebas que se pueden efectuar a los lubricantes y los criterios de aceptación 4. Crear una matriz de decisión por resultados anormales 5. Definir las políticas de manejo de lubricantes y condiciones de recepción de productos.

S5l	**Optimización del lubricante y nuevas tecnologías**	resultado	NPI=140
Importancia del área			
Los lubricantes y los requerimientos de lubricación de las plantas evolucionan continuamente, requiriendo que con cierta periodicidad se efectúe una consolidación de lubricantes. La consolidación es un proceso de optimización de la variedad de tipos de lubricantes de la planta para asegurar que cumplan con los requerimientos de cada máquina, considerando los avances tecnológicos y su entorno operacional actual. Adicionalmente en este esfuerzo de optimización, se deben investigar opciones de mejora y nuevas tecnologías que permitan evaluar la incorporación de los avances y nuevos productos a la maquinaria. Esto permite la actualización de los estándares genéricos y alimenta un elemento de mejora continua en el proceso de selección de lubricantes.			
Estado actual			
No se ha efectuado una consolidación de lubricantes recientemente, ya que hay una gran variedad de lubricantes que a simple vista pueden ser optimizados de manera que se disminuya la cantidad de productos, los inventarios y los riesgos de aplicación inadecuada. El proveedor de lubricantes propuso la utilización de sintéticos en algunas aplicaciones, pero no se trabajó en la optimización por viscosidades, y sustitución de productos. Se requiere mejorar la comunicación con el proveedor para			

búsqueda de nuevas opciones y tecnologías que permitan mantener a la vanguardia y optimizada la selección de los lubricantes. Hay lubricantes que pueden ser consolidados a un solo tipo y algunas viscosidades que pudieran también ser eliminadas para concentrarse en menor número de lubricantes. Por otro lado, en las grasas, es posible también disminuir la cantidad de ellas.
Acciones
1. Una vez que se efectúe el estudio de lubricantes y aplicaciones sugerido en el punto S1 se podrá definir el proceso de optimización de lubricantes (también conocido como consolidación técnica). 2. Consolidar por especificación técnica y posteriormente por viscosidad. Los lubricantes sintéticos tienen una mayor habilidad para ser consolidados por viscosidad por su desempeño más estable en diferentes temperaturas. 3. Establecer un programa de trabajo anual con el proveedor de lubricantes para establecer una estrategia de actualización de tecnologías y revisar los requerimientos de actualización y consolidación justificados técnicamente.

ETAPA (H) RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES

H1B	**Almacén y sala de lubricación**	resultado	NPI=1000
Importancia del área			
El lugar donde un lubricante es almacenado hasta llegar a trabajar en la maquinaria es determinante en la conservación de las características de desempeño de los lubricantes, y es un elemento clave en evitar su contaminación y degradación. Las áreas destinadas deben protegerlo de las condiciones climáticas y asegurar que se cumplan principios básicos de administración para asegurar la rotación adecuada y control sobre el tiempo de almacenamiento. Se deben cumplir estándares mínimos de protección al ambiente, seguridad y ergonomía.			

Estado actual
ALMACÉN - El almacén de lubricantes no cumple con los requerimientos. La instalación es muy pequeña y dificulta el manejo de los productos, no hay orden, ni es posible establecer una identificación de los productos. No es posible utilizar la estrategia de rotación de Primeras Entradas Primeras Salidas, ya que esto implicaría una maniobra muy lenta y poco probable. La parte superior del edificio está abierta, permitiendo el paso de agua y partículas al interior del almacén. Se aprecia agua en la superficie de los tambores. Las rejillas de contención de derrames son insuficientes y no conducen a un depósito adecuado. Se cuenta con materiales para contención de derrames, pero en cantidades muy limitadas. No hay sensores de humo y alarmas de fuego. No se cuenta con designación específica de las áreas correspondientes a cada lubricante ni están establecidos los máximos y mínimos en el almacén (rotulados), no se cuentan con códigos de identificación LIS del lubricante. Se localizaron lubricantes con mucho tiempo de haberse adquirido, algunos muestran signos de contaminación y de haber sido almacenados incorrectamente. Se deberá analizar si se han contaminado. En todo caso, estos lubricantes no pueden ser introducidos a la maquinaria sin antes haberlos analizado y reacondicionado en caso de ser posible. La localización física del lubricante cerca del almacén de gases comprimidos representa un peligro importante por la incompatibilidad del oxígeno comprimido con los lubricantes. Una fuga de ambos elementos puede ocasionar una explosión. Se recomienda la reubicación del almacén de lubricantes a un área alejada de la de los gases y aprovechar para construir una instalación que se apegue a los principios básicos de clase mundial. **PAÑOLES** - Las salas de lubricación no están en condiciones y esto no ayuda con los elementos que ayudan a hacer un mejor trabajo. No cuentan con control de fugas y derrames y la construcción es inadecuada. El espacio es insuficiente y en general hay carencia de los elementos de trabajo necesarios. Los anaqueles donde se guardan los elementos de lubricación deben ser cerrados para controlar la contaminación, no hay espacio para estacionar las unidades de micro filtración y los

lubricantes no son filtrados al ser despachados a la maquinaria. Con un poco de rediseño, estos pañoles pueden ser funcionales y permitir que los técnicos en lubricación logren trabajar mejor, más seguros y en mejor espacio.

Algunos lubricantes son almacenados en el exterior por falta de espacio en el Pañol, esto ocasiona que el lubricante se degrade.

ILUSTRACIÓN 2. ALMACÉN Y SALA DE LUBRICACIÓN

Acciones

1. Relocalizar y construir un almacén de lubricantes bajo los lineamientos de clase mundial.
2. Delimitar las áreas designadas a cada lubricante
3. Organizar los productos de acuerdo a tipo y aplicación
4. Colocar identificación LIS, máximos y mínimos
5. Analizar los lubricantes que muestran signos de haber estado almacenados por

mucho tiempo o contaminados.

6. Disponer de aquellos que no estén en condiciones de trabajar o no tengan aplicación actual

7. Asignar kits de contención de derrames en la cantidad adecuada al tamaño del almacén

8. Aplicar un programa permanente de “5S” en los almacenes y especialmente en la sala de lubricación. Cada uno de los Técnicos en lubricación debe ser responsable de la mantener el orden y la limpieza de las áreas.

9. No dejar los tambores de aceite en el exterior. En caso de no haber espacio en el interior, colocarlos boca abajo para evitar el paso de los contaminantes (polvo y humedad)

10. Instalar unidades de almacenamiento modulares que permitan optimizar el espacio en los pañoles y trabajar con mayor comodidad.

11. Usar mesas de trabajo, lavado de piezas y anaqueles cerrados para los elementos de lubricación. Abajo se muestran imágenes de la configuración sugerida con los elementos necesarios.

ILUSTRACIÓN 3. ALMACÉN IDEAL Y SALA IDEAL

H2B	**Contenedores de rellenos y manejos de lubricantes**	resultado	NPI=630

Importancia del área

La transferencia de los lubricantes a contenedores intermedios para aplicación a la maquinaria representa uno de los principales riesgos en el proceso de lubricación. Este es uno de los eslabones más débiles. La correcta selección y el adecuado uso y mantenimiento de estos elementos es clave para que el lubricante no cambie sus propiedades y llegue sin contaminación a la maquinaria.

Estado actual

Los contenedores utilizados en el manejo de lubricantes no son adecuados. Se utilizan actualmente contenedores plásticos de boca angosta que no permiten una buena limpieza y tampoco facilitan la tarea de aplicación. No se encontraron registros de inspección y limpieza de los contenedores, pero estos se veían limpios en su mayoría. Algunos de ellos mostraban partículas en el fondo. Los patos utilizados para la aplicación de lubricante son una mejora importante en la ergonomía y facilidad de aplicación, sin embargo, estos contenedores dejan abierta la entrada a la contaminación al no ser herméticos (en el lugar donde se guarda la manguera de aplicación ingresan contaminantes).

El método de llenado de las pistolas de engrase es inadecuado y a la vez generan una alta cantidad de desperdicio en grasa, materiales de limpieza y en tiempo. El uso de embudos debe ser eliminado para utilizar métodos menos intrusivos a la maquinaria que permitan que los lubricantes ingresen sin la necesidad de abrir la maquinaria. Es recomendable adquirir bombas especiales de llenado de pistolas de engrasar que son colocadas en la cubeta de grasa y aplican la grasa directamente al interior de la pistola de engrasar sin abrirla y sin desperdicio o contaminación.

El uso de pistolas de engrasar eléctricas recargables es un gran avance en la estrategia. Este tipo de accesorios ayudan a mantener consistente la cantidad de lubricante a aplicar y contribuyen a la motivación y confianza del técnico en lubricación. Se cuenta también con bombas neumáticas para aplicar la grasa del tipo de las que van en colocadas sobre le cubeta de 18 kilos de grasa. La opción de

aplicación manual requiere del trasvase de la grasa al otro contenedor, ocasionando que haya una contaminación en ese manipuleo y una pérdida de tiempo y grasa. Reemplazar este tipo de engrasadora por una que pueda ser instalada directa-mente en la cubeta de grasa original, eliminará este trabajo y riesgo.

Acciones

1. Comprar contenedores especiales para el manejo de lubricantes que puedan ser limpiados y mantenidos herméticamente.
2. Colocar a los contenedores un conector rápido a la salida, para que la tarea de relleno de aceite a depósitos pequeños no implique abrir la maquinaria
3. Definir un programa de limpieza e inspección de los contenedores de relleno y colocar lista de ubicación de ellos en los armarios, siguiendo los principios de rotulación de 5S y utilizando los códigos LIS establecidos.
4. Todos los lubricantes deben ingresar filtrados a la maquinaria. Instalar filtros a la salida de las bombas de aceite antes de llenar los contenedores de relleno o aplicarlo directamente a la maquinaria a través de los carros de filtrado.
5. Rotular las bombas de engrasar con los códigos LIS
6. Reemplazar los patos por contenedores con bomba integrada (vea imagen abajo)
7. Reemplazar las bombas de engrase manual por las del tipo que se colocan en la cubeta de grasa original (vea imagen)
8. Comprar bomba de llenado de pistolas de engrase (SKF Modelo LAGF 18) o equivalente.

ILUSTRACIÓN 4. CONTENEDORES Y DEPÓSITOS IDEALES

H3B	Practicas segura de manejo de lubricante y equipos de protección personal	resultado	NPI=360
Importancia del área			
Los lubricantes no son considerados materiales peligrosos. Sin embargo, deben seguirse medidas de precaución para evitar que quienes tienen contacto directo no se expongan a riesgos innecesarios. El uso de dispositivos y accesorios adecuados de manejo de lubricantes, permiten efectuar un trabajo seguro y ergonómico. El uso de equipo de protección personal, el conocimiento de la información de seguridad de los materiales, el cuidado en el manejo y transporte de los lubricantes y el conocimiento de los riesgos de lubricantes en uso, a presión, grasas, vapores y niebla de aceite son factores importantes en el proceso de lubricación.			
Estado actual			
Las hojas de seguridad de los materiales se encuentran disponibles en las áreas de trabajo y los almacenes. No todos los técnicos conocen el contenido y el valor de ellas. El uso de equipo de seguridad es parte y todos los técnicos cuentan con los materiales y elementos necesarios. Se requiere reforzar en el conocimiento de los riesgos de los lubricantes a la piel, al inhalar y al contacto. El uso de los guantes es una costumbre, sin embargo, no todos los usan. Incluir una charla de seguridad semanal respecto a los riesgos de los lubricantes y las grasas a presión puede ayudar a generar una consciencia de este elemento importante en la seguridad del personal y las instalaciones.			
Acciones			
1. Mantener la disciplina en esta área y asignar a los técnicos la tarea de investigar acerca de los riesgos de trabajo con lubricantes líquidos y grasas en altas presiones, vapores de aceite, toxicidad y biodegradabilidad. Esto los ayudará a compartir entre sus compañeros y a la vez generará mayor conocimiento de su entorno de trabajo. Mientras más se conoce menor riesgo hay. 2. Hacer extensivo el uso del equipo de protección personal para eliminar el contacto con la piel.			

ETAPA (A) APLICACIÓN DE LUBRICANTES.

A1B	**Tareas de lubricación**	resultado	NPI=560
Importancia del área			
El diseño de las tareas de lubricación debe cumplir con tres factores básicos: Que la tarea sea efectuada con seguridad, de manera ergonómica para que de esa manera se asegure su mantenimiento y además aplicarla de manera que cumpla con los estándares de mejor práctica. Esto garantiza que las tareas serán efectuadas sin riesgo a la vez que se aplica la práctica correcta. Dentro de las tareas de lubricación, consideramos todas aquellas actividades que se refieren a las inspecciones de lubricación, relleno de nivel, cambio de aceite, toma de muestra, análisis de lubricante, cambio de filtros y respiradores y procesos de purificación y control de contaminación.			
Estado actual			
Aún durante la corta duración del diagnóstico ha quedado claro que las tareas básicas de lubricación están siendo efectuadas de manera alejada de lo ideal. Desde las inspecciones de nivel, hasta el relleno de niveles y cambio de aceite es obvio que no se aplican las prácticas enfocadas a la lubricación de precisión y con cuidado de la contaminación. Aunque se cuenta con un programa de lubricación en el que se mencionan las tareas a efectuar, las tareas han sido diseñadas y son ejecutadas a la antigua y de la manera que cada técnico entiende como la mejor. En la mayoría de los casos, los procedimientos y prácticas con los que se efectúan las tareas no son los más adecuados. Algunos técnicos efectúan inspecciones visuales de los lubricantes abriendo la maquinaria, otros hacen cambios de aceite con el equipo sobre la marcha, algunos niveles de aceite están excedidos, mientras que otros están muy bajos. Se requiere de un rediseño total de la estrategia de lubricación y de la configuración de la máquina y los elementos de aplicación de lubricante para que las tareas de lubricación realmente aporten valor y mejoren la confiabilidad de los equipos. En muchos casos, una tarea de lubricación en vez de mejorar la situación, la empeora o pone un riesgo mayor			

Acciones
1. Diseñar la mejor práctica para efectuar cada una de las tareas de lubricación: No adaptar la tarea a la configuración actual de la máquina, sino diseñar la mejor práctica de manera segura y ergonómica que incremente la confiabilidad del equipo. 2. Educar al personal con respecto a estas nuevas prácticas y su importancia. 3. Efectuar las modificaciones necesarias a la maquinaria para que estas prácticas puedan ser efectuadas. 4. Adquirir los elementos necesarios para la ejecución de las prácticas de lubricación re-diseñadas. 5. Entrenar para la ejecución de las nuevas prácticas de lubricación 6. Documentar las prácticas para hacer el programa duradero y consistente 7. Supervisar la ejecución de los trabajos para asegurar que son efectuados bajo los procedimientos y crear conciencia en los técnicos de la importancia de conservar esas modificaciones en los equipos.

A2B	**Prácticas de Engrase**	resultado	NPI=560
Importancia del área			
Las tareas de engrase de los elementos de la maquinaria deben ser efectuadas de tal manera que no afecten otros componentes de la maquinaria. La frecuencia y cantidad debe ser calculada con base en cálculos de ingeniería o mediante tecnologías de engrase basado en condición para asegurar su confiabilidad.			
Estado actual			
Las prácticas de engrase pueden mejorar sustancialmente. Hay poco conocimiento de la técnica correcta de engrase y las prácticas son inconsistentes. No se retiran los tapones de purga de los motores eléctricos, cada lubricador tiene su propia estrategia en cuanto a la manera y velocidad de aplicación de la grasa. Hay una gran área de oportunidad en el engrase de motores eléctricos. Algunos motores tienen instalado un puerto de purga (desfogue), mientras que en otros es			

imposible purgar la grasa. Muchos de los motores inspeccionados daban muestras de que la cantidad de grasa a aplicar como su frecuencia no ha sido determinada por un proceso de ingeniería de lubricación de precisión. En áreas donde la contaminación por humedad o partículas es muy severa, es recomendable aplicar grasa con una mayor frecuencia para purgar los contaminantes, no se recomienda engrasar los rodamientos hasta que la grasa sale por los sellos, ya que estos son dañados por la presión y la grasa escapa por los lados de los ejes. Cuando esto ocurre, el área del sello se convierte en el lugar por el que los contaminantes entran.

Algunos motores no cuentan con graseras. Se supone que, en estos casos, se han instalado rodamientos sellados de por vida (2RS). Aunque estos rodamientos no requieren ser engrasados, se debe considerar que su vida útil es una fracción de tiempo lo que un rodamiento abierto puede durar si es bien lubricado. Para tener una referencia de la duración esperada de un rodamiento, es posible calcular el L10 para estos rodamientos y compararlo con el tiempo actual. Es muy probable que la vida esperada de estos rodamientos sea entre 7 y 10 años, mientras que la de los rodamientos sellados sea de sólo 2 como máximo.

Para cada tipo de rodamiento, hay varios métodos de calcular la cantidad de grasa. El método preferido y más sencillo para calcular el volumen es el que proporciona la siguiente fórmula:

$$volumen(gramos) = 0{,}005 * D(diametroexteriordelrodamientoenmm) * B(anchoderodamientoenmm)$$

Fórmula para cálculo de volumen de grasa [6]

Las frecuencias de re-engrase de rodamientos pueden ser calculadas simplemente utilizando la fórmula que se menciona abajo:

$$T = K \times \left[\left(\frac{14{,}000{,}000}{n \times (d^{0.5})} \right) - 4 \times d \right]$$

En donde:

T = Tiempo hasta la próxima re-lubricación (horas)

K = Producto de todos los factores de corrección Ft x Fc x Fm x Fv x Fp x Fd (vea la tabla)

n = Velocidad (RPM)

d = Diámetro interior (mm)

* Nota:
ips = pulgadas / segundo
0.2 pulgs. / segundo = 0.5 mm/seg.

Factores de Corrección del Intervalo de Engrase

Condición	Rango de Operación Promedio	Factor de Corrección
Temperatura Ft	Carcaza por debajo de 65°C	1.0
	65 a 80°C	0.5
	80 a 93°C	0.2
	Arriba de 93°C	0.1
Contaminación Fc	Ligero, polvo no abrasivo	1.0
	Severo, polvo no abrasivo	0.7
	Ligero, polvo abrasivo	0.4
	Severo, polvo abrasivo	0.2
Humedad Fm	Humedad por debajo del 80%	1.0
	Humidad entre 80 y 90%	0.7
	Condensación ocasional	0.4
	Agua ocasionalmente en la carcaza	0.1
Vibración Fv	Velocidad pico menor a 0.2 ips*	1.0
	0.2 a 0.4 ips	0.6
	Arriba de 0.4 (ver nota)	0.3
Posición Fp	Horizontal	1.0
	45 grados	0.5
	Vertical	0.3
Diseño del Rodamiento Fd	Rodamiento de bolas	10
	Rodamientos cilíndricos y de agujas	5.0
	Rodamientos cónicos y esféricos	1.0

ILUSTRACIÓN 5. CÁLCULO DE ENGRASE RODAMIENTOS

fórmula de cálculo de frecuencia de engrase y tabla de factores de corrección [6]

El enlace adjunto conduce a un software de cálculo de frecuencia y cantidad de grasa para todo tipo de rodamientos. Este programa es de distribución gratuita y puede ser utilizado por sus técnicos e ingenieros para determinar de manera correcta la cantidad a aplicar y la frecuencia. http://www.mapro.skf.com/dialset/main/frames.htm

Acciones

1. Educar con respecto a la aplicación de grasa a rodamientos de motores eléctricos, rodamientos de bombas y apoyos en general.
2. Curso para conocer los rodamientos e identificar la diferencia entre un rodamiento sellado, uno con escudos y uno abierto y sus necesidades distintas de lubricación
3. Calcular la cantidad exacta de grasa para cada rodamiento
4. Documentar en SAP la cantidad de grasa a aplicar en cada equipo.
5. Convertir la cantidad de gramos a aplicar en bombeos medidos pesa

6. Habilitar la configuración de los motores para que la grasa pueda ser purgada en el proceso de en-grase. Se pueden instalar purgas automáticas para no tener que abrirlas cada vez que se engrase y hacer más económico el proceso de reconfiguración sin tener que perforar las tapas de ventilador. 7. Calcular la frecuencia de engrase para cada aplicación y cargarla a SAP 8. Entrenamiento en prácticas de lubricación de rodamientos

A3B	**Ruta de lubricación**	resultado	NPI=560
Importancia del área			
La definición y administración de las rutas de lubricación es fundamental para la ejecución y planeación de las tareas. La asignación por tarea, equipo requerido, frecuencia, capacidad y habilidades del técnico, planta o nivel permite que las rutas sean configuradas de manera variable. La optimización de estas rutas y su balance permiten que el programa sea administrado adecuadamente.			
Estado actual			
Las rutas son administradas actualmente a partir del sistema de administración de mantenimiento SAP, el cual genera las órdenes de trabajo para cada una de las tareas. Sin embargo, las rutas no tienen una secuencia lógica que permita al técnico realizarlas de manera efectiva. Por lo general ellos tienen que retrasar las actividades de acuerdo a la ubicación geográfica y a los materiales necesarios para cada tarea. Cuando SAP no entrega las rutas, los técnicos en lubricación se basan en los anteriores programas en Excel o en Access para efectuar la programación. En general todos reportan una baja credibilidad de lo que el SAP les entrega y prefieren utilizar su experiencia por encima de la que les aporta el sistema. Es importante que se puedan programar las rutas por área geográfica y nivel. Además, es importante que la planeación de las rutas considere el estado de operación de los equipos a lubricar (con equipos en operación y las que sólo se efectúan en paros de planta). Las tareas incluidas en las rutas incluyen: Engrase, revisión y corrección de fugas, revisión de respiradores, inspecciones y sistemas de enfriamiento.			

Estimando el tiempo de ejecución de las tareas y el tiempo necesario para desplazarse, se deben programar las horas efectivas de trabajo que permitan a los técnicos las tareas administrativas, de organización y limpieza de sus elementos de trabajo y reporte de las actividades. La duración de las tareas no está estandarizada. Algunos técnicos utilizan mucho más tiempo que otros en hacer las tareas y eso no permite uniformar los criterios. Se desconoce en dónde es que se utiliza la mayor parte del tiempo y por lo mismo no es posible optimizar las rutas.
Acciones
1. Incluir todas las tareas en SAP y actualizar los tiempos estándar de realización 2. Establecer la estrategia lógica de diseño de las tareas de la manera en que los técnicos puedan optimizar el tiempo disponible. 3. Efectuar Análisis de Pareto de las actividades de lubricación que más tiempo consumen para efectuar un proceso de Optimización (PMO) 4. Hacer un estudio de tiempos reales de las tareas y determinar un tiempo estándar. 5. Entrenar al personal para efectuar las tareas en los tiempos estándar. 6. Analizar si las tareas programadas son posibles de efectuar con la fuerza de trabajo disponible y en su caso efectuar los ajustes correspondientes.

A4B	**Mantenimiento de sistemas de lubricación**	resultado	NPI=320
Importancia del área			
Conservar adecuadamente los dispositivos y sistemas de lubricación es tarea vital para que la lubricación sea aplicada adecuadamente a la maquinaria. Las tareas de los técnicos en lubricación deben incluir la inspección y mantenimiento de estos dispositivos y mecanismos.			
Estado actual			
Los sistemas de aplicación de lubricantes son mantenidos e inspeccionados por los técnicos en lubricación. Es primordial que se establezca y programe una rutina efectiva de inspecciones y mantenimiento de estos sistemas para evitar que se degraden con el tiempo. Algunos sistemas cuentan con alarmas y sensores de falla, pero esto es de manera reactiva, se debe establecer una planeación de las			

actividades de inspección para mantener los dispositivos operando en óptimas condiciones todo el tiempo
Acciones
1. Establecer e incorporar al SAP la rutina de inspección y mantenimiento de sistemas de lubricación automáticos y bombas estacionarias de grasa de manera periódica con una mayor frecuencia que la actual de 3 meses. 2. Verificar la calibración de cada punto de lubricación y asegurarse de que las cantidades estipuladas son entregadas consistentemente.

A5G	**Profesionales de lubricación**	resultado	NPI= 700
Importancia del área			
Las tareas de lubricación deben ser efectuadas por profesionales que cuenten con la educación y hayan sido entrenados en la ejecución de las tareas y conocen la importancia de aplicar el lubricante correcto en el lugar correcto, en la cantidad correcta, con la actitud correcta y mantenerlo limpio seco y fresco. El técnico en lubricación cumple labores de inspección, mantenimiento y conservación de los lubricantes y la maquinaria. La experiencia combinada con la educación y certificación aseguran que la lubricación contribuya a incrementar la confiabilidad de la maquinaria.			
Estado actual			
Los lubricadores son personal SIN experiencia en su mayoría, y han recibido educación básica en los temas de lubricación. Las prácticas tradicionales del manejo y aplicación de lubricantes permanecen y son transmitidas a los nuevos integrantes del equipo de lubricación. Esta es una gran oportunidad, ya que sus inversiones en equipos y estrategias de lubricación no rinden frutos por falta de conocimientos y entrenamiento que permitan efectuar adecuadamente la lubricación. Muchas de las oportunidades de este reporte requieren que quienes trabajan en la lubricación comprendan el “por qué” de la tarea y puedan aplicarla con fundamento. En la lubricación es primordial aprender los fundamentos y de alguna manera			

“desaprender” los viejos paradigmas de la lubricación como “engrasar un rodamiento hasta que salga la grasa vieja” que son comunes en sus prácticas. Las tareas de lubricación se aprenden de generación en generación y algunas prácticas incorrectas son heredadas por esta manera de educación. Es el momento de romper ese círculo vicioso incorporando el conocimiento y construyendo el nuevo paradigma de la lubricación de clase mundial. Los técnicos en lubricación deben contar con un proyecto de desarrollo profesional y avanzar en su preparación. Se trata de profesionalizar la lubricación. Es importante que se cuente con especialistas en lubricación que puedan ser entrenados con una visión de plan de carrera. El enfoque por la educación se mantiene como una de las fortalezas y elemento base para el éxito en la implementación de la excelencia en lubricación. Todos con quienes hablamos están orgullosos de su estatus como profesionales y quienes no están aún certificados tienen la firme convicción de lograrlo en los siguientes meses. Quienes ya están certificados están motivados estudiando para lograr niveles mayores de certificación y conocimiento de su profesión.
Acciones
1. Definir los requerimientos mínimos de conocimientos para los integrantes del departamento de lubricación 2. Definir un “Líder” de lubricación que pueda liderar y coordinar los esfuerzos 3. Definir el perfil de conocimientos de los técnicos en lubricación 4. Definir el plan de entrenamiento para cerrar la brecha entre las habilidades y conocimientos actuales y los requerimientos 5. Certificar a los lubricadores como Técnicos en Lubricación de maquinaria (MLT) Nivel I y II 6. Planear la certificación posterior como Analistas de Lubricantes de Maquinaria (MLA) Nivel I 7. Establecer estrategias de mentores entre el personal capacitado 8. Promover la especialidad en lubricación y análisis de aceite 9. Compartir con personal de otras áreas los conocimientos de lubricación para que

puedan en su caso entender la importancia de las tareas y contribuyan al sostenimiento del programa

A6G	**Mantenimiento y ergonomía de los puntos de lubricación**	resultado	NPI=448
Importancia del área			
El diseño de las tareas de lubricación debe considerar que cada una de las actividades sea efectuada de manera ergonómica para el técnico en lubricación, facilitando su ejecución y permitiendo que el mantenimiento de la máquina sea alto al asegurar que todas las tareas son posibles de efectuar dentro de un entorno de confort y seguridad.			
Estado actual			
Por la configuración de la planta y lo limitado de los espacios, algunos de los puntos de lubricación no están al alcance de los técnicos de lubricación. Por ello las tareas de lubricación se complican y en ocasiones hacerlas representa la posibilidad de incurrir en actos inseguros o actividades que requieren de protección especial o permisos especiales. Sólo por poner un ejemplo: Se efectuaron modificaciones en unos sistemas de transmisión y los motores fueron cambiados de posición. No se instalaron andamios ni estructuras para darles servicio y por ello esos motores no pueden ser re-lubricados. Esto hace que las tareas de lubricación no se lleven a cabo y la confiabilidad de estos equipos disminuye por su pobre mantenimiento. La instalación de extensiones para engrase a los puntos donde los técnicos pueden efectuarlas sin dificultad es algo que debe ser implementado. La instalación de extensiones para los respiradores y la habilitación de conectores rápidos, facilitan el trabajo y contribuye a que las tareas sean efectuadas en menor tiempo y más efectivas. Todo esto permite que las máquinas sean mantenibles y su confiabilidad incremente. Algunos detalles deben ser considerados en esta área. Los indicadores de restricción de aire en los respiradores deben ser colocados de tal manera que los técnicos en			

lubricación los tengan a la vista. En muchos casos se observó que su colocación está alejada de la vista y dificulta la inspección. Debido a la localización de la maquinaria y el proceso, algunos equipos se encuentran imposibilitados para el paso a las inspecciones o tareas por material, lodo o agua. Otros equipos que están sobre tanques y en ubicaciones en altura prácticamente limitan las tareas de inspecciones y lubricación.
Acciones
1. Ubicar los elementos de inspección, toma de muestra y llenado de tal manera que queden a la vista de los técnicos de lubricación y en los pasillos. 2. Instalar extensiones a los puntos de engrase para que queden en posición confortable y no requieran de escaleras para ser alcanzados 3. Instalar conectores rápidos para que los reductores y otros equipos complicados de acceder puedan ser lubricados sin contaminar el lubricante y la máquina. 4. Instalar andamios y accesos a los equipos con difícil acceso por el proceso o la ubicación.

A7G	**Dispositivos de inspección**	resultado	NPI=448
Importancia del área			
Los dispositivos de inspección de la maquinaria deben permitir que las tareas sean efectuadas sin abrir la máquina o poner en riesgo la hermeticidad del sistema. Esto asegura que una tarea de inspección no introduce defectos a la maquinaria. Los dispositivos de lubricación deben además ser ergonómicos y permitir que la tarea sea efectuada de manera segura y de preferencia con el equipo trabajando.			
Estado actual			
Algunas máquinas cuentan con dispositivos de inspección no intrusivos como indicadores de nivel exteriores, pero una gran cantidad de ellas hay que abrirlas para poder efectuar las tareas de inspección. Esto convierte la tarea en una actividad intrusiva que perjudica a la maquinaria porque permite el paso de contaminantes al interior de la máquina.			

En las bombas es prácticamente imposible identificar la condición del aceite, el nivel o su contaminación. Uno de los lubricadores comentó que hace una inspección cada mes de las bombas abriendo el tapón inferior y dejando salir un poco de aceite para ver la condición. Si lo encuentra contaminado, entonces lo cambia. Esta acción es peligrosa para la confiabilidad de la máquina, es una acción insegura, contamina el medio ambiente y además impráctica. El problema es que la máquina no está configurada para esta inspección y los técnicos tratan de hacer su mejor trabajo.

Algunos niveles de aceite no cuentan con marcas que indiquen la cantidad de aceite que debe tener la máquina cuando está operando. Algunos tanques deberían tener una marca de nivel con el equipo detenido y una con el equipo operando, para que los técnicos supieran exactamente la cantidad a aplicar y puedan hacer las inspecciones y rellenos bajo un criterio consistente.

Algunos equipos tienen varias marcas de nivel, ninguna de ellas está validada como la correcta.

En varios equipos pudimos observar situaciones donde el aceite tenía agua, otras espumas, otras bajo nivel de aceite y en otras el nivel de aceite muy bajo. Esto nos indica que la tarea de inspecciones no es efectuada adecuadamente.

Algunos de los filtros de aire están equipados con sensores de restricción de flujo y los filtros de aceite tienen también indicadores de presión diferencial. Es importante que todos los equipos cuenten con esta herramienta que permite a los técnicos hacer sus tareas de manera efectiva y sin detener la máquina.

Se recomienda instalar indicadores de nivel exterior de tipo columna en configuración cerrada y sensores de presión diferencial y restricción de flujo para filtros de aceite y respiradores. Las tareas de inspección serán más fáciles de hacer y no ponen en riesgo a la maquinaria ni al técnico que la realiza. Este gran avance tiene grandes beneficios, ya que además de hacer la tarea más segura y ergonómica, consume menos tiempo, se puede hacer con el equipo trabajando y permite efectuar el servicio basado en condición. Aplicando los principios de ergonomía, las inspecciones serán más rápidas y efectivas.

Acciones
1. Instalar dispositivos de inspección de nivel externos (columna en configuración cerrada) 2. Reemplazar los indicadores de nivel de ojo de buey que se encuentran muy opacos 3. Estudiar cual es el nivel correcto de aceite en los estanques y depósitos de la maquinaria con el equipo apagado y operando para que se puedan colocar las marcas de identificación de ambos esta-dos de operación. 4. Colocar esferas de plástico de color rojo en los indicadores de nivel que operan con aceites de color claro o transparente para facilitar la identificación del nivel 5. Uso de un apuntador láser para identificar los niveles de aceite en fluidos claros (la luz se distorsiona al momento de pasar por el nivel de aceite) 6. Instalar sensores de restricción de flujo en los filtros respiradores 7. Instalar indicadores de presión diferencial para los filtros de aceite

A8G	**Cantidad y frecuencia de lubricación, inspección y re-lubricación.**	resultado	NPI=448
Importancia del área			
Los tipos de tareas de inspección deben ser diseñadas de acuerdo a los modos de falla que se quieren detectar y su frecuencia debe ser calculada de acuerdo al entorno operacional y la criticidad de la maquinaria. Las frecuencias de cambio de aceite deben estar definidas por una estrategia basada en el entorno de operación, el tipo de lubricante usado y la información proveniente del monitoreo de condición del lubricante. Otros factores importantes incluyen la configuración de la maquinaria, el lubricante utilizado y el método de lubricación utilizado. Las instrucciones de inspección deben contener parámetros y referencias que los técnicos puedan comprobar. La definición de las frecuencias de cambio de aceite puede ser hecha por tiempo fijo en caso de equipos con entornos de operación similares y por condición en el caso de equipos donde la criticidad o el entorno operacional son más exigentes.			

Estado actual
Podríamos decir que cada área de lubricación tiene su propio programa. Mientras que en un área el cambio de aceite de los reductores se hace cada dos meses, en otras es cada año y en algunas cada tres o seis meses, según la condición de contaminación medida por la inspección visual. Algunos basan sus resultados en el reporte del análisis de aceite. Lo mismo ocurre con las bombas, el engrase, etc. Cada quien establece los criterios de frecuencia, ya que no se tiene confianza en las frecuencias que genera el SAP. Algunos reportan que la tarea se efectuó en SAP para poder cerrar la orden y dar cumplimiento, aunque no se haya efectuado la tarea porque a criterio de los lubricadores no se necesitaba hacer. En algunas órdenes de trabajo aparece la cantidad de grasa a aplicar. Tampoco se les hace caso, ya que cada uno tiene su criterio en función del rodamiento, el diámetro del eje y su experiencia. Algunas órdenes de trabajo solicitan la aplicación de 5 miligramos de grasa en un rodamiento, lo cual es evidentemente incorrecto. Otras establecen 5 gramos de grasa para un rodamiento que evidentemente es de mayor capacidad. Por ello la confianza de los técnicos desaparece y entonces el programa se vuelve arbitrario y personalizado a la experiencia y criterio de cada uno de los lubricadores. Los cambios de aceite en muchos equipos son irracionales y están basados en experiencias anteriores. Muchas bombas que cuentan con sistemas de lubricación de nivel constante cambian su aceite cada mes y medio. Cuando se cambia el aceite, se drena el aceite de la bomba y también el del vaso de nivel (el cual nunca ha trabajado). Esto implica una cantidad muy alta de desperdicio de lubricante y recursos. Adicionalmente la alta frecuencia de cambios de aceite hace que la producción se interrumpa de manera continua o que se tengan que hacer cambios de aceite “sobre la marcha” como ocurre en algunas ocasiones. Esta práctica es absolutamente incorrecta y peligrosa. La mayoría de los cambios de aceite están originados por condiciones de contaminación. Se cambia el aceite cuando se observa contaminado y degradado.

Esta es una estrategia reactiva muy costosa. El aceite ya se contaminó, por lo tanto, ya hubo efecto de las partículas, el agua y los productos químicos al lubricante por consiguiente a la maquinaria. Cambiar el aceite no resuelve la situación, ya que, al no controlar la causa de ingreso de estos contaminantes, podemos pasarnos toda la vida (como actualmente ocurre) y la situación será siempre la misma. Lamentablemente esta situación es considerada ya normal y está en el programa y en el presupuesto de lubricación y de paros de la maquinaria. También está presupuestada ya la poca duración de los equipos y la frecuencia de cambio queda establecida en los TMEF (tiempo medio entre falla) estándar de los equipos. Su corta vida es considerada una condición normal tanto en los presupuestos como en la actividad diaria de producción.
Acciones
1. Trabajar en el re-diseño de la maquinaria para eliminar las fuentes de contaminación de los lubricantes. De esta manera, los lubricantes podrán mantenerse libres de contaminación y proteger a la maquinaria 2. Una vez efectuadas las mejoras a la maquinaria, se podrán establecer los nuevos tiempos de inspección de niveles, respiradores, filtros y toma de muestra. Muchos de los equipos podrán ser incluidos en el programa de monitoreo de condición y establecer frecuencias de cambio de aceite basadas en condición. 3. Optimizar las tareas de mantenimiento preventivo de lubricación aplicando los principios de mantenimiento basado en confiabilidad y aplicarlo en la lubricación. 4. Definir los nuevos tiempos estándar de cada una de las tareas para poderlas incorporar en el programa SAP. 5. Entrenar al personal para las nuevas inspecciones y consolidar el SAP como herramienta de gestión.

ETAPA (M) ADMINISTRACIÓN DEL LUBRICANTE EN LA MAQUINARIA

M1B	**Métodos y sistemas de exclusión de contaminantes**	resultado	NPI=490
Importancia del área			
Evitar que la contaminación ingrese a los lubricantes y a la maquinaria, es una tarea básica dentro del proceso de lubricación de clase mundial. La primera parte de un programa de control de contaminación es evitar el ingreso de contaminantes, la cual es una tarea proactiva que elimina causas de falla que están ligadas a la lubricación. La maquinaria debe estar equipada con sistemas de exclusión de contaminantes y los métodos de aplicación de lubricación e inspecciones deben permitir mantener el sistema hermético. La exclusión de contaminantes es una tarea proactiva que permite ampliar la vida del lubricante y la maquinaria.			
Estado actual			
Al ser una de las áreas más críticas en la vida de la maquinaria, las inversiones en este renglón serán recompensadas de manera importante. La instalación de respiradores de alta eficiencia y en el caso necesario el uso de desecantes de aire, permite que los lubricantes trabajen limpios y secos. Adicionalmente, se ha definido ya una estrategia para que los lubricantes ingresen filtrados a la maquinaria. Estas dos acciones son completamente proactivas y van dirigidas a la principal causa de desgaste de componentes en maquinaria rotatoria. Mantener la máquina hermética es muy importante, pero no se puede sellar la maquinaria por la necesidad de respiración y compensar la expansión térmica de los equipos. Por ello se deben instalar dispositivos que cumplan ambas tareas. Los tapones y respiradores con los que vienen equipados de fábrica los equipos por lo general no cumplen con los requerimientos de una buena estrategia de control de contaminación acorde con los objetivos de confiabilidad de la planta y las condiciones ambientales. Los tapones de sistemas hidráulicos, los tapones de respiración de reductores, los métodos de inspección de varilla de medición y los tapones de nivel no contribuyen a la ampliación de la vida de la maquinaria. Sólo			

algunos equipos cuentan con filtros de respiración que pueden controlar el ingreso de partículas y humedad. La mayoría de las bombas, reductores y motores eléctricos lubricados por aceite no están equipados con esta protección. La contaminación encuentra un camino fácil hacia los lubricantes y daña considerablemente a los componentes de la maquinaria. Instale dispositivos de control de partículas y humedad según la importancia de la máquina y su entorno de operación. Considere sus requerimientos de aire y expansión que además permitirán que los dispositivos duren en funcionamiento y protejan los sellos de los equipos para evitar fugas. Mantener la contaminación afuera, permitirá que la vida de los componentes se incremente de manera exponencial. La exclusión de lubricantes debe ser acompañada además por una congruente estrategia de remoción de contaminantes para encontrar el balance entre partículas que ingresan, partículas que se generan y las que son removidas. Afinar la estrategia de manejo de lubricantes y el uso de los contenedores intermedios equipados con conectores rápidos colaborará en este reglón.
Acciones
1. Identificar el dispositivo correcto para cada componente (filtro, respirador, desecante, cámara de expansión dispositivo híbrido respirador/desecante/cámara de expansión) 2. Estandarizar respiradores, cámaras de expansión y desecantes para establecer métodos estándar 3. Continuar con la instalación de respiradores, desecantes y cámaras de expansión. 4. Dar servicio adecuado a los respiradores para mantener su eficiencia al máximo 5. Acondicionar los desecantes cuando se saturen (o reemplazarlos) 6. Mantener herméticos los depósitos de aceite 7. Instalar conectores rápidos a las bombas de contenedores de relleno

M2B	Dispositivos de toma de muestra	resultado	NPI=280

Importancia del área

Un programa efectivo de análisis de aceite requiere que la muestra sea tomada en el lugar correcto y de manera consistente. La localización correcta de los puertos de toma de muestra (primarios y secundarios) y la instalación de dispositivos fijos de toma de muestra son parte fundamental de un programa exitoso.

Estado actual

Algunas máquinas (especialmente sistemas hidráulicos) cuentan con puertos de toma de muestra (puntos de testeo) instalados fijos en la máquina. Esto permite que las muestras de aceite sean confiables y proporcionen una información correcta del aceite, sus contaminantes y el desgaste de la maquinaria. Para hacer que esta estrategia sea aún más efectiva en estos equipos, será necesario hacer un estudio en el que se identifique la localización idónea de toma de muestra y que se logre encontrar información de las tres categorías del análisis de aceite: Salud y contaminación del lubricante y desgaste de la maquinaria

La mayoría de las bombas, reductores y motores eléctricos no cuenta con puertos especiales de toma de muestra, por lo que hay que hacer la toma utilizando una manguera que se introduce a la máquina. Esto ocasiona que la muestra no sea representativa y que además se origine una condición intrusiva a la maquinaria al tener que abrirla para la toma de muestra. La misma muestra es contaminada en el proceso de su obtención.

Será necesario identificar los puertos de toma de muestra de cada componente e instalarlos fijos en la máquina para que el programa de monitoreo realmente rinda beneficios. En equipos más complejos como sistemas hidráulicos y las turbinas, es importante que se instalen puertos de muestra secundarios que permitan identificar la fuente de los problemas y establecer una secuencia de muestreo.

Acciones
1. Localizar los lugares ideales de instalación de los puertos de muestra 2. Instalar puertos de muestra en todos los equipos incluidos en el programa de análisis de lubricante 3. Identificar la localización de los puertos de toma de muestra secundarios en los equipos complejos y programar su instalación.

M3G	**Sistema de Gestión de la lubricación**	resultado	NPI=392
Importancia del área			
Un programa de lubricación debe ser gestionado eficientemente para asegurar que las tareas de lubricación sean programadas y efectuadas en el momento adecuado. El programa de lubricación debe ser administrado mediante una herramienta electrónica que permita planear las rutas, programar y dar seguimiento a la ejecución de las tareas de lubricación. De preferencia, este programa debe estar ligado con el sistema de administración de mantenimiento corporativo.			
Estado actual			
SAP es utilizado como la herramienta de gestión de lubricación. Las limitaciones derivadas de la carga de la información al sistema ya fueron mencionadas en el elemento de Rutas de lubricación. Cuando se pretende administrar eficientemente un proceso de lubricación, es necesario contar con las herramientas adecuadas para que los procesos sean efectivos y aprovechar al máximo el tiempo de los especialistas en tareas de análisis de la información. Actualizar la información proveniente del rediseño del proceso de lubricación, permitirá dar seguimiento a los objetivos, medir el cumplimiento de las metas y establecer estrategias que corrijan el camino o verifiquen que las actividades desarrolladas están siendo efectivas y producen los resultados deseados. Como ocurre en todos los casos de utilización de software. Esta debe ser considerada como una herramienta que debe ser utilizada para administrar correctamente el programa y no como la solución de los problemas. El uso correcto bajo la estrategia de definición de “para qué” se quiere la información, saber la diferencia entre un			

software productivo y otro que almacena información.
Acciones
1. Actualizar la información del proceso de lubricación en SAP una vez que se haya efectuado la reingeniería de las tareas de lubricación, las frecuencias y cantidades a aplicar, así como el cálculo de y los nuevos tiempos estándar.

M4G	**Cambio de filtros**	resultado	NPI=224
Importancia del área			
La estrategia para determinar el momento óptimo de cambio de filtros y respiradores permite obtener el máximo de los elementos y a la vez puede identificar modos de falla relacionados con su mal funcionamiento. El uso de sensores, indicadores de restricción de flujo, manómetros de presión diferencial y contadores de partículas son elementos importantes en esta actividad. Cambiarlos demasiado pronto desperdicia recursos y exceder el tiempo de servicio pone en riesgo a la maquinaria.			
Estado actual			
La mayoría de los filtros están equipados con instrumentos de presión diferencial o incremento de presión. Estas herramientas permiten identificar el momento en que los filtros se comienzan a saturar y provocan un incremento en la presión interna. Este indicador reconoce que los filtros pueden comenzar a liberar partículas que han sido retenidas en el proceso de trabajo normal del filtro y advierten el momento en que la válvula de alivio puede abrirse y dejar pasar el fluido sin filtrar. Cambiar el filtro antes de que esto ocurra, permite mantener adecuadamente los niveles de limpieza de los fluidos. Es importante que los indicadores de presión diferencial estén congruentes con las presiones de apertura de las válvulas de alivio y que los técnicos en lubricación conozcan el principio de funcionamiento y los valores a los que deben ser cambiados los filtros. Una debilidad de esta estrategia está en aquellos modos de falla de los filtros que no generan un incremento de presión (filtros rotos, sellos mal colocados, colapso de			

filtro, etc.). En estos casos, la herramienta del conteo de partículas es de gran ayuda en combinación con los instrumentos de presión diferencial y las inspecciones. Un incremento en el nivel de partículas debe ser investigado para eliminar la posibilidad de que el filtro esté liberando partículas. Una muestra antes del filtro y una posterior puede ayudar a confirmar este hecho. Adicionalmente, marcar la fecha en que el filtro ha sido instalado a la máquina nos permite tener una idea lógica de la duración del elemento y en caso de que esta sea excedida, puede motivar a investigar si pudiera estar en modo de falla. Vale la pena mencionar que es muy probable que los filtros comiencen a durar más tiempo en operación conforme se vaya avanzando en la implementación de los sistemas de exclusión de contaminantes y el ingreso de lubricantes limpios. Mientras menos partículas ingresen, menos se generan y por consiguiente el trabajo de los filtros es menor. La vida de los filtros incrementará.
Acciones
1. En los casos donde no hay indicadores de presión diferencial electrónicos o manuales, instalarlos. 2. Aplicar la estrategia mixta de conteo de partículas y los indicadores de presión diferencial para de-terminar el momento óptimo de cambio de filtro. 3. Rotular las fechas de instalación de los filtros para que el criterio de los especialistas en lubricación pueda identificar una duración anormal sospechosa.

M5G	**Toma de muestra**	resultado	NPI=224
Importancia del área			
Los procedimientos de toma de muestra deben ser diseñados en función de las condiciones de operación de la maquinaria, los dispositivos disponibles, las pruebas a efectuar y la presión de los fluidos. Todo ello apegado a la integridad de la muestra y evitar que la contaminación afecte la información que se encuentra dentro de la máquina.			
Estado actual			
Con la instalación de puertos de toma de muestra, esta tarea puede dar excelentes			

resultados. Una vez que se instalen los puertos de toma de muestra en todos los equipos incluidos en el programa de monitoreo de condición, será posible obtener los beneficios del monitoreo de condición. El entorno de operación de la planta Centinela Sulfuros es por naturaleza un área con niveles de contaminación altos en cuanto a partículas. El riesgo de contaminar una muestra en el momento de su captura es alto, por lo que es importante que se aplique el método de muestreo limpio utilizando como soporte una bomba de vacío y una bolsa de plástico para proteger la botella y aislarla del medio ambiente agresivo. Igualmente, importante es contar con las herramientas y dispositivos necesarios para esta tarea y que los técnicos reciban el entrenamiento y la supervisión para que esta tarea sea el inicio de una buena decisión del mantenimiento por el análisis de aceite. La toma de muestra puede ser efectuada por los técnicos en lubricación una vez que hayan sido entrenados y que los procedimientos de toma para cada equipo se hayan establecido. En las aplicaciones en que se hará la prueba de conteo de partículas o humedad, es importante que se cuide la contaminación del envase y la muestra. La toma de muestra puede resumirse en tres escenarios, presión atmosférica, media presión (debajo de 100 psi) y Alta presión (arriba de 100 psi). Estos procedimientos están disponibles en Noria.
Acciones
1. Escribir y documentar los procedimientos de toma de muestra para planta sulfuros. 2. Entrenar adecuadamente a todos los técnicos en la toma de muestra. Cuando el técnico que aplica los lubricantes es el mismo que toma la muestra y lo analiza, se le otorga el principio de propiedad de la máquina y tiene la información más completa de lo que está ocurriendo. Tiene además la posibilidad de corregir sus propias prácticas al identificar el efecto de ellas. Esto debe combinarse con entrenamiento en las pruebas del análisis de aceite que tocaremos en el elemento correspondiente. 3. Supervisar la ejecución de la toma de muestra para asegurarse que se siguen los pasos del procedimiento 4. Uso de la técnica de muestreo limpio con ayuda de conector, bomba de vacío y bolsa de plástico

ILUSTRACIÓN 6. TOMA DE MUESTRAS IDEAL

M6C	**Método y sistemas de remoción de contaminantes**	resultado	NPI=280
Importancia del área			
El balance de un buen programa de control de contaminación se encuentra en la remoción de contaminantes. Eliminar los contaminantes lo antes posible y la selección de los elementos de remoción de acuerdo a su estado, al espacio dinámico de los componentes críticos de la maquinaria y su sensibilidad permite ampliar su vida y la del lubricante. Los métodos de remoción están dirigidos a sacar la contaminación lo más pronto posible y mantener el sistema en balance.			
Estado actual			
Algunos de los equipos cuentan con sistemas de filtración de flujo total y filtros de alta eficiencia. Sin embargo, en muchos casos, estos filtros no son capaces de lograr los niveles de limpieza objetivo que garanticen una alta confiabilidad de la maquinaria. Para ello se requiere complementar el trabajo de los filtros en línea de flujo total, con flujos externos de flujo parcial que contribuyan a disminuir de manera periódica o permanente los niveles de contaminación de la máquina. Se han adquirido ya sistemas de filtración externa (micro-filtraje). Los sistemas parece que han sido seleccionados adecuadamente con filtros de alta eficiencia y			

deberá analizarse si los filtros con los que se cuenta son capaces de lograr los objetivos de limpieza de los quipos en los que trabajan. La incorporación de estos carros de filtración a las tareas de lubricación debe ser una tarea programada y en algunas ocasiones una tarea disparada por una inspección o un resultado anormal en el conteo de partículas. Es de suma importancia considerar que estas actividades incrementarán inicialmente la carga de trabajo de los técnicos en lubricación y podrían poner un requerimiento de personal especializado para lograr que esta inversión sea efectiva. Esto no debe ser visto como un gasto, sino como una oportunidad que permite complementar la estrategia proactiva de exclusión de contaminantes. La cantidad de tiempo y el flujo deben ser calculados adecuadamente en función del nivel de contaminación inicial y el objetivo para no caer en la frustración de no lograr los objetivos. Lograr un nivel de limpieza no es simplemente filtrar. Es importante conocer la lógica del control de la contaminación y los elementos que intervienen en esta ecuación. El estudio de las bases de la filtración y la identificación de los elementos que contribuyen a la generación y remoción de partículas, permitirá sacar un mejor provecho de esta estrategia.

El resto de los equipos ha quedado fuera de esta estrategia a pesar de que hay muchos equipos considera-dos críticos que pueden beneficiarse de una estrategia similar. Muchas bombas y cajas de engranes, así como motores eléctricos lubricados por aceite requieren de aceite limpio. El complemento a los filtros de respiración es el filtrado adecuado de los aceites para mantenerlos en buenas condiciones.

Como en cualquier otra aplicación, se recomienda que el carro de filtración sea designado especialmente para solo un tipo de lubricante y así evitar la contaminación cruzada (uno para aceite hidráulico, otro para engranes, etc.). Para aceites hidráulicos se recomienda el uso de un filtro B3≥200 para lograr niveles de limpieza ISO 15/13/11 o mejores, en el caso de engranes y bombas se recomienda un filtro B6≥200 para lograr niveles de limpieza ISO 17/15/12 o mejores.

Al comprar el carro de filtración, es necesario pensar en la manera en la que estos aceites van a ingresar a la maquinaria en servicio. En nuestra inspección no encontramos sistemas equipados con conectores rápidos para poder aplicar la

lubricación con estos dispositivos. Sin estos conectores el llenado o relleno de aceite se efectúa con métodos intrusivos (aún con el carro de filtración), requiriendo con frecuencia abrir una tapa o retirar un tapón, exponiendo el tanque o depósito de aceite a los contaminantes. Instale conectores rápidos de diámetros diferentes en el puerto de llenado del tanque y en el de drenado en todos los equipos para que el aceite pueda ser adicionado utilizando estos carros de filtración de manera no intrusiva. Estos conectores rápidos también pueden ser utilizados para aplicar filtración fuera de línea en aplicaciones en las que la filtración no es satisfactoria o en donde no es posible instalar o no se justifica la instalación de filtración permanente. Para la aplicación de los carros de filtración, se han instalado conectores rápidos en algunos sistemas hidráulicos. Los conectores rápidos ayudan a efectuar las tareas de llenado, extracción, y filtrado de manera segura, ergonómica y sin contaminar el lubricante y el ambiente. Algunos de los filtros inspeccionados pueden ser considerados de buen desempeño, mientras que otros no lo son así. Si se desea lograr niveles de limpieza exigentes, deberá seleccionar los filtros congruentemente y estandarizar. Vimos una variedad amplia de marcas y diferentes Beta (eficiencia de filtración).
Acciones
1. Asignar carros de filtración únicamente a un solo tipo de lubricante 2. Seleccionar el tamaño de partícula objetivo y la eficiencia Beta de filtración para cada aplicación 3. Estandarizar los tipos de filtros y carros de lubricación en función de sus capacidades, flujos y características para las aplicaciones ideales 4. Adquirir los carros de filtración que se requieran para diferentes volúmenes y objetivos 5. Evaluar la necesidad de sistemas de filtración portátil para depósitos pequeños. 6. Instalar contadores de partículas en los carros de filtración para determinar el tiempo de filtrado basado en resultados.

7. Entrenar al personal en el uso correcto de estas herramientas 8. Entrenarse en técnicas y principios de control de contaminación y remoción de contaminantes 9. Calcular los tiempos necesarios de aplicación de los carros de filtración en función de la condición actual de contaminación y el nivel objetivo para poder programar las actividades y evitar caer en frustración

M7C	**Niveles de limpieza ISO 4406**	resultado	NPI=392
Importancia del área			
La definición de los niveles de contaminación sólida para los componentes críticos de la maquinaria de acuerdo con su sensibilidad, criticidad y entorno operacional permite establecer metas congruentes con el programa de control de contaminación. Los niveles de contaminación sólida además ayudan a establecer el factor de ampliación de vida de la maquinaria por su cumplimiento. Define los criterios para acciones de mantenimiento, controla de manera proactiva el ingreso de contaminantes y establece un valor de alerta para contaminación o desgaste presente en la maquinaria. Es uno de los indicadores más proactivos y predictivos que se puedan establecer en un programa de lubricación. Todos los lubricantes nuevos deben definir un nivel de limpieza inicial y debe estar considerado en la hoja de especificaciones genérica, así como los lubricantes en uso. Los niveles de limpieza están en función de la importancia del equipo y su entorno operacional. A mayor criticidad del equipo, más exigente debe ser el nivel de limpieza.			
Estado actual			
Los niveles de limpieza objetivo definidos para establecer en sistemas hidráulicos son de alguna manera exigentes en función de la criticidad de los equipos y sus funciones. Un ISO 16/14/11 es un nivel de limpieza que de conseguirse puede extender la vida de los componentes de los sistemas hidráulicos.			

El resto de los equipos no tiene un objetivo de limpieza y esto es evidente en la condición de ellos. Por lo general el aceite que ingresa a la maquinaria debe tener el mismo nivel de limpieza objetivo del aceite en operación. No se pretende que el aceite nuevo ayude a limpiar al que se encuentra en la máquina, sino que ingrese con el mismo nivel de limpieza. Adicionalmente, los objetivos de limpieza de cada máquina deben estar congruentes con el tipo de sistema, sus componentes y las presiones a las que operan. Actualmente todos los equipos hidráulicos tienen el mismo código objetivo. Con el paso del tiempo, podrá depurarse este objetivo en función de la sensibilidad de los componentes, su sensibilidad y sus presiones de operación. Por su naturaleza y condiciones de operación, los sistemas hidráulicos y compresores deben tener niveles de limpieza más altos (17/15/12) que los de cajas de engranes y reductores (18/16/13). Actualmente no se tiene un seguimiento de los niveles de limpieza de cada equipo y no se tienen establecidas las metas a lograr por el grupo de lubricación. Este elemento es un indicador clave de varias de las actividades de lubricación como es el almacenamiento, manejo y aplicación del lubricante y de la exclusión y remoción de contaminantes. Si no tenemos una meta exigente en los niveles de limpieza de los fluidos en operación, no estaremos logrando realmente los beneficios de la lubricación de excelencia. Es importante que todos los integrantes del equipo de lubricación reciban instrucción específica de los niveles de contaminación sólida ISO 4406, para que puedan participar en su logro y sean partícipes de los beneficios.
Acciones
1. Establecer objetivos de limpieza de acuerdo a la criticidad de los equipos, su requerimiento de confiabilidad, los objetivos de extensión de vida y la sensibilidad de sus componentes a la contaminación y las presiones de operación. 2. Publicar estas metas dentro del grupo de lubricación y operación para que se haga conciencia de que este es nuestro principal indicador de logro de los objetivos de la excelencia en lubricación. 3. Llevar un seguimiento formal de los niveles de limpieza reales contra los

objetivospara poder establecer acciones de mejora y celebrar los logros 4. Entrenamiento en control de contaminación y niveles de limpieza ISO 4406.

M8C	**Indicadores de lubricación**	resultado	NPI=392
Importancia del área			
El proceso de lubricación requiere definir los indicadores que permitan identificar el desempeño de las actividades. Los indicadores pueden variar en diferentes plantas y ajustarse a los indicadores y objetivos del negocio. Algunos de estos indicadores están relacionados con el avance en la implementación, mejoras a los sistemas, educación y entrenamiento, certificaciones, cumplimiento del programa de lubricación, resultados anormales del programa de análisis de lubricante y algunos indicadores más específicos como consumo de lubricantes, cambios de aceite, tiempo medio entre cambios de aceite, etc. Adicionalmente puede medirse el cumplimiento de las rutas y tareas de lubricación, resultados dentro de objetivos en el análisis de aceite, causas de falla corregidas, objetivos de limpieza y humedad cumplidos, etc.			
Estado actual			
Se cuenta con algunos indicadores actualmente, pero se reconoce que se puede mejorar en este sentido. No hay una herramienta que proporcione la información de manera sencilla que pueda ser convertida en el velocímetro del programa. La dificultad se encuentra en la captura manual de los datos y la conversión de ellos en indicadores. Corresponderá a la supervisión de lubricación y a la superintendencia, determinar cuáles son los indicadores que permitan medir adecuadamente las diferentes etapas de este proceso. Un ejemplo de indicadores durante el proceso de reingeniería de la lubricación del área, puede ser llevar seguimiento al avance en la implementación de mejoras para aplicación de la excelencia en lubricación. El porcentaje de equipos con respiradores de alta eficiencia, cantidad de equipos con métodos de inspección no intrusivos, etc.			

En cuanto a la gestión, es importante identificar el cumplimiento del programa de lubricación (programado vs efectuado), cantidad de actividades programadas contra actividades requeridas (Programa vs emergencias), por supuesto que el llevar el control de los consumos de lubricantes, filtros y respiradores es un indicador directo que no puede ser obviado. El registro de consumos de lubricante por equipo y los indicadores relacionados con la disposición permite conocer otros aspectos relacionados con costos o responsabilidad social. Otros indicadores permiten identificar de manera global la efectividad de la estrategia de lubricación. Estos son algunos ejemplos: Paros relacionados con lubricación, tiempo perdido por causas atribuibles a ala lubricación, porcentaje de cumplimiento con los objetivos de limpieza de los equipos, porcentaje de resultados anormales del análisis de aceite con respecto a salud del lubricante, contaminación del lubricante o desgaste de la maquinaria (individualmente y en general), tiempo medio para cambio de aceite, tiempo medio para reparar, disponibilidad, etc. Los relacionados con el personal y la preparación pueden estar medidos por horas de entrenamiento vs horas trabajadas, porcentaje de técnicos certificados vs total de técnicos, etc.
Acciones
1. Definir los indicadores de implementación (porcentaje de avance de modificaciones por tipo) 2. Definir y publicar los indicadores de gestión (cumplimiento del programa, programado vs emergencia, consumo de lubricantes por equipo y general, lubricante dispuesto) 3. Definir los indicadores globales del programa (cumplimiento de objetivos de limpieza porcentaje de resultados de análisis de aceite normales vs anormales, tiempo medio para cambio de aceite, horas de paro por lubricación, número de eventos por lubricación) 4. Definir los indicadores del personal de lubricación (técnicos certificados vs total de técnicos, porcentaje en horas de entrenamiento, rotación de personal)

M9M	Programa de análisis de Lubricante	resultado	NPI=700

Importancia del área

La estrategia de monitoreo de condición mediante el análisis de lubricante entrega su mejor beneficio cuando las pruebas son seleccionadas considerando los modos de falla. Un enfoque principalmente proactivo, complementado por la estrategia predictiva y la frecuencia de pruebas adecuada reportan los mejores resultados. La combinación de pruebas de campo, pruebas de laboratorio, instrumentos en línea y pruebas de excepción permite tomar decisiones y localizar la causa de falla más eficientemente.

El programa de análisis de aceite sirve como un indicador de que tan bien hemos diseñado y ejecutado nuestro proceso de lubricación y además nos proporciona información respecto a la condición de la maquinaria. Para que un programa de monitoreo de condición a través del análisis de aceite cumpla su función, debe proporcionar al profesional de mantenimiento información que le permita tomar decisiones con respecto a cualquier desviación de una condición normal, que lleven al equipo a la normalidad o permitan evitar una falla.

La selección de las pruebas de campo (efectuadas en laboratorios en sitio y externos) dirigidas al modo de falla y pruebas de excepción para localizar problemas, son el denominador común en las empresas de clase mundial. La tecnología ha avanzado de manera importante para incorporar instrumentos en línea que permiten monitorear a muy bajo costo equipos de alta criticidad en varios modos de falla críticos que permiten además tener una mayor sensibilidad en la fase temprana del periodo P-F.

Estado actual

Esencialmente, el análisis de aceite se efectúa para mejorar la calidad en las decisiones de mantenimiento de la máquina y lubricación. Hay tres categorías importantes del análisis de aceite:

1. Análisis de las propiedades de los fluidos (La salud del lubricante) - Esta categoría del análisis de aceite trata de la evaluación de las propiedades físicas, químicas y de los aditivos del aceite.

2. Análisis de contaminación (La contaminación del lubricante) - Los contaminantes son materia externa que se introduce al sistema desde el medio ambiente o es generada internamente. La contaminación compromete la confiabilidad de la máquina y promueve la falla del lubricante. El análisis de aceite asegura que las acciones encaminadas al cumplimiento de la meta de control de contaminación se cumplan.

3. Análisis de partículas de desgaste (El desgaste de la maquinaria) - Cuando los componentes se desgastan, generan partículas. El monitoreo y análisis de las partículas generadas permite a los técnicos detectar y evaluar condiciones anormales para que se puedan hacer e implementar decisiones de mantenimiento efectivas para controlar el desgaste.

El diseño de un programa de análisis de aceite, está basado en la estrategia de "Dos Dimensiones". Esta metodología utiliza el sentido común aplicado a la localización de problemas y a su diagnóstico y solución. Ver la siguiente figura:

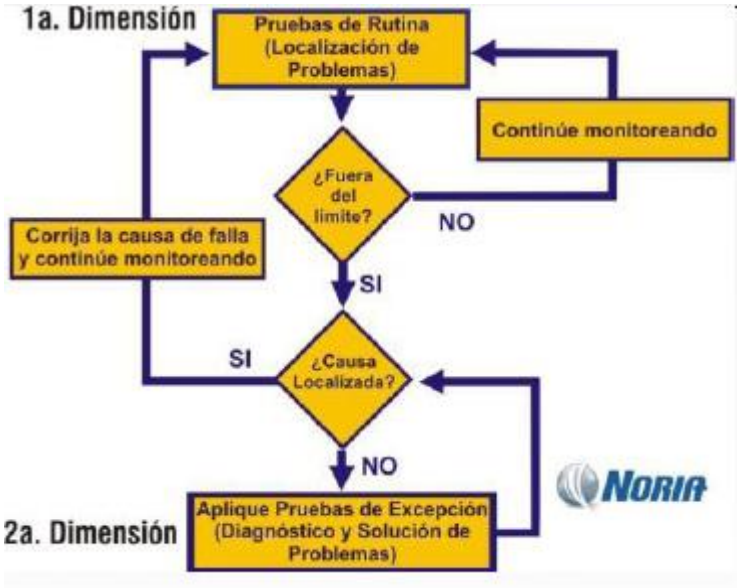


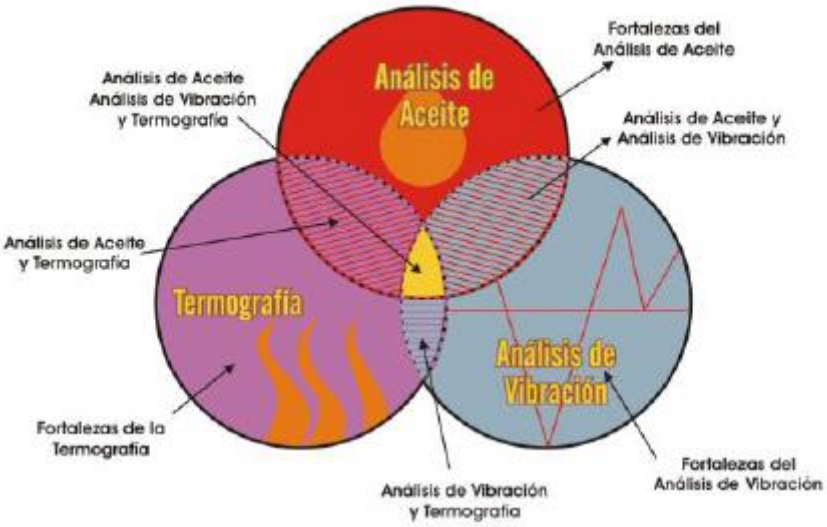
ILUSTRACIÓN 7. ANÁLISIS DE ACEITE

Diagrama de dos dimensiones que define un programa moderno de análisis de aceite

Como su nombre lo indica, las pruebas de rutina son pruebas que han de llevarse a cabo, ya sea en terreno o en un laboratorio externo, sobre una base periódica establecida por la frecuencia de muestreo de rutina. Cuando los resultados obtenidos en estas pruebas se encuentran dentro de los límites establecidos, significa que las

condiciones evaluadas son normales y no hay que efectuar acciones en el lubricante o la maquinaria. Deberá entonces continuarse con el programa de monitoreo establecido. Por otro lado, cuando los resultados de la prueba de rutina se encuentren fuera de los límites establecidos, deberemos identificar la causa de esta desviación. Si la causa es evidente y se ha localizado ya sea por experiencia, inspección o por otras pruebas, entonces procede corregir la causa de falla, identificar si el lubricante puede seguir funcionando o si se requiere aplicar medidas que regresen el equipo/lubricante a la condición normal (filtración, relleno, etc.)

En caso de que la causa de falla no pueda ser localizada con la información actual, será necesario efectuar pruebas adicionales a las que se consideran de rutina; estas pruebas son las denominadas pruebas de excepción y tienen como objetivo identificar la(s) causa(s) de falla, con el objeto de corregirla (s) y, una vez resuelto el problema, continuar con el programa de análisis de rutina. Estas pruebas de rutina no deben ser consideradas únicamente en el dominio del análisis de aceite; en muchas ocasiones deberían ser complementadas con inspecciones y con otras tecnologías que ayuden a identificar las causas con sus fortalezas y a suplir las debilidades de otras tecnologías Ver Figura siguiente:



Se recomienda utilizar una estrategia dual en la que las pruebas de análisis de campo son enfocadas a detectar una posible causa de falla y efectuadas con una

frecuencia alta y la utilización de instrumentación en sitio para los equipos importantes como hidráulicos, cajas de reducción, cojinetes, rodamientos y bombas, mientras que las pruebas de laboratorio son llevadas de manera continua con la frecuencia establecida. De esta manera tenemos la posibilidad de capturar una posible causa de falla en corto tiempo y averiguar con pruebas de excepción y puertos de muestra secundarios su real procedencia, a la vez que podemos monitorear el lubricante, su contaminación y la condición de la maquinaria en su comportamiento con las pruebas de laboratorio. La siguiente figura ayudará a comprender la mejor la técnica sugerida.

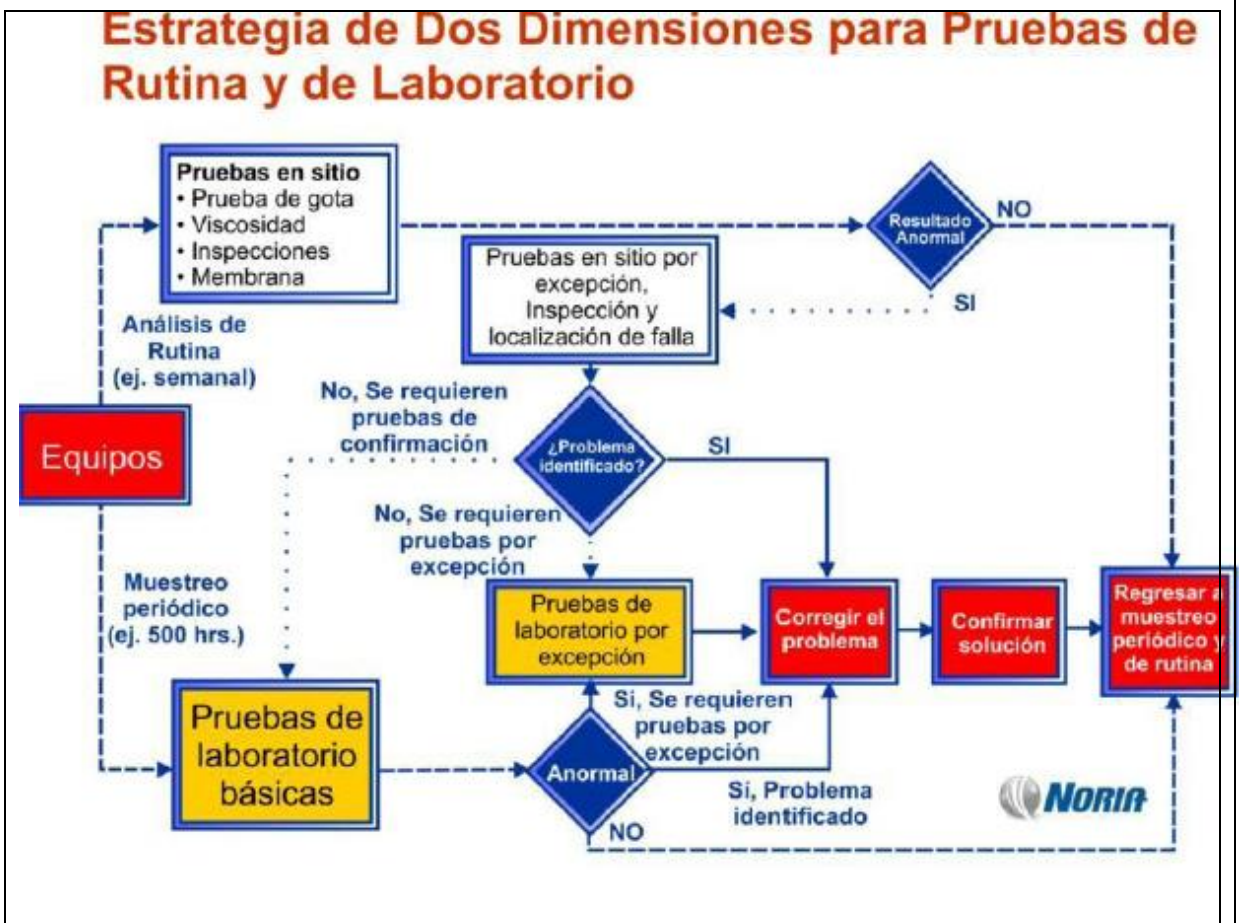


ILUSTRACIÓN 8.ESTRATEGIA COMBINADA DE ANÁLISIS DE ACEITE

Su programa de análisis de aceite está dirigido actualmente al lado predictivo y requiere de mejorar en el lado proactivo y de detección de causa de falla. La

instalación de los dispositivos de muestreo en la localización correcta como se mencionó en el apartado correspondiente de este informe permitirá que la información correcta sea tomada de la máquina y permitirá una interpretación de una situación real del equipo que les lleven a mejores decisiones para mejorar su confiabilidad. Es muy recomendable que en su programa de monitoreo de condición mediante análisis de aceite, Centinela establezca nuevos y mejores criterios de límites y parámetros de las pruebas por aplicación y equipo. Además de establecer un sistema y software de almacenamiento y análisis de su información del análisis de aceite.
Acciones
1. Rediseñar la estrategia de análisis de aceite bajo la estrategia proactiva (dirigida a las causas de falla de la maquinaria) y predictiva (dirigida a los síntomas de la falla) 2. Diseñar las pruebas de análisis de aceite para cada tipo de maquinaria en función de sus modos de falla 3. Definir las frecuencias de análisis en función del periodo P-F del modo de falla crítico más corto. 4. Selección del conjunto de pruebas específico para cada tipo de equipo – Las pruebas seleccionadas deben ser utilizadas como elementos clave para monitorear la salud y la contaminación de los lubricantes. En función del tipo de lubricante se deben adicionar pruebas específicas que permitan diagnosticar adecuadamente. En sistemas hidráulicos, bombas, compresores y engranes el conteo de partículas es una prueba indispensable. En todos los casos será necesario conocer los aditivos metálicos. Diseñar pruebas de primera dimensión del análisis de aceite (pruebas efectuadas en un labora-torio propio) 5. Coordinarse con su proveedor de análisis de lubricante para ajustar las pruebas en función del tipo de equipo bajo el contrato actual. 6. Diseñar el laboratorio de pruebas de terreno que complemente al contador de partículas en la estrategia de pruebas en laboratorio.

7. Entrenamiento para desarrollar capacidades de interpretación de resultados de análisis de aceite propias.

8. Establecimiento de límites individuales para cada tipo de lubricante y equipo de acuerdo a su criticidad y entorno operacional. Los límites que proporcionan los fabricantes de equipos deben ser considerados como una referencia únicamente y ser ajustados internamente conforme madure su programa de excelencia en lubricación y mantenimiento de clase mundial

9. Diseñar guías de interpretación y solución de problemas

10. Creación de una matriz de resultados, límites y acciones que permitan establecer alarmas personalizadas a las condiciones de los equipos, su configuración y entorno. Las acciones deberían igualmente ser definidas en función del conocimiento de la maquinaria y el entorno de aplicación.

11. La interpretación de los resultados es meramente predictiva, es importante que se reciba entrena-miento en la técnica del análisis de aceite para poder determinar mediante esta tecnología las causas de los problemas y evitar que ocurran. Por lo general se recomienda cambiar el aceite, sin atender a la causa del problema. Por ello los problemas son recurrentes.

M10M	**Interpretación de los resultados**	resultado	NPI=196

Importancia del área

Un programa de análisis de lubricante retorna la inversión cuando la información del laboratorio puede ser utilizada para tomar decisiones que eliminen o controlen una causa de falla o permitan evitar una falla severa en la maquinaria que pudiera interrumpir el proceso de producción. La interpretación de los resultados es un proceso conjunto entre los expertos del laboratorio y el área de monitoreo de condición de la planta. La información debe ser administrada en una base de datos electrónica que permita la normalización, creación de gráficos y tendencias y el almacenamiento de los datos y diagnósticos. Los especialistas en interpretación de estos resultados, deben ser certificados en sus capacidades para convertir la información de los resultados del laboratorio en decisiones con respecto a las tres categorías del análisis de aceite.

Estado actual
A pesar de contar con un programa de análisis de aceite a través de un laboratorio externo, los resultados no son interpretados adecuadamente. Cuando consideramos la cantidad invertida en este programa, debemos pensar que la única manera que esta retorne es cuando tomamos decisiones basadas en la información que permiten incrementar la vida de la maquinaria o evitar un daño o paro en la producción. Los informes que pudimos observar se limitan a una interpretación simple por lo general de manera predictiva enfocando hacia el desgaste o condición del aceite a la que le hace falta el criterio de quien conoce el equipo y puede definir acciones realmente que vayan a la causa de falla. El laboratorio externo debe proporcionar una interpretación básica en función de los resultados del análisis de aceite y proporcionar todos los elementos a los administradores de la confiabilidad de los equipos para que puedan proyectar, relacionar y efectuar el diagnóstico y pronóstico. Es recomendable que se desarrolle una estrategia colaborativa entre el grupo de predictivo y los responsables de la operación para que la información sea proporcionada en un marco de control y se establezcan los criterios de ayuda y colaboración. La información de los resultados del análisis de aceite tanto de terreno como de laboratorio deben ser administrados de manera electrónica para identificar el comportamiento de los equipos en función del tiempo y poder tomar decisiones individuales o grupales con respecto a las estrategias de lubricación y mantenimiento. No olvidemos que el análisis de aceite es nuestra principal herramienta de medición de la efectividad de nuestro proceso de lubricación. Los límites de cada una de las pruebas son genéricos y no han sido ajustados a las características y objetivos de Centinela. Es importante que se desarrolle una estrategia de identificación de la línea de base y la determinación de los objetivos en función de cada equipo y su criticidad.

Acciones
1. Coordinar un esquema colaborativo con el laboratorio externo para que el análisis de los datos del resultado del análisis de aceite pueda ser diagnosticado con mayor efectividad y se pueda hacer un buen diagnóstico y pronóstico 2. Aprovechar toda la información del resultado del análisis para identificar oportunidades en la salud del lubricante, la contaminación del mismo y el desgaste de la maquinaria 3. Establecer una matriz de resultados anormales y decisiones de mantenimiento por cada modo de falla en cada tipo de lubricante y máquina. 4. Desarrollar límites individuales para cada equipo y componente en función de su entorno operacional 5. Documentar los hallazgos de la técnica para evaluar su efectividad y retorno de inversión

M11M	**Objetivos y recompensas del programa de lubricación**	resultado	NPI=240
Importancia del área			
Para mantener alineado el proceso de lubricación con las metas de la organización, se deben establecer objetivos y metas específicas. El logro de los objetivos deberá estar ligado a recompensas que permitan la motivación y celebrar los logros. El no cumplimiento de estos objetivos deberá estar ligado al análisis y re-definición de las estrategias para el logro de las metas corporativas.			
Estado actual			
No se cuentan con objetivo definidos relacionados directamente con la lubricación. Estos objetivos pueden estar relacionados con los indicadores, pero con un enfoque de generación de lucro. Generalmente los objetivos están ligados a incrementar la vida de los equipos y a incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Una meta siempre va ligada a una recompensa. Esto compromete y motiva al grupo al logro de estos objetivos. Por ello es importante que la medición sea efectiva y el compromiso evidente. Algunos objetivos posibles para el departamento son:			

Disminución en XX horas los paros de maquinaria relacionados con lubricación. Máximo de XX eventos de paro relacionado con lubricación, Incremento del tiempo medio entre fallas de los reductores en un XX%. Es importante que al seleccionar los objetivos no se caiga en el vicio de exigir una mejora sobre la mejora. Algunos objetivos no pueden ser ajustados permanentemente, sino que llegan a un óptimo que en caso de forzar una reducción unilateral pudieran ocasionar un perjuicio a mediano o largo plazo. Tal es el caso de los consumos de lubricantes o la cantidad de cambios de aceite por año. Si se logra una reducción en un periodo dado, es peligroso exigir que este valor continúe disminuyendo constantemente, ya que puede provocar que con tal de cumplir con los objetivos se exceda la capacidad de protección de los mismos con el daño a los componentes de la maquinaria.
Acciones
1. Definir al menos tres objetivos del área de lubricación de Minera Centinela y establecer las recompensas al grupo en caso de lograrlos 2. Definir los indicadores específicos y primarios del objetivo 3. Definir la frecuencia de medición de los indicadores del objetivo 4. Definir la fecha de pago de las recompensas por el logro de los objetivos.

M12I	**Actualización y mejora continua**	resultado	NPI=196
Importancia del área			
La tecnología de la lubricación está en constante evolución. Es importante que los procesos de lubricación incorporen estrategias de actualización para el personal, la incorporación de nuevas tecnologías en lubricantes, dispositivos, herramientas de monitoreo, instrumentación en línea y tecnologías de administración de la información. El personal de nuevo ingreso deberá estar inmerso en este proceso también. Efectuar las mejo-ras en el programa para incorporar mejores prácticas, uso de tecnología y estrategias, permitirá mantener la visión entre los mejores en su clase.			
Estado actual			
Es normal que la mejora continua esté aún en etapa básica. Es necesario que varios			

de los elementos estén implementados para conseguir mejorarlos y optimizar la estrategia del programa. Conforme avance la implementación, tendrán oportunidad de analizar la gestión, ajustar las metas y buscar acciones proactivas que ayuden a mantener el programa bajo una visión de excelencia y mejora continua.
Acciones
1. Documentar los beneficios del programa desde la implementación con un enfoque práctico y eco-nómico

ETAPA (D) DISPOSICIÓN DE ACUERDO A LAS NORMAS MEDIO AMBIENTALES

D1B	**Área para lubricantes usados y desperdicios contaminados con lubricante**	resultado	NPI=240
Importancia del área			
Diseñar y construir un área de almacenamiento temporal para los lubricantes usados y materiales contaminados con ellos es parte de la responsabilidad y cuidado al medio ambiente. Esta área debe cumplir con lineamientos mínimos que pueden ser complementados por las regulaciones oficiales.			
Estado actual			
El manejo del aceite usado es una responsabilidad seria. Centinela cuenta con sistemas que previenen la contaminación y además establece procedimientos de manejo y disposición de aceite usado y residuos peligrosos. Se cuenta con un área acondicionada para el almacenamiento temporal de lubricantes usados y desperdicios contaminados con lubricante. Se ha designado un espacio a los lubricantes usados, los			

cuales son rotulados y separados correctamente. Los lubricantes son recolectados por una empresa especializada que los conduce a su disposición final de acuerdo a la ley. El área puede ser mejorada evitando que el agua de la lluvia ingrese al almacén. De esta manera se evita que esa agua contamine con los demás residuos y tenga que ser tratada como residuo peligroso también. Se cuenta con los dispositivos de control de derrames y foso interior que impide que estos residuos se vayan al medio ambiente.

Los lubricantes ocasionan importantes daños a nuestro entorno en caso de no ser dispuestos adecuadamente. Centinela cumple adecuadamente con este principio al enviar sus lubricantes usados a un centro autorizado de disposición ambiental de manera que no impacten el medio ambiente. De cualquier manera, es importante que la planta haga sus propios esfuerzos para aplicar los principios de reducción del impacto al medio ambiente, aplicando principios proactivos. Use la norma básica de las tres "R" promovida ampliamente por las organizaciones ambientales: **R**educir, **R**e-usar y **R**eciclar.

Reducir – Lo mejor que podemos hacer por nuestro planeta es reducir el consumo de productos no renovables que además dañan el entorno. Consumir menos lubricantes, haciendo que duren más tiempo, disminuye el costo y además el desecho de lubricantes usados al medio ambiente. Usar lubricantes de alto desempeño, con mayor resistencia a la oxidación, puede ayudar a implementar un programa de "Cambios de Aceite Extendidos". Un programa de análisis de aceite bien definido es de gran ayuda en este sentido para establecer el Tiempo Óptimo de Cambio de Aceite (TOCA), para cada equipo en función de sus condiciones de operación y estado de los equipos. Otra forma de reducir, es utilizar lubricantes sintéticos. Es conocido que estos productos pueden desempeñarse adecuadamente bajo condiciones de operación extremas y además su gran capacidad para soportar la oxidación, permitiendo una vida larga en servicio. Cada vez son más utilizados sistemas de filtración de alta eficiencia en la maquinaria para remover partículas, agua, contaminantes líquidos y otros contaminantes. Estas estrategias han demostrado la capacidad de ampliar la vida de los lubricantes y la de los componentes de la maquinaria de manera importante.

Re-Usar – Los lubricantes pueden ser limpiados para que puedan ser vueltos a poner a

trabajar en la maquinaria cuando sus propiedades físicas y de desempeño se conservan intactas. En muchos casos los lubricantes son utilizados en aplicaciones menos severas o convertidos en combustibles para aprovechar su potencial energético y calorífico. Reciclar (para el caso de los lubricantes Re-Refinar) – Los lubricantes usados deberían ser recolectados adecuadamente (separados de otros tipos y contaminantes) para poder ser “Refinados” adecuadamente y convertidos en básicos lubricantes que puedan ser reformulados nuevamente bajo un proceso serio y profesional.
Acciones
1. Mantener la disciplina en este tema y continuar en la conciencia al personal de la importancia de disminuir el impacto de los lubricantes a nuestro medio ambiente 2. Fomentar la práctica de las 3R de Reducir la generación de desperdicios de hidrocarburos, Re-usar los productos no renovables y Reciclarlos cuando sea posible. Una generación razonada y consciente de estos desperdicios ayudará a disminuir el impacto al medio ambiente 3. Provocar la investigación y lectura de los efectos de los lubricantes en el medio ambiente como parte de la preparación cultural y profesional de los técnicos en lubricación 4. Evitar que el agua de lluvia ingrese al almacén de productos peligrosos, mediante la instalación de una rejilla pluvial en la entrada.

D2G	**Administración de desperdicios relacionados con lubricantes**	Resultado	NPI=700
Importancia del área			
El destino que se les dé a los materiales contaminados con lubricantes usados es también una decisión importante. Los productos contaminados con lubricantes usados pueden afectar seriamente el medio ambiente, pero a la vez, no deben ser considerados como un desecho, sino materia prima para otros procesos. Se debe seleccionar el destino que además de cumplir con las obligaciones gubernamentales			

tenga el menor impacto al medio ambiente.
Estado actual
La cultura de separación no se cumple ya que se cuenta con depósitos especiales para este efecto. Los desperdicios contaminados con lubricantes son dispuestos conforme a las leyes chilenas y el compromiso de Centinela con el medio ambiente. Los filtros de aceite son depositados en los contenedores indicados, sin embargo, contienen una alta cantidad de aceite que puede ser recuperado y llevado a los contenedores. El uso de prensas de filtros permitirá extraer ese aceite de los filtros y depositarlo en los contenedores adecuados. Una vez que el filtro no tiene aceite puede ser colocado en los contenedores de chatarra y evitarse el costo de disposición a la vez que se recupera el valor del metal.
Acciones
1. Mantener la disciplina y retroalimentación a los técnicos de la importancia de la separación de los desperdicios y en especial de minimizar la generación de estos. 2. Crear consciencia de que lo importante no es disponer adecuadamente estos desperdicios, sino minimizar su generación. 3. Adquirir o fabricar una prensa de filtros para recuperar el aceite. 4. Disminuir la generación de materiales de limpieza de lubricantes, evitando los derrames y siendo conscientes del uso de trapo y toallas de limpieza.

D3C	**Fugas y derrames**	resultado	NPI=144
Importancia del área			
Las fugas y derrames de lubricantes además de ser un peligro a la seguridad y el ambiente cuestan dinero y afectan la apariencia de las plantas. Un programa de control de fugas proactivo y preventivo debe ser implementado siempre para minimizar su ocurrencia. La planta debe estar equipada con materiales y elementos de control de fugas que permitan aislar rápidamente el problema y minimizar su impacto en todos los sentidos.			

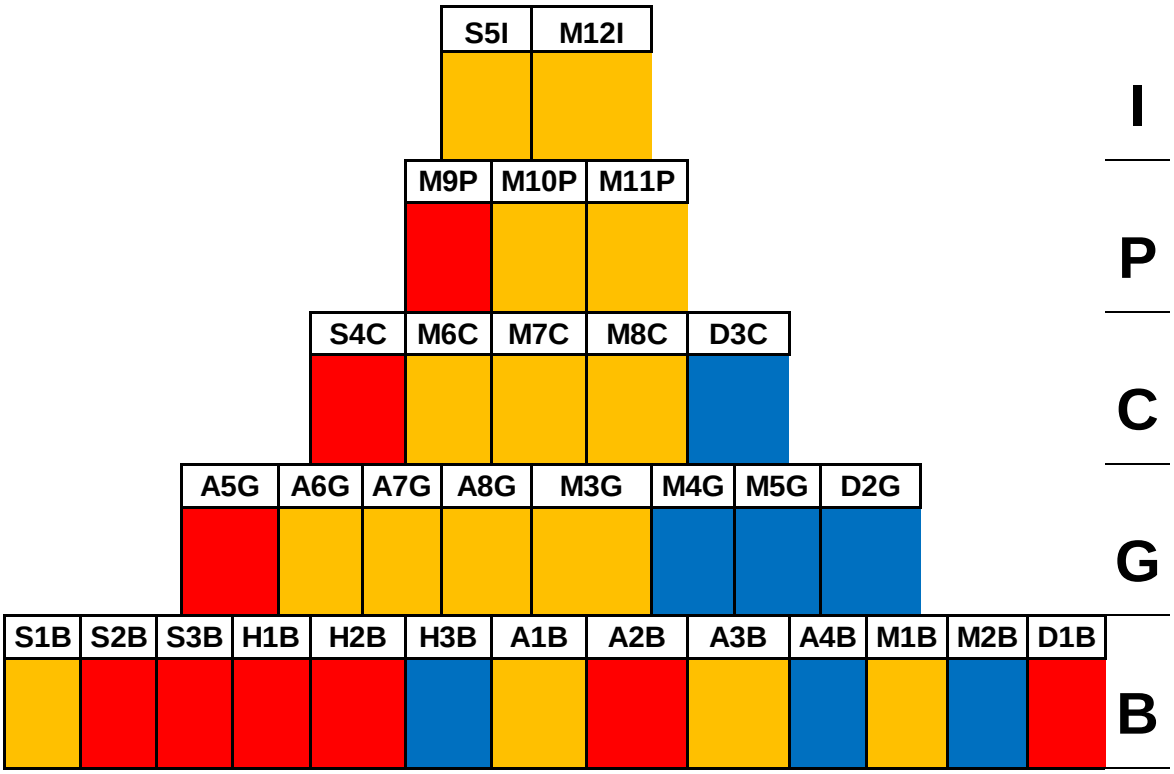
Estado actual
La utilización de elementos de control de presión y expansión en reductores mejorará sustancialmente la vida de los retenedores de aceite de estos sistemas y las fugas serán menores. El programa de eliminación de fugas en sistemas hidráulicos está ya en funcionamiento y los resultados son evidentes en la disminución del consumo de lubricantes. Este no es el único beneficio. El medio ambiente y la planta de tratamiento de aguas se benefician también. Fueron localizadas algunas fugas menores en algunos equipos, las cuales deberán ser identificadas y programadas para su reparación en paros próximos. Se cuenta en todos los pañoles con materiales especiales para su contención en caso de emergencia y en algunos casos se improvisan elementos de recolección de estos fluidos para evitar el derrame y los riesgos de seguridad y ecología relacionados. En general este elemento está en camino a su implementación. Lo más importante no es recolectar la fuga, sino evitar que esta se presente.
Acciones
1. Establecer una estrategia de informe y programación inmediata de las fugas en la maquinaria. 2. Reforzar la conciencia de los técnicos en lubricación de la importancia de la detección y solución de las fugas. 3. Llevar indicadores de cantidad de fugas localizadas por mes y establecer objetivos de disminución y eliminación.

MEDICIÓN DEL RE-DISEÑO A TRAVÉS DE LA PIRÁMIDE "LUBCOACH"

Después de realizar el rediseño se logrará avanzar en el grado de madurez de los elementos básicos de la pirámide, mostrando varias oportunidades en donde realizar mejora para seguir avanzando hacia la excelencia en lubricación.

La siguiente imagen muestra la evolución de la pirámide "lubcoach"

Antes de "Lubcoach"



PROCESO DE SELECCIÓN DE LUBRICANTES

El proceso de selección de lubricante es el elemento base para un buen plan de lubricación. Hay que tener en consideración el grado ISO o NGLI al momento de seleccionar un aceite o una grasa.

Para la selección del lubricante se utilizan los siguientes factores:

- **Empleo o uso de catálogos del fabricante del equipo**.
- **Uniformidad de marcas.**
- **Condiciones de operación de los equipos.**
- **Factores varios.**

El anexo 1 es una tabla Excel que identifica las tareas de lubricación de los equipos pertenecientes a Centinela, el lubricante, la frecuencia y cantidad, recomendados por fabricantes de los equipos.

ESTANDARIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LUBRICANTES.

La identificación técnica de los lubricantes es un elemento importante para consolidar el lubricante y seleccionar una cantidad mínima de proveedores.

Los estándares genéricos están ligados con el Sistema de Identificación de Lubricantes (LIS)

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE LUBRICANTES (LIS)

Se debe identificar los lubricantes utilizando los principios de la ISO 6743, que clasifica los aceites en familias de acuerdo a sus aplicaciones y características físico-químicas. Además, el código SAP el cual está inserto en la etiqueta

El anexo 2 identifica los lubricantes recomendados a utilizar en Centinela Sulfuros.

RUTA DE LUBRICACIÓN.

Se deben planificar rutas semanales, utilizando como criterio un estudio realizado a los equipos de la planta, que los clasifica en tres niveles según el grado en que estos afecten al proceso.

DISEÑO DE LAS TAREAS DE LUBRICACIÓN:

Las tareas de lubricación se deben realizar de una forma segura y ergonómica. Se consideraron todas las tareas que tienen relación con la inspección de la lubricación, cambio de aceites, relleno de nivel, cambio de filtro, toma de muestras. Las tareas de lubricación están consideradas en la ruta de lubricación

CONTROL DE CALIDAD.

El proveedor de aceite Shell ofrece análisis de aceite cuando estos están en funcionamiento dentro de algún equipo, con el fin de realizar una mantención proactiva a través de estos análisis.

Se solicitará hacer el mismo análisis a lubricantes nuevos cuando son adquiridos con el fin de asegurar que estos cumplan con sus características físico-químicas.

RESULTADOS DEL REDISEÑO

Según los criterios adoptados en los factores de rediseño para cada uno de los 31 puntos de la pirámide "Lubcoach" se pueden determinar muchos factores de mejora nombrados en las tablas anteriores, si se siguen esos pasos, se podrá poner en marcha la mejora del programa completo, siempre respetando los factores de mayor importancia (puntajes más bajos) y comprometiendo al personal en todas estas actividades.

CAPITULO 3

EVALUACIÓN ECONÓMICA

COSTOS ACTUALES ($)

En la siguiente tabla, se muestran los costos más representativos de las fallas que se han provocado directamente en la planta concentradora de minera centinela, durante el año 2017, dentro de estas se encuentran perdidas asociadas al área de lubricación de la planta, agua en el aceite en espesador de relaves y contaminación de aceite en molino Sag, los cuales sumaron 176.460 toneladas, lo que se traduce prácticamente en dos días completos de inactividad de la planta, lo cual significan perdidas por us $8.000.000 aproximadamente, esos costos específicos y otros más asociados a diario, están afectando directamente la rentabilidad del proceso de producción de cobre.

RESTRICCIONES PLANTA AÑO 2017

TODOS	(Todas)
Tipo1	(Varios elementos)
Area	(Varios elementos)
Tipo2	(Varios elementos)
Equipo	(Todas)

Suma de Ton. Perdido	Mes										
Motivos Externos	ago17	ene17	feb17	mar17	abr17	may17	jun17	jul17	sep17	oct17	Total general
Alta corriente y potencia por dureza mineral	49.964	20.898	4.120	63.133	23.031	14.534	6.727	92.480	43.326	174.907	493.120
Alta corriente y potencia por granulometria		6.292	125.248		18.330	690	49.809		1.100		201.468
Agua en aceite lubricacion espesador relaves	64.652							46.800	7.509		118.961
Bajo nivel Stock inchancable Chanc. Primario	10.589			7.126	36.773		14.395	3.617			72.501
Bajo Nivel Stock por falta de mineral desde mina	16.853	2.610			1.523	2.945		3.028	7.561	25.966	60.485
contaminacion aceite lubricante molino sag				13.650	20.980		22.869				57.499
Bajo Nivel Stock Por atollo chanc primario	7.218					6.982			1.568	7.475	23.243
Falla transformador por activación red contraincendio MB2							16.092				16.092
Corte Energía		5.395		5.980							11.375
Corte Energia en Mina	5.709		3.705								9.414
Bajo nivel Stock por espera de camiones				2.766				3.816			6.582
Cambio de hora	4.425										4.425
Falla EDAC				3.835							3.835
Filtración ducto descarga Bba 313-PP-004	3.478										3.478

Resumen_mes | Ingresos de datos | Externas | Mantenimiento | Operaciones | Externas (2)

TABLA 4. RESTRICCIONES ASOCIADAS A LUBRICACIÓN

Gasto y Costos Planta

FY 2016

CENTINELA
ANTOFAGASTA MINERALS

	KUS$				US$/Ton				¢US$/lb		
	REAL	PPTO	Δ	%	REAL	PPTO	Δ		REAL	PPTO	Δ	
Administración Planta	40.430	29.382	11.047	37,6%	1,20	0,79	0,41		10,16	7,24	2,93	
Metalurgia Operativa	3.061	4.646	(1.585)	(34,1%)	0,09	0,13	(0,03)		0,77	1,14	(0,37)	
Planta Concentradora	217.751	249.444	(31.693)	(12,7%)	6,46	6,73	(0,27)		54,74	61,43	(6,69)	
Relaves y Depósitos	17.558	24.175	(6.618)	(27,4%)	0,52	0,65	(0,13)		4,41	5,95	(1,54)	
Talleres Mantención	957	1.129	(172)	(15,2%)	0,03	0,03	(0,00)		0,24	0,28	(0,04)	
TOTALES	279.756	308.776	(29.020)	(9,4%)	8,30	8,34	(0,04)		70,33	76,04	(5,71)	

	KUS$				US$/Ton				¢US$/lb		
	REAL	PPTO	Δ	%	REAL	PPTO	Δ		REAL	PPTO	Δ	
Mantenimiento	123.147	113.663	9.484	8,3%	3,65	3,07	0,59		30,96	27,99	2,97	
Operación	156.609	195.113	(38.504)	(19,7%)	4,65	5,27	(0,62)		39,37	48,05	(8,68)	

TABLA 5. GASTOS Y COSTOS PLANTA

ESTIMACION DE COSTO ACTUAL DE LAS PRACTICAS DE LUBRICACION				
Minera Centinela **Sierra Gorda** **Sergio Ulloa**			Fecha del estimado	26-nov-18
Escenario				
Optimista	Real	Pesimista	Comentarios para el llenado	
$113.663.000	$123.147.000	$150.000.000	Incluya: costo de partes, mano de obra, supervisión, gastos de administración, seguros, riesgos, incidentes, etc.	
$617.552.000	$559.512.000	$700.000.000	Valor de producción perdida por tiempos de paro programado, paros NO programados, costo por producto defectuoso, costos de energía, costos por exceso de inventario, costos por riesgos o penalizaciones.	
40%	50%	60%	Valor de la producción que es afectada directamente por paros de la maquinaria relacionados con desgaste o falla de componentes mecánicos.	
	$402.903.000,00			
20%	30%	40%	Excluya las acciones de mantenimiento preventivo, inspecciones, etc. Incluya la inspección/predictivo, trabajo derivado de las inspecciones y predictivo, seguimiento, reparaciones y reemplazo de partes programado.	
	$120.870.900,00			
40%	50%	60%	Desgaste ocasionado por: abrasión, fatiga, adhesión, cavitación, corrosión, etc. Excluya las fallas por operación, eléctricas,	
	$60.435.450,00			
30%	40%	50%	Lubricante inadecuado o mal seleccionado, exceso o falta de lubricación, lubricante contaminado con agua, partículas, espuma, mezcla de lubricantes, cambios de aceite excedidos, etc.	
	$24.174.180,00			
90%	80%	70%	Considere que el 80% de las causas de falla de la maquinaria son derivadas de una ejecución inadecuada del proceso de lubricación. Un programa bien diseñado y ejecutado puede eliminar la mayoría de	
	$19.339.344,00			
5%	5%	10%	Incluya costo de los lubricantes, filtros, repuestos, mano de obra, supervisión, gastos administrativos, etc.	
	$6.157.350,00			

30%	40%	50%	Incluya todas las tareas que considere que son efectuadas con una frecuencia mayor a la necesaria, desperdicio de inspecciones, cambios de aceite demasiado cercanos, exceso de engrase o inspecciones, muestras de aceite que no son analizadas o interpretadas, cambios de filtro por tiempo que no han cumplido con su periodo de vida,
	$2.462.940,00		
$9.495.715	$21.802.284	$55.380.000	
Low Case	Likely Case	High Case	
		$28.892.666	Average

TABLA 6. ESTIMACIÓN DE COSTOS ACTUALES PROCESO LUBRICACIÓN

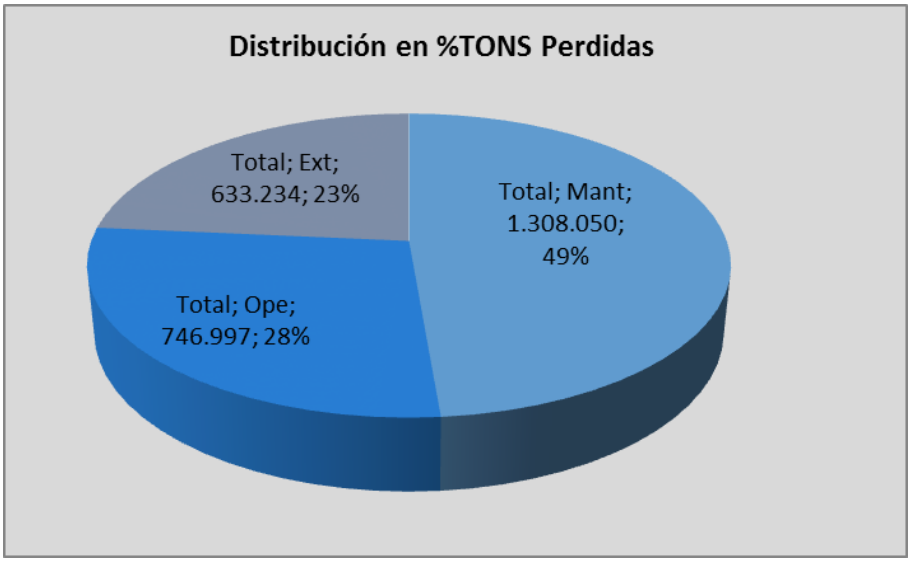


ILUSTRACIÓN 9. GRÁFICA PÉRDIDA TONELAJE

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Análisis Financiero de Beneficios de implementación de la Excelencia en Lubricación						
Seleccione el escenario de evaluación	Likely Case					
Año	0	1	2	3	4	5
Beneficios del Programa	$0	$10.901.142	$16.351.713	$21.802.284	$21.802.284	$21.802.284
Costos del Programa						
Diagnóstico	$15.000	$0	$0	$0	$0	$0
Diseño del proceso de lubricación	$150.000	$0	$0	$0	$0	$0
Entrenamiento y Educación	$30.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000
Consultoría continua de soporte del programa	$0	$12.000	$20.000	$12.000	$12.000	$20.000
Modificaciones a la maquinaria	$700.000	$0	$0	$0	$0	$0
Equipo e instalaciones	$150.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$0
Costo de instalación	$100.000	$0	$0	$0	$0	$0
Repuestos y consumibles (CONTINUO)		$100.000	$100.000	$100.000	$100.000	$100.000
Costos Totales	$1.145.000	$134.000	$142.000	$134.000	$134.000	$132.000
Flujo de efectivo neto	-$1.145.000	$10.767.142	$16.209.713	$21.668.284	$21.668.284	$21.670.284
SELECCIONE la Tasa de descuento	15%					
Factor de descuento	100%	87%	76%	66%	57%	50%
Flujo de efectivo descontado	-$1.145.000	$9.362.732	$12.256.872	$14.247.248	$12.388.912	$10.773.961
Resumen de análisis de inversión						
Valor neto presente a 5 años (VNP)	$57.884.725					
Tasa Interna de Retorno (TIR)	988%					

TABLA 7. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

RESULTADOS DE LA JUSTIFICACION ECONÓMICA

Como se aprecia en la tabla anterior, si bien es cierto el costo inicial es elevado, sobre un millón de dólares, al tercer de implementado el programa se evidenciará una mejora considerable en cuanto a costos en la compañía, en lo que tiene que ver con la lubricación, esto principalmente se verá en la madurez profesional del personal que a esas alturas ya tendrá un plus distinto de acuerdo al modelo que incluyen las capacitaciones y los nuevos protocolos de trabajo.

Por otro lado, se verán directamente afectados de forma favorable maquinarias y componentes con sus respectivos elementos de lubricación nuevos, incluyendo nuevas prácticas de lubricación y estandarización de lubricantes con el fin de tener ahorros considerables en lo que respecta a energía eléctrica.

CONCLUSIONES

Se logró evaluar y diagnosticar las acondiciones en que se está desarrollando el proceso de lubricación dentro de Minera Centinela, lo que está lejos de ser un aporte al mantenimiento de la planta porque contiene muchas deficiencias.

Se establecieron los 31 pasos para conformar la pirámide "Lubcoach" la que permite evaluar y a la vez ser línea base de las mejoras que se establecerán a futuro, estos puntos son muy importantes pues marcan la dirección a donde queremos llegar.

El personal del área de lubricación de minera centinela, tiene que estar certificado en los fundamentos de lubricación y en los métodos de aplicación de lubricantes para cada uno de los equipos con los que trabaja en faena, éste es sin dudas uno de los puntos más importantes que se debe atacar pues con estas certificaciones y capacitaciones el personal tomara la importancia que tiene realizar un trabajo de calidad y como su trabajo pasa a tomar vital importancia en la producción de la planta.

Se hace necesario implementar un nuevo proceso de lubricación para la planta, pues con los actuales métodos se está muy por debajo de la excelencia en lubricación, lo que nos acarrea un sinnúmero de inconvenientes, fallas en los equipos y a la vez podría traducirse en temas de seguridad a las personas.

El costo de esta implementación se vería pagado al tercer año de su consolidación y traería ventajas considerables al actual proceso, pues mejoraría cada una de las aristas que conforman este proceso, lo cual nos acercaría cada vez mas a la excelencia en lubricación.

BIBLIOGRAFÍA

SHELL Chile "Lubricantes y Lubricación", Manual de Gerencia y Soporte Técnico, 1999.

Noria MX. "Lubricación de la maquinaria MLT1-Mlt2" México 2005

SHELL Chile "Lubricación Industrial", Manual de Gerencia y Soporte Técnico, 2001.

Documento de apoyo a la gestión de mantenimiento, para la selección y aplicación de lubricantes memoria del Ingeniero Juan José Díaz Sepúlveda Valdivia – chile 2006

Catálogo General SKF Publicación 6000/I E. Junio 2008.
Apuntes de sistema de identificación lubricantes, NORIA 2006

LINKOGRAFÍA

[10]: www.noria.mx