CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor

Módulo 2: “Mantención sistemas de lubricación”.

PFMME-3-02/V.1-[PE01-M02/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.
Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento **7**
Módulo II: Mantenimiento de sistemas de Lubricación **8**
1. Fundamentos y Funcionamiento del Sistema de Lubricación **9**
1.1 Fricción y sus consecuencias 9
1.2 Tipos de Lubricante s 12
1.3 Clasificación y características de los lubricantes 16
1.4 Bases del lubricante 17
1.5 Composición de los aceites lubricantes 18
1.6 Función de los lubricantes 18
1.7 Aditivos para lubricantes 24
1.8 Degradación de los aceites y aditivos 27
1.9 Aceites recomendados para Sistemas Hidráulicos 35
1.10 Principios y criterios de selección de los lubricantes 36
1.11 La contaminación el enemigo silencioso Contaminantes 37
2. Tipos de Sistemas de Lubricación **40**
2.1 Sistemas de lubricación (salpicaduras, lubricación por llovizna, por niebla, por goteo, etc.) 40
3. Concentraciones anormales de elementos y sus efectos en los Sistemas de Lubricación **45**
3.1 Tipo de contaminantes de los lubricantes 45
3.2 Obtención de la muestra 48
3.3 Variación de viscosidad 49
3.4 Métodos de reconocimientos de estado de lubricantes a través de los sentidos 50
3.5 Interpretación de informe de análisis de aceite 51
4. Mantenimiento preventivo del Sistema de Lubricación Centralizado **58**
4.1 Mantenimiento del Sistema de Lubricación Centralizado 58
4.2 Sistemas eléctricos de control del sistema de engrase centralizado 64
4.3 Inspección del sistema de lubricación centralizado 65
Actividad N° 3 67
Actividad N° 4 70
Actividad N° 5 74
Actividad N° 6 78

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Mantenedor Mecánico Avanzado Equipos Fijos.

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se indican a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo, el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los objetivos planteados para la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido, favoreciendo también el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto de las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas correctas. La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75% de aciertos.

Módulo II: Mantenimiento de sistemas de Lubricación

1. Fundamentos y Funcionamiento del Sistema de Lubricación

Introducción

Actualmente no existe en el mundo maquina alguna por sencilla que sea no requiera lubricación, ya que con esta se mejora tanto el funcionamiento, como la vida útil de los equipos y máquina. No importa que tan lisa se pueda sentir o ver la superficie de un metal, si observamos una imagen ampliada de la misma, veríamos crestas y valles, y en algunos casos las orillas muy irregulares cuando tratamos de mover una superficie contra otra, estas irregularidades producen una resistencia a la que llamamos: Rozamiento, fricción, calor y desgaste ¿Qué hacer? Lubricar.

Lubricar: “Hacer más suave o deslizante, aplicar o actuar como lubricante"

Lubricante: "Sustancia capaz de reducir el rozamiento, fricción, calor y desgaste cuando se introduce como una película entre superficies sólidas"

1.1 Fricción y sus consecuencias

Definición

La fricción es una fuerza de contacto que actúa para oponerse al movimiento deslizante entre superficies. Actúa paralela a la superficie y opuesta al sentido del deslizamiento. La fuerza de fricción también se le conoce como fuerza de rozamiento.

La fricción ocurre cuando dos objetos tienden a deslizarse o se deslizan entre sí. Cuando un cuerpo se mueve sobre una superficie o a través de un medio viscoso, como el aire o el agua, hay una resistencia al movimiento debido a que el cuerpo interactúa con sus alrededores. Dicha resistencia recibe también el nombre de fricción. Podemos observar el siguiente ejemplo:

Figura 1
Fricción entre dos cuerpos

Consecuencias de la fricción

La fricción que ocurre entre 2 superficies que están en movimiento relativo genera desgaste por las asperezas que entran en contacto y a su vez producen un incremento considerable en la temperatura. El desgaste producido se refleja como pequeñas partículas metálicas desprendidas que a su vez generan un desgaste mayor, modificando las tolerancias de los elementos de la máquina. Lo anterior se traduce en ruido, deterioro de los equipos, gastos de mantenimiento y reducción en la producción.

Tipos de fricción

La superficie de metal más cuidadosamente acabada no es completamente plana, sino que está cubierta de irregularidades microscópicas, protuberancias y depresiones como se muestra en el Dibujo

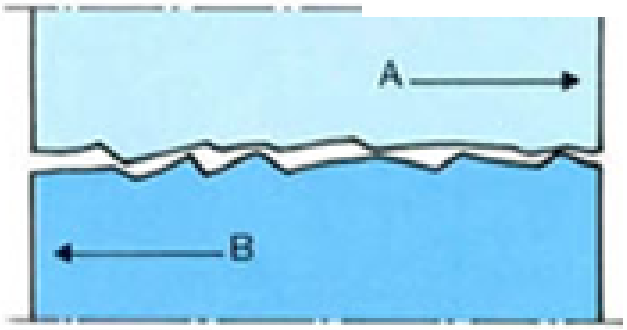


Figura 2
Amplificación de superficies acabadas

Estas irregularidades tienden a trabarse y resistirse al movimiento de deslizamiento. La fricción es la tendencia a resistirse al movimiento cuando las superficies están en contacto en la medida que se mueven.

Bajo carga, la fricción aumenta. La fricción entre superficies en movimiento se agrupa en tres grupos principales:

- De deslizamiento,
- Rodante y
- Fricción de fluido.

Fricción de Deslizamiento

La fricción de deslizamiento ocurre cuando dos superficies se deslizan una contra la otra, como en rodamientos de fricción (descanso) o pistones que se deslizan en un cilindro. En la fricción de deslizamiento, la presión de contacto cubre una gran área. Esto significa que la presión por pulgada cuadrada es comparativamente leve.

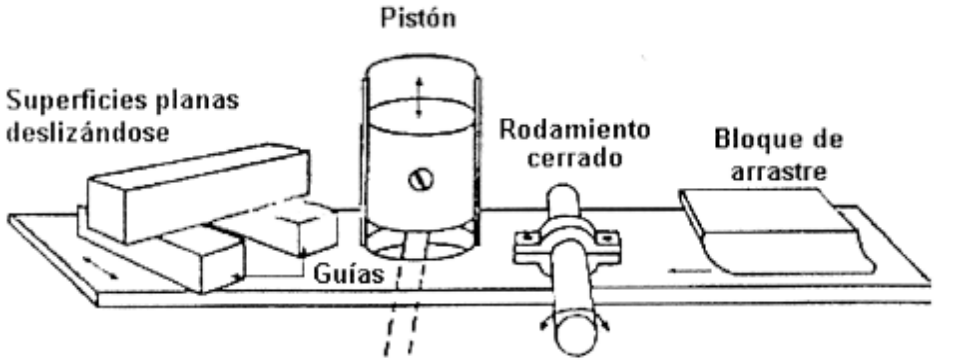


Figura 3
Fricción de Deslizamiento

Fricción Rodante: La fricción rodante ocurre cuando un cuerpo cilíndrico o esférico rueda sobre una superficie.

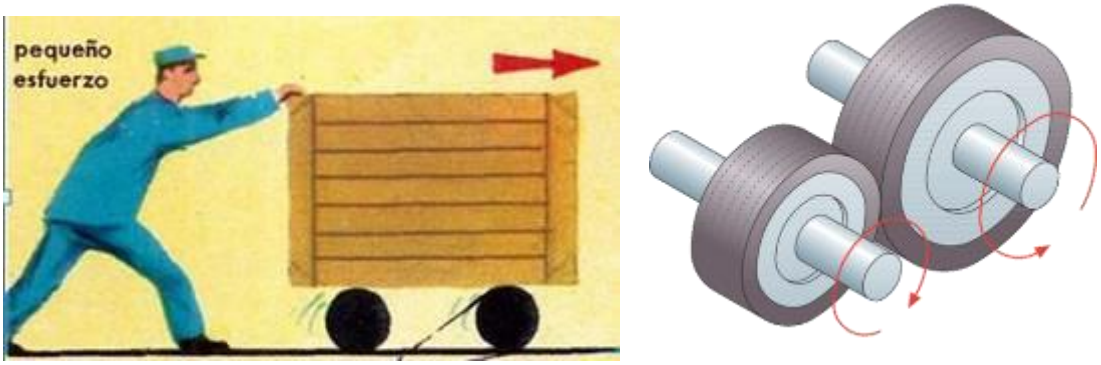


Figura 4
Tipos de fricción rodante

En los rodamientos anti-fricción de bola y de polín, el área de contacto es bastante pequeña, resultando en una alta presión de carga. También hay una pequeña cantidad de fricción deslizante entre la bola o polín y los separadores.

Las bolas y polines en los rodamientos anti-fricción se deforman levemente bajo presión, similar a lo que ocurre con un neumático bajo el peso de un automóvil. Esto aumenta la fricción deslizante entre los elementos rodantes y otros. Los separadores usados en rodamientos anti-fricción también contribuyen una pequeña cantidad de fricción deslizante a la operación.

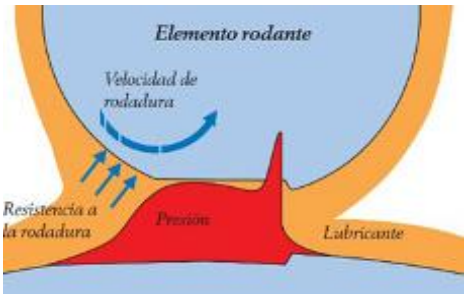


Figura 5
Fricción de fluidos

La lubricación es una forma de reducir algunos efectos de la fricción. Cuando se aplica aceite lubricante a dos superficies en contacto, se forma una capa de aceite que llena las depresiones y cubre las protuberancias en ambas superficies.

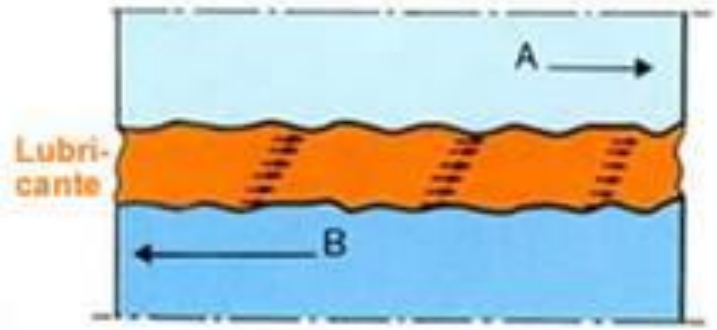


Figura 6
Superficies magnificadas con una capa de aceite entre ellas

Puesto que no hay un contacto de metal a metal, el deslizamiento sucede entre las capas de aceite dentro de la película. Esto se llama "fricción de fluido".

La lubricación es la reducción de fricción a un mínimo por medio del reemplazo de fricción en seco por fricción de fluido (líquida).

1.2 Tipos de Lubricante s

Para mantener las superficies separadas se utilizan gases, líquidos, semisólidos y sólidos.

Gases: Cuando se inyectan a **presión**, se utilizan para lubricar elementos que requieren de movimientos muy precisos como ejemplo:

- En los soportes que permiten el movimiento de rotación de los grandes telescopios.

Cuando colocamos una gota de **agua** sobre una superficie muy caliente, observamos como esta se desplaza con mucha facilidad como si estuviera flotando. Lo que ocurre en este caso es que la parte inferior de la gota que está en contacto con la superficie se evapora, por lo que la gota no entra en contacto con esta y " flota" sobre un colchón de vapor.

Líquidos

Los líquidos son el tipo de lubricante de uso más común, por sus características físicas, ya que por ser fluidos permiten ser manipulados y transportados con facilidad al lugar donde deben cumplir su función, además son excelentes para transportar y disipar el **calor** generado durante la operación de los equipos y recubren uniformemente las superficies, lo que brinda protección contra la **corrosión** y la herrumbre a la vez que pueden ser filtrados para retirar las partículas contaminantes (ingresadas al **sistema** o generadas por el desgaste) que mantienen en suspensión.

Figura 7
Lubricante liquido

Semisólidos

A pesar de encontrarse entre los estados como líquido, se considera como un lubricante semisólido a la grasa.

Las grasas generalmente se elaboran espesando aceites lubricadores con un jabón. El espesador controla la resistencia al agua, la resistencia a desperfectos de máquinas por uso constante, el rango de temperatura, y la capacidad de la grasa a permanecer en su lugar. El contenido de jabón para grasas de uso general normalmente fluctúa entre un 7% y un 18%, pero puede llegar a ser tan bajo como un 3% y tan alto como un 50% en grasas especiales

Figura 8
Lubricante semisólido

Sólidos

Bajo condiciones extremas de temperatura o carga, que los líquidos no resisten, se utilizan sólidos de bajo coeficiente de fricción para minimizar el contacto entre las superficies y por lo tanto el desgaste. Entre los sólidos lubricantes se pueden mencionar: el grafito, el bisulfuro de molibdeno, la mica, algunos polímeros y en algunos casos extremos ciertos tipos de silicatos.

Figura 9
Lubricantes Sólidos

Lubricación Sólida

Los lubricantes sólidos se emplean cuando las piezas han de funcionar a temperaturas muy extremadas y cuando intervienen elevadas presiones unitarias.

Se recurre a la lubricación sólida cuando se produce algunas de las siguientes condiciones

- Temperaturas elevadas
- Acceso difícil del lubricante líquido
- Cargas extremas de vibraciones
- Presencia de gases, disolventes, ácidos, etc.

Los lubricantes sólidos proveen una superficie lisa y con mínimo rozamiento, lo que reduce la fricción, el desgaste, la temperatura de operación y el consumo de energía.

Talco

Tiene una dureza entre 1 y 1,5, densidad relativa entre 2,7 y 2,8, y muestra exfoliación basal perfecta. Su color puede variar desde el verde manzana, el gris o el blanco hasta el plateado. Brilla con un lustre entre perlado y graso.

Grafito

El grafito es negro y opaco y tiene un lustre metálico y una densidad de entre 2,09 y 2,2 g/cm3. Al ser muy blando (dureza entre 1 y 2) mancha cualquier cosa que toque y tiene tacto graso o escurridizo. Es el único material no metálico que conduce bien la electricidad, sin embargo, a diferencia de los otros conductores eléctricos, transmite mal el calor.

Bisulfuro de molibdeno

El bisulfuro de molibdeno se conoce hace unos 300 años cuando era utilizado por los artesanos en prensas y herramientas. Fue ampliamente usado durante la segunda guerra mundial para reducir fricción y desgaste en la maquinaria bélica.

El MoS2 tiene aspecto similar al grafito pero su densidad es más del doble: 4,8g/cm3. No es conductor y es diamagnético. Es inocuo, no ataca la piel, es insoluble en agua fría o caliente y resiste ácidos excepto nítrico, agua regia, flúor y cloro. Es térmicamente estable entre -180ºC y +450ºC; +630ºC sin acceso de aire y +1340ºC en atmosfera de argón. Presenta una estructura laminar de tres capas, una central de Mo y dos laterales de S que actúan como una fuerte unión iónica, resistiendo así la rugosidad de las superficies. Las láminas de bisulfuro son tan delgadas que 1600 de ellas presentan un espesor de un micrón, y su resistencia a la presión supera el límite de fluencia de los metales conocidos (30.000Kg/cm2).

El coeficiente de rozamiento disminuye con cargas crecientes. Su efecto lubricante se explica por la fuerte adhesión de los átomos de azufre a las superficies metálicas y la facilidad de deslizamiento de las laminillas. La propiedad del bisulfuro, de adherirse a las superficies metálicas por los desplazamientos debido a la exigencia mecánica es su mayor diferencia, respecto de otros lubricantes sólidos, y explica a su vez la reducción del coeficiente de rozamiento.

La oxidación en presencia de oxígeno comienza en forma notable al superarse los 400ºC obteniéndose trióxido de Molibdeno, el cual actúa como protector de las capas inferiores de la película lubricante que permanece inalterable.

1.3 Clasificación y características de los lubricantes

A través de los años se han adoptado distintos sistemas para clasificar la viscosidad (medida de la resistencia interna a fluir de un líquido cuando es sometido a una fuerza exterior) de los lubricantes líquidos industriales tales como ASTM (EE.UU.), DIN (Alemania), y otras, basadas en la medición de la viscosidad en distintas unidades, lo cual conlleva a que continuamente se emplearan tablas de conversión para pasar de un sistema a otro.

Para establecer una base común para designar y seleccionar los lubricantes industriales de modo de que los usuarios, los proveedores de lubricantes, y los fabricantes de equipos; manejarán un lenguaje corriente, se desarrolló el sistema ISO de viscosidad, que establece 18 grados de viscosidad, comprendidos entre 2 y 1500 cSt a 40°C, que cubre todo el intervalo posible desde el aceite de mínima viscosidad hasta el de máxima viscosidad, en lo que a productos líquidos de petróleos se refiere. Cada grado de viscosidad se designa por el número entero más cercano a su viscosidad cinemática media, expresada en centiStokes a 40°C, permitiendo una variación de ± 10% de este valor y se basa en el principio de que la viscosidad cinemática media correspondiente a cada grado, debe ser aproximadamente 50% mayor que la correspondiente al grado anterior.

No contempla características de calidad y proporciona solamente información sobre la viscosidad cinemática a la temperatura establecida de 40°C. No se aplica a lubricantes usados principalmente en equipos automotores e identificados por un número de viscosidad SAE. El sistema ISO, se adoptó a partir de enero de 1978 por Venezuela a través de la Comisión Venezolana de Normas Industriales CVEN N, bajo la marca COVENIN 1121.

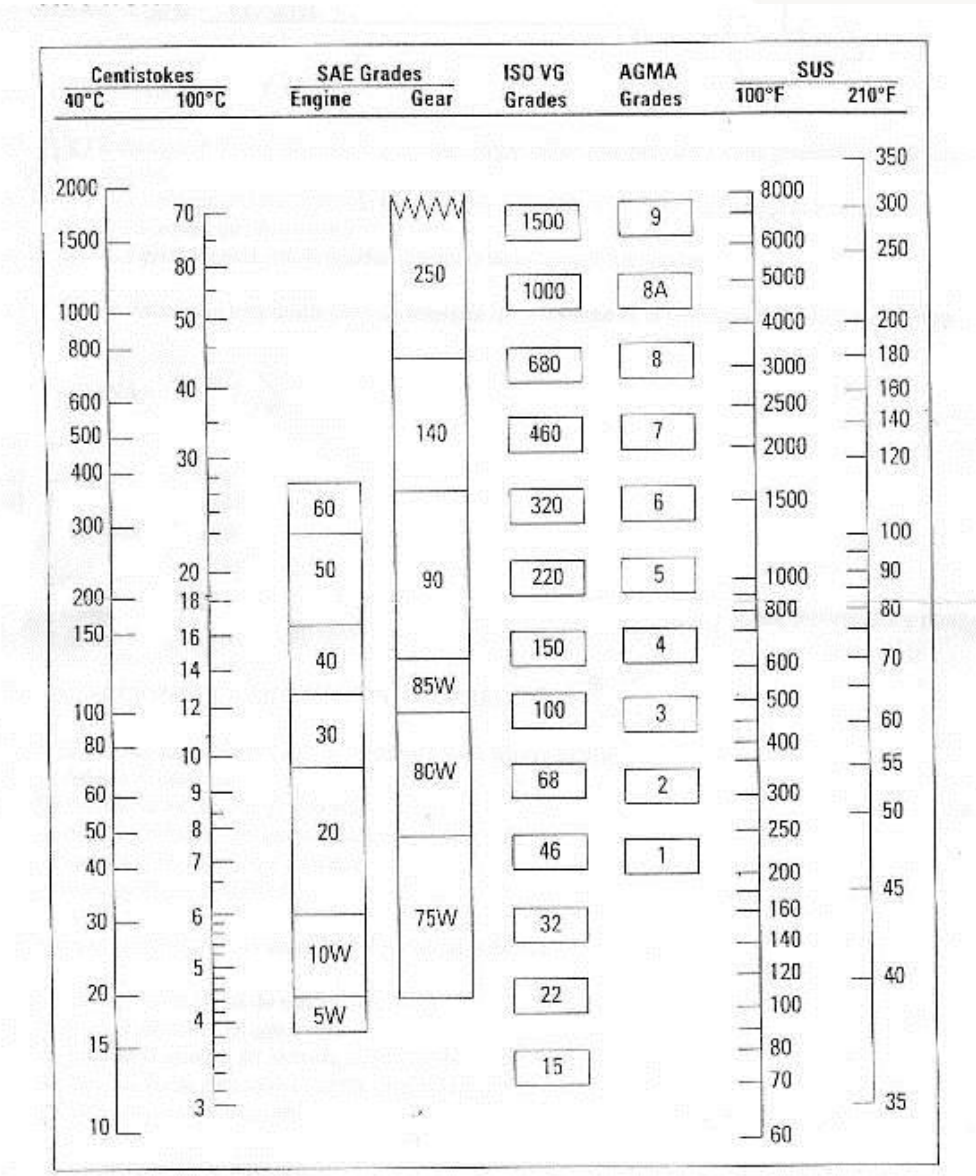


Tabla 1

1.4 Bases del lubricante

Es el componente principal que determina las características básicas de lubricación y viscosidad.

Hay tres tipos diferentes de aceites base:

a) **Aceites Minerales:** Mezcla de hidrocarburos destilados del petróleo, se obtienen en las refinerías y se clasifican en Grupo I o II según pureza.

b) **Aceites Hidrocraqueados:** Hidrocarburos obtenidos por procesos especiales con hidrogenación. Se clasifican como Grupo III.
c) **Aceites Sintéticos:** Los obtenidos por un proceso de síntesis de materiales procedentes del petróleo u otras materias primas. Se clasifican en Grupo IV (las PAO, polialfaolefinas) y en Grupo V (los demás: Esteres, Polibutenos, Alquilbencenos, Polioleteres, Alquilenglicoles, etc.).

1.5 Composición de los aceites lubricantes

Un aceite lubricante es una mezcla de aceites base (entre un 70 y un 99%) y aditivos (entre un 1 y un 30%).

1.6 Función de los lubricantes

Además, los aceites lubricantes, según sus características, pueden cumplir otras misiones:

Reducir el frotamiento: Entendemos por lubricación el hecho de que el aceite mantenga, en principio, separadas las piezas móviles, impidiendo que éstas se toquen de forma directa, entonces el aceite debe ser capaz de eliminar la fricción deslizante, quedando solamente la fluida.

Figura 10

Sellar el espacio entre piezas: Dado que las superficies metálicas son irregulares a nivel microscópico, el lubricante llena los huecos. En los motores de explosión este sellado evita fugas de combustible y gases de escape, y permite un mejor aprovechamiento de la energía.

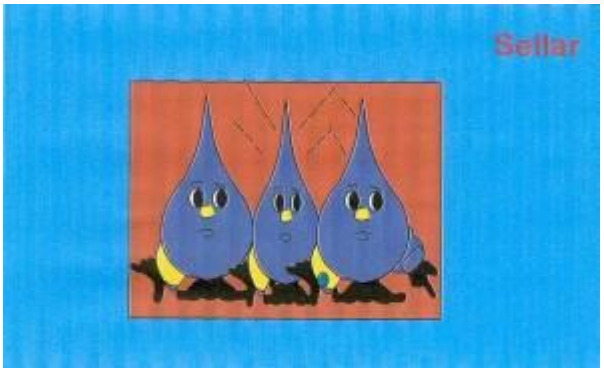


Figura 11

Mantener limpio el Circuito de Lubricación: En el caso de los lubricantes líquidos estos arrastran y diluyen la suciedad, depositándola en el filtro.

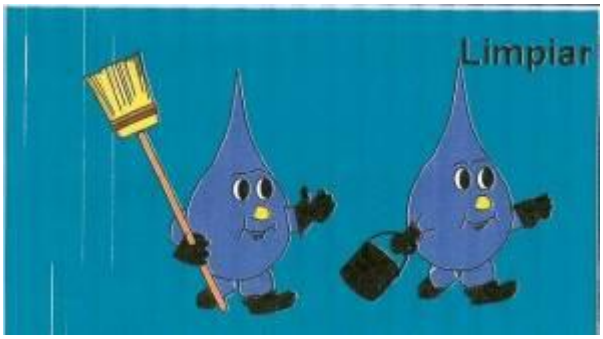


Figura 12

Contribuir a la refrigeración de las piezas: El aceite actúa como refrigerante en las máquinas, de forma complementaria a otros sistemas de enfriamiento. Por ello, el aceite necesita resistir a temperaturas extremas. Es importante, por lo tanto, que el aceite tenga la viscosidad adecuada.

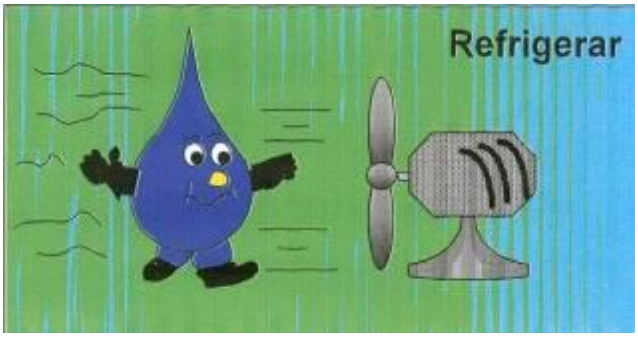


Figura 13

Proteger de la corrosión: El lubricante crea una película sobre las piezas metálicas, lo que las aísla del aire y el agua, reduciendo la posibilidad de corrosión.

Figura 14

Informar: el lubricante al igual que la sangre, permite que a través de una gota, se obtenga valiosa información del estado del aceite y del equipo. De esta forma, se puede conocer como está operando el equipo y predecir su condición futura**.**

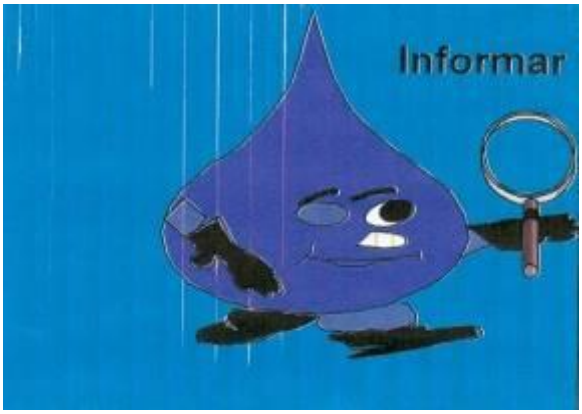


Figura 15

Transferir potencia de unos elementos del sistema a otros: tal es el caso de los aceites hidráulicos.

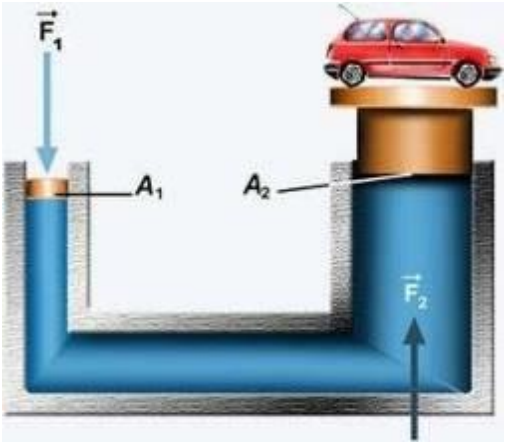


Figura 16

Grasas lubricantes

Propiedades de la grasa

Las grasas generalmente se elaboran espesando aceites lubricadores con un jabón. El espesador controla la resistencia al agua, la resistencia a desperfectos de máquinas por uso constante, el rango de temperatura, y la capacidad de la grasa a permanecer en su lugar.

Componentes

- Aceite base lubricante + agente espesante o gelificante

Aceite Base

- Aceite Mineral
- Aceite Sintético

Aditivos

- Antioxidante, extrema presión, etc.

Agentes espesantes

- Jabones metálicos, simples o complejos.
- Geles, espesantes sintéticos orgánicos o inorgánicos.

Tipos de grasas

Grasas de espesantes simples (jabones)

Las grasas de espesantes simples están hechas combinando un ácido graso con uno de los siguientes metales básicos: calcio, sodio, aluminio, litio o bario.

- Espesantes de calcio (en base a cal): requiere una pequeña cantidad de agua para estabilizar la estructura de aceite/espesante. Alrededor de los 175° F (80° C), el agua contenida comienza a salir, de tal forma que el agua y el aceite se separan. Las grasas de detergente de calcio son recomendables para condiciones húmedas, pero no para altas temperaturas.
- Espesantes de sodio (en base a soda): es soluble en agua, pero tiene un buen y amplio rango de temperaturas. Las grasas con espesante de sodio son recomendables para condiciones secas y altas temperaturas de operación.
- Espesantes de aluminio: hace la grasa más fluida y se usa cuando la adherencia es importante. Las grasas con espesante de aluminio son resistentes al agua pero no recomendables para altas temperaturas.
- Espesantes de litio y bario: recomendables para resistencia al agua y altas temperaturas, y son las grasas más usadas.

Grasas con espesantes mixtos

Las grasas con detergentes mixtos se hacen al combinar varios tipos de espesantes para así extender la vida útil de la grasa. Una grasa que use una mezcla de espesante de sodio y de calcio, combina algo de la resistencia al agua de una base de calcio con algo de la resistencia a altas temperaturas de una en base de sodio.

Si trata de mezclar una pequeña cantidad de grasa base-sodio con una pequeña cantidad de grasa base-calcio, no espere obtener una grasa base-mixta. Se requieren proporciones exactas.

Grasas de espesantes complejos

Las grasas de espesantes complejos están hechas de jabones especiales y son de multi-propósito.

Grasas sin jabones

Las grasas sin jabones se usan para condiciones especiales de temperatura, ambiente o tipo de servicio. Algunos espesadores comunes son el carbón negro, la gelatina de silicio y arcillas especiales.

Grasas multi-propósito

Las grasas multi-propósito están diseñadas para permitir el uso de una grasa en vez de tres o cuatro grados. Reduce el inventario y tiempo de aplicación, y previene errores de lubricación. Una grasa multi-propósito corresponde a un aceite multi-propósito.

Grasas para alta presión (EP)

Las grasas para alta presión (EP) están diseñadas para cargas por impacto o para áreas de alta presión local. Generalmente contienen compuestos de cloro, fósforo o sulfuro como aditivos. El bisulfuro de molibdeno (moly) es un aditivo común para mejorar la capacidad anti-desgaste de una grasa.

Número de Penetración y grados NLGI

La consistencia de la grasa se mide por medio de números de penetración. Se sumerge por 5 segundos un cono metálico de un peso y área de superficie definidos en la superficie de la grasa a 25° C (77° F). La cantidad de penetración medida en décimas de milímetro es el número de penetración de la grasa.

Figura 17

El National Lubricating Grease Institute (NLGI) tiene un sistema para clasificar la consistencia de la grasa. Las grasas blandas tienen altos números de penetración y bajos grados NLGI. Los grados NLGI fluctúan de 000 para la grasa más blanda hasta 00, 0, 1, 2, 3, 4 y 5 hasta 6 para la más dura.

La temperatura y velocidad de trabajo determinan el grado NLGI requerido o número de penetración de la grasa. La temperatura y el ambiente determinan la selección de base de jabón y la frecuencia de lubricación requeridas.

Clasificación de grasas por número de consistencia NLGI

Número NLGI	Penetración ASTM (10-1 mm)	Aspecto a temperatura ambiente
000	445 - 475	muy fluido
00	400 - 430	fluido
0	355 - 385	semifluido
1	310 - 240	muy blando
2	265 - 295	blando
3	220 - 250	semiduro
4	175 - 205	duro
5	130 - 160	muy duro
6	85 - 115	extremadamente duro

Tabla 2

1.7 Aditivos para lubricantes

Aditivos en lubricantes

Los aditivos están presentes en un promedio del 15% al 25% en el aceite, su función es:

- Reforzar o mejorar algunas propiedades del aceite motor.

a) Aditivos que mejoran el índice de viscosidad

Función:
Permitir al aceite:

- Que se mantenga lo suficientemente fluido en frío (facilitar el arranque bajando el punto de congelación entre 15 y -45º C (según los aceites).
- Que tenga viscosidad en caliente (evitar el contacto con las piezas en movimiento).

Composición: Polímeros que permite mantener la viscosidad en caliente. Los componentes más utilizados provienen de las siguientes familias químicas:

- Polimetacrilato (PMA)
- Copolímeros de hidrocarburos etilénicos (OCP)
- Copolímeros mixtos PMA- OCB
- Derivados de isopreno, de isopreno - estireno hidrogenado
- Derivados de estireno- butadieno hidrogenado.

b) Aditivos anti-desgaste

Función: Reforzar la acción anti-desgaste que ejerce un lubricante con relación a los elementos que lubrifica.

Modo de acción: Estos aditivos actúan formando una capa protectora, actuando directamente o por medio de sus productos de reacción con las superficies metálicas.

Composición: La gran familia de los aditivos antidesgaste está formada por los alquilo-ditiofosfatos de zinc y de numerosos derivados fosforados.

c) Aditivos antioxidantes

Función: Suprimir o por lo menos disminuir los fenómenos de oxidación del lubricante. Contribuir al espaciamiento del cambio de aceite para un mejor desempeño a altas temperaturas.

Composición: Los ditiofosfatos utilizados como substancias anti- desgaste son también excelentes antioxidantes. Otras familias químicas igualmente utilizadas como complemento son: fenoles remplazados por aminas aromáticas.

d) Aditivos detergentes

Función: Evitar la formación de depósitos o barnices sobre las partes más calientes del motor, como las gargantas del pistón.

Modo de acción: Ejercen la acción de detergente, principalmente en el interior de los motores donde impiden que los residuos carbonosos de la combustión, o componentes oxidados, formen depósitos o capas sobre las superficies metálicas.

Composición: Sal "metálicos" de calcio o de magnesio pertenecientes a las siguientes familias principales: Alquilaril - sulfanato, alquilfenato, alquilosalicilato.

e) Aditivos de basicidad

Función: Neutralizar los residuos ácidos de la combustión de los carburantes, principalmente en el motor diésel.

Modo de acción: El aditivo presente en el lubricante neutraliza los residuos ácidos a medida que estos se van formando. El poder de estos aditivos generalmente es aportado por aditivos detergentes específicos.

Composición: Los fenoles, los sulfanatos y los salicilatos son naturalmente básicos y neutralizantes. Sin embargo es posible reforzar su característica neutralizadora añadiéndoles sales básicas (carbonatos o hidróxidos) en el momento de su fabricación.

f) Aditivos dispersantes

Función: Mantener en suspensión todas las impurezas sólidas formadas durante el funcionamiento del motor: materiales que no han entrado en combustión, barnices, cenizos, hollín diésel, depósitos limpiados por detergentes.

Modo de acción: Compuestos que impide que los residuos sólidos se aglomeren y limitan el riesgo de depósito en las partes frías del motor (cárter).

Composición: Generalmente están formados por compuestos polares de la familia de los alquenilsuccínioamidas, de los ésteres succínicos o de sus derivados y de las bases Mannich.

g) Aditivos anticorrosivos

Función: Impedir el ataque a los metales ferrosos, debido a la acción conjugada del agua, del oxígeno del aire y de ciertos óxidos formados durante la combustión.

Modo de acción: Formación de una capa protectora o pasivación de la superficie de metal.

Composición: Principalmente sulfonatos alcalinos o alcalino-terrosos, neutros o básicos (sales de Na, Mg, Ca), de ácidos o de aminas grasas, de ácidos alquenilsuccínicos y sus derivados.

h) Aditivos anticongelantes

Función: Permitir al lubricante mantener una buena fluidez a baja temperatura (de -15ºC a - 45ºC).

Modo de acción: Actúan sobre las velocidades y los procesos de cristalización de las parafinas en los aceites minerales.

Composición: Productos del tipo metacrilato, de los copolímerosmaleatoestireno, de las parafinas naftalenas, de los poliésteres de tipo acetato de vinilo- fumarato.

i) Aditivos anti-espuma

Causa: La aparición de espuma en el aceite puede deberse a: La presencia de otros aditivos. Los aditivos detergentes actúan en el aceite como el jabón en el agua, limpian el motor pero tienden a formar espuma. Al diseño del circuito de engrasado que provoca turbulencias en el momento de la salida del lubricante, facilitando, de esta manera, la mezcla de aire- aceite y la formación de burbujas.

Función: Estos aditivos tienen por objetivo limitar la dispersión de un gran volumen de aire en el aceite.

Composición: Pueden ser aceites de silicona, o acrilatos de alquilo presentes en los aceites en muy baja cantidad.

j) Aditivos de extrema presión

Objetivo: Reducir el rozamiento y en consecuencia, economizar energía. Proteger las superficies de las fuertes cargas.

Modo de acción: Aportan al lubricante propiedades de deslizamiento específicas, principalmente a los órganos dotados de engranajes o de forros de fricción que trabajan bañados en el aceite (puentes auto-blocantes, cajas de cambios, manuales o automáticas, frenos sumergidos, etc.).

Composición: Diversas investigaciones están siendo realizadas en este campo. Las familias más comunes son los derivados órgano-metálicos del molibdeno y ciertos componentes derivados de ácidos grasos, moléculas fosfo-azufradas, boratos, etc.).

1.8 Degradación de los aceites y aditivos

Cuando a la gente se le pide que describa un lubricante, generalmente se refiere a su marca y nombre de producto. Con mayor precisión, un lubricante, ya sea aceite o grasa, es un manojo de propiedades de desempeño, tales como vida útil hasta su oxidación, resistencia a la degradación térmica e hidrolítica, características anti-desgaste, anti-rayado y de separación del aire y agua. Las características de desempeño varían dependiendo de la aplicación. Cuando las propiedades de desempeño se ven comprometidas, la habilidad del lubricante para minimizar la fricción, el desgaste y la corrosión, controlar el calor y la contaminación, y transmitir fuerza y movimiento en sistemas hidráulicos, se deteriora.

Para asegurar la confiabilidad de la maquinaria, el lubricante con problemas requiere acciones de mantenimiento que sean apropiadamente diseñadas y ejecutadas para extender la vida del lubricante y métodos apropiados de disposición una vez que se ha cambiado.

Cambio del Aceite

Contrario a la creencia popular, el aceite no dura para siempre. El lubricante en una máquina tiene que ser cambiado o al menos dársele mantenimiento; de otra forma no continuará teniendo las propiedades de desempeño requeridas para sobrellevar las demandas de la máquina, de la aplicación y del medio de operación. En algunas instancias el aceite lubricante tiene que ser cambiado porque su aceite base se ha degradado y ya no es adecuado para continuar en servicio.

La degradación oxidativa, térmica e hidrolítica cambiará las propiedades químicas y físicas del aceite base, lo cual altera las propiedades de desempeño. En otros casos el paquete de aditivos del lubricante se agota. Desafortunadamente, el lubricante también puede ser contaminado con material externo que no puede ser fácilmente removido.

Requerimientos de Desempeño

Propiedades del Fluido	Aceite de Engranes Industriales	Fluido Hidráulico	Aceite de Turbinas	Aceite de Motor	Aceite de Compresor	Aceite de Engranes Automotrices
Separación de Aire	●	●	●	●	●	●
Estabilidad de Espuma	●	●	●	●	●	●
Demulsibilidad	●	●	●		●	●
Estabilidad de Oxidación	●	●	●	●	●	●
Estabilidad Térmica	●	●	●	●	●	●
Extrema Presión	●					●
Lubricidad (AW)	●	●		●	●	●
Protección contra Corrosión	●	●	●	●		●
Resistencia Dieléctrica		●	●			
Biodegradabilidad		●			●	
Módulo Bulk		●			●	
Filtrabilidad	●	●	●	●	●	
Estabilidad de Corte		●		●	●	●
Estabilidad Hidrolítica	●	●	●		●	●
Dispersancia				●		

● Muy Importante ● Algo Importante ● Depende de Aplicación

Tabla 3

Degradación del Aceite Base

Oxidación

Una de las formas de degradación más comunes del aceite base es la oxidación. Esta ocurre cuando el oxígeno reacciona con el aceite base del lubricante, el cual típicamente es un hidrocarburo. Cuando el aceite se oxida algunas moléculas del hidrocarburo se transforman en ácido y lodo, lo cual afecta las propiedades de desempeño del aceite. Algunas moléculas están mejor equipadas para resistir la oxidación que otras. Por lo tanto, algunos aceites base tienen mejor estabilidad a la oxidación que otros. El oxígeno es un componente necesario para el proceso de oxidación; consecuentemente el nivel de ventilación que tenga el lubricante afecta la tasa de oxidación. La presencia de agua y metales reactivos, como hierro o cobre, también influye en la tasa de oxidación. Los aditivos inhibidores de oxidación se sacrifican para proteger el aceite base de esta forma de degradación.

Degradación Térmica

Al contrario de la oxidación, la degradación térmica no requiere de oxígeno para ocurrir. La falla térmica ocurre cuando el aceite entra en contacto con superficies calientes dentro de la máquina, tales como las áreas de combustión o escape, o cuando entra en contacto con burbujas comprimidas, en el caso de sistemas hidráulicos. La falla térmica deriva en la pérdida de hidrógeno, dejando partículas ricas en carbón en forma de lodos y depósitos. La degradación térmica no produce ácidos, sin embargo genera depósitos que afectan las propiedades de desempeño del aceite. En algunos casos la cadena de hidrocarburo se rompe en segmentos más pequeños, reduciendo el peso molecular promedio de las moléculas y la viscosidad.

Hidrólisis

Hidrólisis es la reacción directa de la mezcla de aceite base con agua, la cual modifica en forma permanente la estructura molecular del aceite. Los aceites lubricantes base éster, incluyendo el éster ácido dibásico, el poliéster y fosfato-éster, son los más susceptibles a la hidrólisis.

La esterificación de alcohol y ácido, proceso por el cual se crean aceites básicos éster, produce éster y agua como subproductos. Cuando el éster se expone al agua, reacciona rápidamente con está, volviendo a los componentes originales alcohol y ácido. La hidrólisis afecta las propiedades de desempeño de los aceites base que utilizan ésteres. Muchos lubricantes y fluidos hidráulicos emplean ésteres como su aceite base primario o como co-base para mejorar la solubilidad y desempeño de sello de aceites sintéticos y minerales altamente refinados.

Agotamiento de Aditivos

Los aditivos están formulados dentro del lubricante para reforzar sus propiedades de desempeño, tales como separación del agua o aire, y suprimir propiedades indeseables, como la tendencia a formar cera a bajas temperaturas de operación. Además, los aditivos se incluyen para impartir nuevas propiedades tales como reducir el desgaste bajo condiciones de lubricación límite. Con el tiempo, bajo condiciones de operación, los aditivos se agotan y el lubricante requiere servicio para restaurar las propiedades de desempeño.

Esto se puede realizar como un cambio de aceite, renovación de aditivos con un drenaje y llenado parcial, o con el reacondicionamiento del lubricante, donde el lubricante retorna aparentemente a condiciones similares a las del producto nuevo. La tasa a la cual se agotan los aditivos depende de su tipo, así como de las condiciones del medio en el que se encuentran, particularmente temperatura y presencia de agua. Algunos aditivos se condensan y separan del aceite base a baja temperatura, por consiguiente, la tasa de agotamiento del aditivo se incrementa al aumentar la temperatura. Muchos aditivos son susceptibles a la hidrólisis y la presencia de agua usualmente daña el sistema de aditivos. Los múltiples mecanismos de agotamiento de aditivos influencian estos en diversos niveles.

Administración Proactiva de la Vida del Lubricante

Selección de un Aceite Base Premium

Una estrategia para extender la vida del lubricante es seleccionar productos de primer nivel formulados con aceites base de primer nivel, sistemas de aditivos igualmente de primer nivel o una combinación de ambos.

El Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés) ha generado una clasificación estándar para los aceites base con el objetivo de categorizar su calidad. Esta clasificación se divide en grupos e incluye aceites Grupo I, II, III, IV y V. Los Grupos I, II y III son aceites base minerales, con diferentes niveles de refinación. Para cada uno de estos tres grupos la clasificación API indica el índice de viscosidad (IV) y los porcentajes de hidrocarburo saturado y azufre requeridos. Los aceites del Grupo IV son específicamente, aceites base, sintetizados de hidrocarburos, tales como la polialfaolefina (PAO), la base sintética más común. El Grupo V incluye todos los aceites base no contemplados en los anteriores Grupos, como es el caso de éster ácido dibásico, poliolester, poliglicol, éster fosfatado y numerosos aceites base que poseen propiedades especiales. Debido a la amplia gama de aceites en el Grupo V, no se han definido requerimientos específicos.

Índice de Viscosidad (IV)

El índice de viscosidad es un indicador del cambio relativo de la viscosidad del aceite a un cambio dado en la temperatura. Un índice de viscosidad alto generalmente se considera una característica favorable, porque los lubricantes que lo poseen pueden operar en un amplio rango de temperatura.

Comparado con un aceite base de la misma viscosidad pero con bajo índice de viscosidad, un aceite con alto índice de viscosidad tiene una menor viscosidad en arranque en frío. Por lo tanto, sus características de fluidez son superiores a baja temperatura y mantiene una mayor viscosidad a la temperatura de operación, proveyendo de esta manera una película lubricante más gruesa para proteger el equipo. El Grupo I tiene el requerimiento de índice de viscosidad más bajo establecido por la API y el Grupo IV el requerimiento más alto. Los Grupos II y III se ubican entre estos dos.
Los aceite base del Grupo IV (PAO), poseen generalmente un índice de viscosidad más alto que cualquiera de los Grupos I, II o III. El índice de viscosidad de los aceites base del Grupo V varía dependiendo del tipo.

Hidrocarburos No Saturados

El porcentaje de hidrocarburos no saturados en el aceite, indica la habilidad del aceite base para resistir la oxidación y la falla térmica. Un aceite base que ha sido altamente refinado para reducir o eliminar moléculas no saturadas resistirá más efectivamente la oxidación y la falla térmica que aquellos aceites base con un mayor porcentaje de moléculas no saturadas.

Los aceites base del Grupo I poseen un porcentaje más alto de moléculas no saturadas que los Grupos II o III, lo que generalmente significa que la vida útil, por oxidación o falla térmica, es mayor en los aceites base del Grupo III que los del Grupo II, y la de estos más que la de los del Grupo I.

Sin embargo, una mejor resistencia a la oxidación y a la falla térmica generada por la refinación del aceite base para reducir o eliminar hidrocarburos no saturados puede tener efectos colaterales negativos. Aceites base con un bajo porcentaje de moléculas no saturadas tienen problemas para disolver aditivos y tienden a causar encogimiento de los elastómeros.

Para contrarrestar esto, muchos aceites base de los Grupos II, III y IV son formulados con aceite co-base, tal como diéster y poliolester para mejorar la solubilidad de los aditivos y controlar la tendencia a encoger sellos.

Azufre

El azufre se presenta naturalmente en la mayoría de aceites base minerales. El API ha designado un máximo nivel de azufre para los aceites base de los Grupos I, II y III, teniendo el Grupo I mayor permisividad de azufre que los Grupos II y III. El Grupo IV (PAO), que es un hidrocarburo sintetizado, es libre de azufre. Sorprendentemente, el azufre mejora la lubricidad del aceite base (la habilidad del aceite para lubricar bajo condiciones de película límite), y la resistencia natural a la oxidación. De hecho, el azufre forma parte de muchos paquetes de aditivos, incluyendo antioxidantes, agentes antidesgaste (AD), anti-rayado y extrema presión (EP). Entonces, ¿por qué se asocia un bajo nivel de azufre con un mayor grado de aceite base?

Los formuladores modernos de lubricantes prefieren controlar el contexto químico donde reside el azufre en el lubricante terminado; por lo cual prefieren iniciar con un aceite base con baja concentración de azufre natural y de esta forma agregarlo nuevamente después en la concentración y forma química que se estima más apropiada para la aplicación.

Aceite Base Sintético

Los usuarios finales suelen presumir que al especificar un lubricante Premium se traduce en la selección de un lubricante formulado con un aceite base sintético. En algunas instancias el aceite base sintético es apropiado, pero no siempre. El aceite base sintético, dependiendo de su tipo, brinda algunas posibles ventajas. Sin embargo, no todos los aceites base sintéticos ofrecen estas propiedades, e incluso estas pueden no requerirse. Por ejemplo, un aceite base de alto índice de viscosidad no se requiere en una máquina que opera 24 horas al día, 7 días a la semana, a una temperatura constante.

Así mismo, se tienen que considerar aspectos negativos asociados con el uso de aceites base sintética. Si no puede tomar la decisión usted mismo, entonces pida asesoría a un experto.

Ventajas y desventajas de seleccionar aceites básicos sintéticos.

	Propiedades	Qué Significa
Posibles Ventajas	Alto Punto de Flama	Mejor resistencia al fuego y estabilidad térmica
	Bajo Punto de Fluidez	Mejor lubricación/bombeabilidad en baja temperatura
	Resistencia al Fuego	Bueno para aplicaciones hidráulicas de alto riesgo
	Estabilidad a la Oxidación	Drenado extendido de aceite, resiste condiciones severas
	Estabilidad Térmica	El aceite no se degrada o incrementa su viscosidad a altas temperaturas
	Alto Índice de Viscosidad	Funciona como aceite multigrado
	Baja Fricción	Reduce costos de consumo de energía
	Detergencia Natural	Ayuda a mantener las superficies limpias de depósitos
Posibles Desventajas	Alta Resistencia al Corte	No hay disminución de viscosidad, a diferencia del aceite mineral multigrado
	Alto Costo	Un sintético puede costar de 4 a 15 veces más que un aceite mineral
	Toxicidad	Los ésteres fosfatados pueden ser un riesgo de toxicidad
	Desechos Peligrosos	Es más costoso desechar ésteres fosfatados
	Compatibilidad con Sellos	Algunos sellos pueden encogerse o hincharse con los sintéticos
	Estabilidad Hidrolítica	Sintéticos base éster pueden degradarse en presencia de agua
	Capacidad para Mezclarse	Algunos no se mezclan con otros fluidos (incompatibles)

Tabla 4

Algunos puntos pueden no aplicar a todos los básicos sintéticos; por lo que se recomienda buscar consejo profesional al especificar lubricantes sintéticos.

Control de Condición del Lubricante

Sin considerar el lubricante seleccionado, el usuario final tiene una gran influencia sobre la vida real del lubricante, a través del manejo de la contaminación del sistema y el refresco que proporcione al sistema de aditivos. El control de la contaminación es el método más fácil y ampliamente aplicado para extender la vida del lubricante. La contaminación incluye todas formas de materia y energía foráneas y no deseadas, incluyendo partículas, humedad, calor, aire, químicos y radiación.

Calor

El calor es el peor enemigo del lubricante, la oxidación de un lubricante y su correspondiente vida útil en relación con la temperatura, generalmente sigue la Ley Arrhenius: la tasa de una reacción química se incrementa exponencialmente con la temperatura absoluta. Una regla general es que la vida del aceite, debido a la oxidación, se acorta a la mitad por cada 10º C de incremento en la temperatura.

Por ejemplo, si la vida del aceite, desde el punto de vista de su oxidación, es de 1,000 horas a una temperatura del volumen de aceite de 100º C, se puede proyectar una vida útil de 500 horas a 110º C, 250 horas a 120º C y así sucesivamente. Controlar la temperatura es crítico para administrar la vida del aceite. Si no se puede mantener una baja temperatura entonces se requiere el uso de un lubricante Premium. La temperatura de un gran volumen de aceite (por ejemplo, la temperatura en tanque o cárter) influencia la tasa de oxidación. Sin embargo, el contacto transitorio con superficies calientes puede resultar en degradación térmica, como se discutió previamente.

Aire

El aire es otro factor que influencia tanto la tasa de oxidación como la degradación térmica. Es la fuente primaria del oxígeno requerido en el proceso de oxidación y todos los lubricantes contienen algo de aire disuelto y/o atrapado. El incremento en la cantidad de aire disuelto y atrapado aumenta la tasa de oxidación. La relación es aproximadamente uno a uno, así pues, el doblar la concentración de aire inmediatamente duplica la tasa de oxidación. Burbujas comprimidas calientes también son causa principal de falla térmica, especialmente en sistemas hidráulicos de alta presión.

Controlar la contaminación con aire debe ser parte importante de cualquier plan para extender la vida del lubricante. La tensión interfacial entre el aceite y las burbujas de aire, que se ve influenciada por el aceite base y el sistema de aditivos, determina la forma como el aire puede ser atrapado en el lubricante. Cuando la tensión interfacial es alta, las burbujas de aire se disipan y separan fácilmente. Por el contrario, cuando la tensión interfacial es baja el aire queda atrapado. El nivel de contaminación con aire también está influenciado por el diseño del tanque y el volumen, el mecanismo de entrega del lubricante y otros numerosos factores.

Humedad

La humedad es el enemigo de la mayoría de los componentes del lubricante. Ocasiona la de-esterificación de los componentes de aceites base de éster, reduce aditivos a ácidos y/o lodo, y promueve la oxidación del aceite base, especialmente en presencia de metales catalíticos como hierro o cobre. El agua ingresa a la máquina por los puntos en que esta tiene interacción con el medio, incluyendo aceites nuevos contaminados, respiradores y puntos de ventilación, sellos en ejes, etc.

El mayor riesgo lo representan los ambientes húmedos donde la máquina opera intermitentemente y donde las máquinas están sujetas a rociado con agua. La mejor forma de controlar la contaminación con agua es utilizando sellos de primera calidad, desecantes u otros aspiradores que excluyen el agua. Los métodos de deshidratación también pueden ser empleados para remover el exceso de agua.

Partículas

La influencia que tienen las partículas en la degradación del lubricante depende del tipo de las mismas. Las partículas suspendidas pueden incrementar el nivel de aire atrapado, lo cual indirectamente aumenta la tasa de oxidación. Sin embargo, algunas partículas pueden catalizar la oxidación. La influencia catalítica depende de la metalurgia y la presencia de agua.

El silicio, el cual es el elemento fundamental encontrado en la corteza terrestre, no es altamente catalítico para la oxidación de lubricante. Por otro lado, hierro y cobre, que son los principales elementos encontrados en la metalurgia de las máquinas, son altamente catalíticos para la oxidación del lubricante. El grado en que el hierro y el cobre afectan la tasa de oxidación, depende de la presencia de agua. El agua reacciona con el metal, formando peróxidos y radicales libres, lo que causa oxidación.

Afortunadamente, el ingreso de partículas contaminantes es controlado de la misma forma que lo es la contaminación con agua, porque las partículas también ingresan por los puntos en que la máquina interactúa con el medio. Al igual que el agua, las partículas deben mantenerse fuera de la máquina. Desafortunadamente, debido a que la máquina genera sus propias partículas, se requiere removerlas para mantener el balance de material. Hay disponibles numerosos dispositivos para remoción de partículas para uso industrial, la mayoría de ellos consistentes en filtros. La calidad del filtro y la decisión de incorporar otras tecnologías para remoción de partículas son específicas de cada aplicación.

1.9 Aceites recomendados para Sistemas Hidráulicos

Los aceites hidráulicos

Al igual que el resto de los aceites, los aceites hidráulicos, también conocidos como fluidos oleohidráulicos, comparten las características generales de los aceites: son insolubles en agua y poseen menor densidad que ésta. Aunque su nombre podría sugerir una relación estrecha con el agua, en realidad no es así.

Los aceites hidráulicos cumplen la función de transmitir la potencia hidráulica que se genera al interior de un motor, mediante una bomba hacia cada uno de los componentes del mecanismo.

Junto con su función de transportar la potencia hidráulica, los aceites hidráulicos cumplen otras funciones, tales como:

- Lubricación de partes móviles.
- Enfriamiento
- Disipación de calor
- Protección anticorrosiva.
- Limpieza del mecanismo.

Características de los aceites hidráulicos

Los aceites hidráulicos, como se ha podido observar, desempeñan más de una función al interior de un mecanismo. De ellos dependen varias tareas que, de no desempeñarse adecuadamente, afectarían al conjunto del sistema. Por lo anterior, los aceites hidráulicos deben contar con una serie de características específicas que garanticen su calidad, estas son:

- Viscosidad: la viscosidad se define como la resistencia interna de las moléculas a deslizarse unas sobre otras. Esta característica le da las propiedades lubricantes que requiere el aceite hidráulico.
- Capacidad anticorrosiva: se refiere a la capacidad de reducir los efectos de la humedad en las superficies metálicas.
- Punto de inflamación: esta característica se refiere a que los aceites hidráulicos comienzan a inflamarse al entrar en contacto con una flama. Una vez que se retira la flama los aceites dejan de arder.
- Punto de congelación: es importante que los aceites hidráulicos puedan seguir siendo fluidos aún al ser sometidos a temperaturas muy bajas, ya que se utilizan comúnmente en aplicaciones con tuberías que están a temperaturas bajo cero. Si su resistencia a la congelación es demasiado baja entonces pierden fluidez y dejan de circular por el mecanismo.
- Capacidad de filtración: los aceites hidráulicos deben tener una gran capacidad de filtración, ya que se les puede aplicar cualquier tipo de mecanismo filtrante.

- Compresibilidad: esta podría ser la característica más importante de los aceites hidráulicos, ya que deben soportar altísimas presiones. La intensidad de la presión a la que se someterán los aceites hidráulicos dependerá de la distancia entre el punto de origen (inyector) y el receptor del aceite.

1.10 Principios y criterios de selección de los lubricantes

Criterios para la lubricación con grasa

En la lubricación con grasa, deben respetarse los siguientes criterios:

- Costes constructivos muy reducidos
- El efecto obturador
- La capacidad de depósito
- Larga duración en servicio con bajos costes de mantenimiento
- Según las circunstancias, es posible la lubricación para toda su vida útil
- Para el renegreas tener en cuenta, en caso necesario, un espacio para la grasa usada y para las conducciones de alimentación
- No hay evacuación de calor por el lubricante
- No hay efecto de lavado de partículas procedentes del desgaste u otras partículas.

Criterios para la lubricación con aceite

En caso de lubricación con aceite, tener en cuenta:

- Buena aportación y distribución de lubricante en el área de contacto
- Es posible la evacuación de calor del rodamiento (Importante, especialmente para elevadas velocidades de giro y altas cargas).

Ventajas comparativas

GRASAS	ACEITES
• Buen lubricante para cargas pesadas a velocidades bajas y medias	• Buen lubricante para velocidades altas y muy altas
• Requiere sellos relativamente simples	• Desarrolla menos fricción fluida que la grasa
• Proporciona mejor protección en la partida después de cortos períodos de paralización	• Arrastra la suciedad y contaminantes
• Da una mejor protección contra la oxidación durante períodos de inactividad	• Se puede usar como medio de intercambio de calor
• Tiende a permanecer en su lugar	• Se puede retirar fácilmente

Tabla 5

1.11 La contaminación el enemigo silencioso

Contaminantes

Se llaman contaminantes a todas las sustancias extrañas que contiene el aceite, bien sean generadas por el aceite o bien ingeridas por el sistema. Pueden ser sustancias gaseosas, liquidas, sólidas o semisólidas.

Los contaminantes pueden afectar seriamente a las prestaciones del aceite. Debido a las condiciones de alta temperatura y presión en las que operan en muchas ocasiones los aceites, los contaminantes se mezclan y reaccionan, degradando el aceite y agotando los aditivos. Los contaminantes atacan químicamente a los equipos, provocan erosión en el sistema y crean acumulaciones de lodos o incrustaciones de barniz, lo que dificulta la circulación del aceite, el movimiento de algunos elementos, y, en definitiva, la degradación acelerada del aceite. A efectos económicos, esto afecta de varias maneras:

- Productividad disminuida
- Consumo innecesario de lubricantes
- Generación y acumulación de residuos
- Mantenimiento correctivo debido a averías provocadas por mala lubricación
- Falta de fiabilidad en las máquinas

Una gran parte de los fallos de componentes debido a lubricación, son causados por contaminantes.

Por otra parte, se ha comprobado que la limpieza del fluido afecta notablemente a la vida de los componentes y a la continuidad en la operación. En aceites que no se encuentran sometidos a temperaturas altas, un nivel alto de limpieza del aceite puede prolongar la vida de la maquinaria hasta 10 veces; y un nivel bajo de agua a los rodamientos hasta 6 veces; alguna empresas han logrado reducir el nivel de fallos en un 90% simplemente controlando la limpieza del aceite.

A groso modo, podemos clasificar los contaminantes como:

- Gases
- Sólidos
- Semisólidos
- Líquidos

Gases

Los gases pueden entrar de diferentes maneras y provenir de diferentes fuentes, dependiendo del tipo de sistema: fugas de aire, aire incorporado por una bomba, gas procedente de fugas en una turbina, freon disuelto en el aceite en los compresores de refrigeración.

Los gases reducen la viscosidad del aceite (pueden rebajarla hasta la mitad), provocando desgaste severo en el equipo; facilitan la formación de espuma; interfieren en la formación de la capa de lubricación y debido a ello pueden producir fallos catastróficos en cojinetes. Los gases combustibles disminuyen el punto de ignición hasta 50ºC y aumenta así el riesgo de explosión. Algunos, como el cloro o el ácido sulfhídrico, se disuelven en el aceite, aumentando su acidez, y atacando químicamente los equipos y degradando el aceite.

Líquidos

Los contaminantes líquidos pueden clasificarse en 4 tipos:

- Añadiduras de aceite erróneo
- Agua
- Disolventes
- Líquidos corrosivos

Añadiduras de aceite erróneo

El aceite puede contaminarse debido a añadiduras de aceite equivocado. Esto puede tener distintas consecuencias, en función de los aceites mezclados.
Al mezclar aceites de distinta viscosidad, tendremos un aceite de menos viscosidad intermedia entre los dos aceites, el contaminante y el contaminado, lo cual puede provocar problemas en la bombeabilidad y en otras características que afectan a la viscosidad.

Si el aceite añadido tiene distinta base y/o un paquete de aditivos incompatible con el del aceite que se añade, se formara un precipitado generado por la interacción de los aditivos. Un análisis espectrográfico del aceite revelara la presencia de aditivos ajenos a los del aceite original, indicando la contaminación por aceite erróneo.

Agua

El agua afecta a la lubricación tanto física como químicamente. El agua es el enemigo número uno del aceite; de hecho es incluso más dañina que las partículas sólidas. Esto es debido simplemente a que algunos aditivos son solubles en agua. Además el agua actúa como catalizador de la formación de ácidos, óxidos y otras sustancias dañinas.

El agua entra en el sistema filtrándose a través de los sellos, o bien entrado a través de respiraderos disuelta en el aire y condensándose en espacios libres, o ser producto de la combustión de algún hidrocarburo.

Dentro del sistema, el agua puede encontrarse de tres formas: libre, emulsionada y disuelta.

Cuando el agua esta disuelta en el aceite, las moléculas de agua están completamente mezcladas con las del aceite. En este estado, la presencia del agua en el aceite resulta muy difícil de detectar. La mayor parte de los aceites industriales, hidráulicos y de turbina pueden contener hasta 200-600 ppm (0’02-0’06%) de agua, dependiendo de la temperatura y de la edad del aceite, ya que el aceite viejo admite 3 o 4 veces más que el aceite nuevo.

Disolventes y líquidos de proceso

Al hablar de estos dos tipos de contaminantes, estamos hablando de una variadísima lista de sustancias, desde los combustibles de los motores de explosión y la taladrina de la maquinaria de corte, hasta los disolventes usados para la limpieza de la maquinaria.

Si bien cada uno reacciona de manera distinta con los lubricantes, todos causan daños semejantes en las máquinas.

Los disolventes y los líquidos de proceso pueden interferir en la formación de la capa de lubricación, al igual que el agua, aunque sus efectos son más químicos (degradación química del aceite en lugar de desplazamiento físico). La contaminación por líquidos extraños puede ser detectada por cambios en el olor, color, punto de flash o viscosidad del aceite.

2. Tipos de Sistemas de Lubricación

2.1 Sistemas de lubricación (salpicaduras, lubricación por llovizna, por niebla, por goteo, etc.)

La lubricación con aceite se aplica en dos tipos principales de sistemas: el sistema de proceso directo o de evacuación de aceite; y el sistema encerrado en el cual el aceite se usa una y otra vez. Algunos métodos pueden ser de uno u otro tipo dependiendo de la aplicación.

Sistemas de proceso directo

El aceite usado para lubricar un sistema de proceso directo puede ser un aceite de un grado relativamente bajo (bajo costo). Este aceite debe cumplir requerimientos de viscosidad y de resistencia de película. Normalmente, no se usan los aditivos en un sistema de proceso directo. Para adecuarse a las políticas de la planta y evitar errores de lubricación, el aceite de proceso directo puede ser del mismo grado del aceite usado en sistemas encerrados.

Se usan varios aplicadores para aceitar sistemas de proceso directo. Los típicos aceiteros de botella, tales como los aceiteros de mecha, los aceiteros por goteo, aplican aceite de manera gradual para adecuarse a las condiciones de trabajo.

- **El aceitero manual o aceitero a presión**: es el método de aplicación de aceite más antiguo y aún está en uso. Sin embargo, este método lleva a extremos de sobre o baja lubricación.

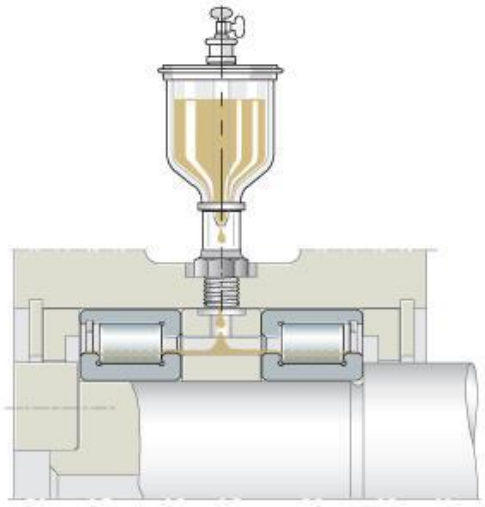


Figura 18

- **El aceitero de mecha**: utiliza la acción capilar de una hebra o hebras de lana para transferir el aceite desde el depósito hasta el eje. El flujo del aceite depende del número y longitud de las hebras de lana y de la altura del aceite en el depósito. La acción capilar de la mecha filtra el aceite, de modo que transcurrido un tiempo la mecha se ensucia y se debe reemplazar.

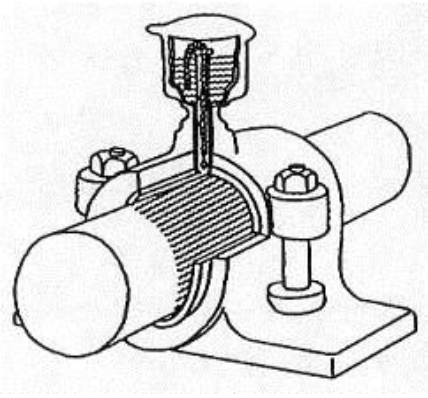


Figura 19

- El aceitero de goteo permite un control visual y una forma de controlar el flujo de aceite al ajustar una válvula de aguja. La válvula de aguja se bloquea fácilmente por suciedades. El aceitero se llena por un pequeño agujero en la parte superior. Esto requiere de algún cuidado y del uso de un colador para evitar que entre cualquier materia foránea. Para minimizar la perdida de aceite, cierre la válvula cuando la maquinaria no está siendo utilizada.

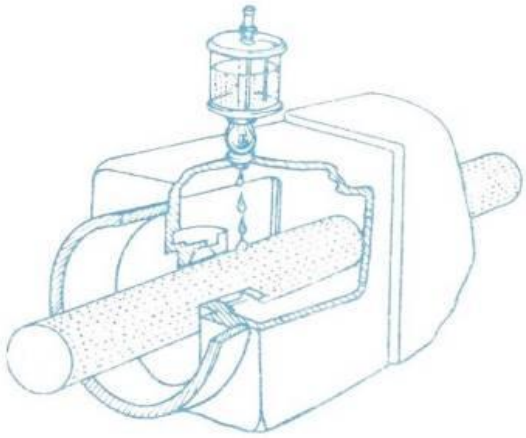


Figura 20

Sistemas cerrados

Un sistema cerrado es aquel en que el aceite circula y es reutilizado una y otra vez. Si se utiliza el aceite durante un período, se requiere un aceite altamente estable con aditivos. Esto reduce la oxidación, corrosión, espuma y la formación de emulsiones.

Lubricación por anillos de aceite

Un lubricador por anillos es un método mecánico para aceitar un eje. El anillo tiene un diámetro interno (DI) mayor que el diámetro externo (DE). Descansa encima del eje con la parte inferior del anillo en el aceite en la parte inferior del ensamble. A medida que el eje gira, la fricción tira del anillo con aceite adherido a su superficie.

Figura 21

Los anillos se fabrican de una sola pieza o de dos piezas articuladas. Generalmente son de metal, pero también se pueden fabricar de cadena de escalera flexible y liviana. Se pueden usar dos o más anillos en sistemas múltiples de rodamientos.

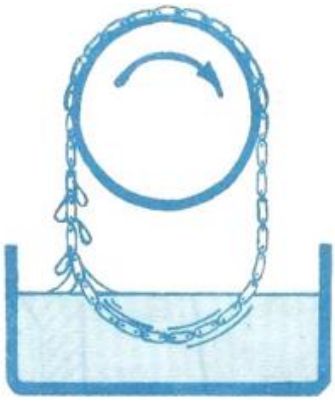


Figura 22

Lubricación por salpicadura

La lubricación por salpicadura es el método de lubricación más corriente en sistemas de engranajes encerrados. En la mayoría de las unidades, el engranaje más grande recoge el aceite y lo lleva al punto engranado. También salpica aceite a una canaleta que lo lleva hacia los rodamientos. El nivel del aceite se debe mantener lo suficientemente alto para asegurar que el engranaje recoja suficiente aceite.

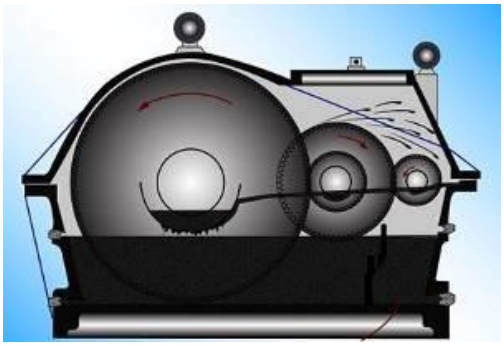


Figura 23

Demasiado aceite en la caja resulta en un exceso de espuma y una marcada elevación de la temperatura de la unidad. Esto disminuye la viscosidad del aceite, resultando en una cuña de aceite menos efectiva y en un marcado aumento en la temperatura de trabajo. Esto reduce la vida útil del aceite y provoca fallas en los sellos.

Lubricación por baño de aceite

Los rodamientos para engranajes helicoidales y cadenas de velocidad moderada se lubrican pasándolos a través de un baño de aceite. Las unidades de corona y tornillo sin fin, que tienen el tornillo en el fondo del recipiente son lubricadas por el tornillo que está sumergido en el aceite.

Figura 24

Lubricación por re-circulación

La lubricación por circulación encerrada se usa principalmente cuando un gran número de engranajes usan el mismo grado de aceite. Otra aplicación general es correr rodamientos a una alta temperatura y bombear aceite frío desde el estanque a lo largo del eje y rodamientos para controlar la elevación del calor. Este sistema se puede usar para rodamientos de fricción o de anti-fricción, pero no para ambos juntos.

El sistema básico de circuito cerrado consiste en un depósito, una bomba, una cañería con una válvula de control de flujo hacia cada rodamiento y un drenaje desde cada rodamiento de regreso hacia el estanque. Adicionalmente, puede requerirse un filtro y un intercambiador de calor para enfriar el aceite. Este tipo de sistema de presión permite altas velocidades y cargas mayores. Generalmente, se usa un aceite de alta calidad para obtener un máximo de horas de vida útil entre cambios de aceite.

Adicionalmente, cuando un eje es vertical, una bomba de desplazamiento positivo lleva la lubricación desde el depósito hacia el rodamiento superior contra la fuerza de gravedad.

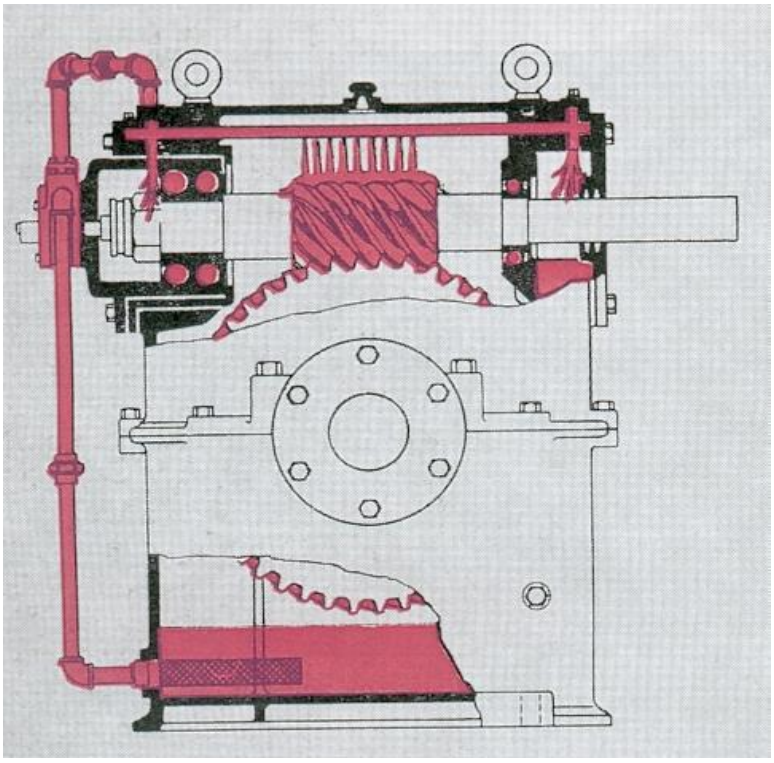


Figura 25

Lubricación por llovizna de aceite (Pulverizado)

Generalmente se recomienda una llovizna de aire y aceite para rodamientos y cadenas con rodillos de alta velocidad. El volumen de aceite suministrado es suficiente para formar un cuña de aceite, pero no suficiente para la formar espuma o batir el aceite lo

que conduce al aumento de la temperatura. La lubricación por llovizna de aceite puede ser encerrada o de flujo libre.

Asegúrese de que el suministro de aceite y de aire estén limpios. Pequeñas partículas sólidas de materia pueden tapar los inyectores o causar desgaste de los componentes.

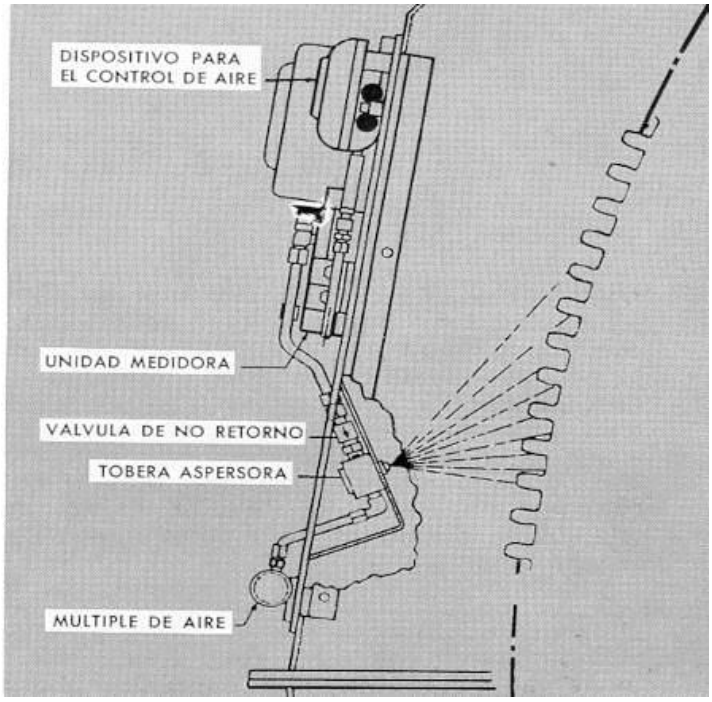


Figura 26

3. Concentraciones anormales de elementos y sus efectos en los Sistemas de Lubricación

3.1 Tipo de contaminantes de los lubricantes

Contaminación del Aceite

Lo peor que puede ocurrirle al aceite de una máquina es que se contamine. Cuando esto ocurre, el aceite pierde sus propiedades fundamentales y por lo tanto la vida del equipo se reduce considerablemente. Los medios para que se contamine el aceite son principalmente:

A. Tierra o polvo

El principal problema para la vida útil es la contaminación por tierra o polvo. Lamentablemente para quienes trabajan en minería, es una realidad que el ambiente se encuentra altamente contaminado y la cantidad de polvo en suspensión es altísimo.
La tierra también ingresa al aceite por otros medios:

A veces entra tierra por las mangueras de carguío (muchas veces las mangueras con el tiempo y el calor se dañan). Así el polvo se introduce dentro del equipo y se mezcla con el aceite.

Otra forma de contaminación por tierra o polvo se da en aceites que están ya contaminados antes de ingresar al equipo. Por ejemplo, existen lugares que ponen aceite a granel a través de mangueras Esas mangueras a veces quedan en el suelo y se llenan de tierra. Otras veces se usan elementos o embudos muy sucios para colocar aceite.

Figura 27

La excusa del mecánico cuando se habla de contaminación es que el filtro de aceite eliminará el polvo al pasar por allí. Esta explicación no es real, ya que el polvo igual ingresará en el equipo, causara daño antes de llegar al filtro de aceite y posiblemente el filtro no sea capaz de retener todo.

B. Agua

El segundo contaminante que reduce la vida útil del equipo es el agua. El daño causado al equipo por el agua depende de varias condiciones de uso.

El agua es un producto que se forma por condensación cuando la temperatura cae, en las mineras la temperatura en las noches es considerablemente menor que la del día ayudando a la condensación.

¿Cuál es el problema?

Esa agua quedará en el aceite formando barro y ácido. Esto causará corrosión en todas las piezas de hierro.

Figura 28

Aquí se aprecia el color que toma el aceite al mezclarse con agua.

El agua degrada el aceite, perdiendo sus propiedades lubricantes. Muchos de los aditivos se pierden y causan oxidación del aceite. Otros hacen perder las propiedades antiespumantes. En fin, el daño es muy grande y debemos evitarlo a toda costa.

C. Aceite

El aceite muchas veces se contamina con otros aceites. A veces esto viene de usar el mismo recipiente de otros aceites, pero muchas veces es por desconocimiento del personal que rellena de aceite.

La pregunta lógica que surge es: ¿Con qué aceite vas a rellenar?

Evita en lo posible usar aceites diferentes. Esto porque muchos de ellos no vienen en la viscosidad que necesitas (algunos incluso son monogrado) y posiblemente entorpezcan el funcionamiento de los agentes detergentes del aceite original.

D. Malas prácticas

Es común ver que cuando se termina un carguío de lubricante, los elementos utilizados no son debidamente protegidos, ni guardados evitando su contaminación.

También en ocasiones se utilizan mangueras para realizar cambios de lubricantes con diferentes tipos de aceites.

A modo de conclusión:

Como mencionamos, los contaminantes del aceite son muy perjudiciales para el correcto funcionamiento de los equipos. Los aceites pierden sus propiedades fundamentales y por lo tanto debe evitarse que esto ocurra. Con solo simples medidas podemos en gran parte cuidar el aceite que protege nuestros equipos.

Es importante ver las recomendaciones que nos hacen los fabricantes. Sustituir a tiempo los filtros de aire, por el original o uno mejor. Evitar el uso de filtros de dudosa procedencia. También es recomendable que se revisen conexiones, mangueras (que queden debidamente cubiertas), que no queden sueltas, o tiradas, asearlas antes de cada uso, etc.

Una pequeña contaminación en el aceite puede llevar a que se produzca una falla común en un equipo, que puede llevar aguas arriba a una falla catastrófica de un componente de una máquina.

3.2 Obtención de la muestra

El propósito de los análisis de aceite es conseguir el nivel más alto de rendimiento y fiabilidad de la máquina al coste más bajo posible. Las muestras iniciales sirven para establecer puntos de referencia y para identificar las máquinas con niveles de contaminación críticos. La toma de muestras de aceite rutinarias sirven para documentar que se han obtenido los niveles deseados e indican también el desgaste anormal, el cual es necesario tratar.

El mejor punto de muestreo es entre la bomba y la carcasa del filtro fuera de línea, el cual es normalmente el punto más contaminado del sistema de aceite. Si no hay filtros fuera de línea instalada, una bomba de vacío es una opción válida para sacar muestras. En este caso, la muestra debe ser extraída a 10 cm por encima del fondo del tanque.

Para sacar una muestra de aceite adecuadamente, se sugiere el uso de un equipo de muestreo de aceite, este incluye un frasco esterilizado de 200 ml, preparado para ser enviado.

La toma de muestras de aceites y otros fluidos para realizar análisis de cara al mantenimiento predictivo, es una operación habitual, pero no siempre fácil. Una pequeña y simple bomba manual de aspiración puede ser de gran ayuda.

Ejemplo de un equipo para tomas de muestras que consiste en una pequeña bomba de aspiración, de accionamiento manual, que incorpora ya una botella de plástico donde quedará la muestra, así como un tubo de polietileno, suficientemente largo para llegar al punto de toma de la muestra de aceite lubricante, aceite hidráulico u otros fluidos técnicos.

3.3 Variación de viscosidad

Viscosidad

La viscosidad es la principal característica de la mayoría de los productos lubricantes. Es la medida de la fluidez a determinadas temperaturas.

Si la viscosidad es demasiado baja el film lubricante no soporta las cargas entre las piezas y desaparece del medio, sin cumplir su objetivo de evitar el contacto metal-metal.

Si la viscosidad es demasiado alta el lubricante no es capaz de llegar a todos los intersticios en donde es requerido.

Al ser alta la viscosidad, es necesaria mayor fuerza para mover el lubricante originando de esta manera mayor desgaste en la bomba de aceite, además de no llegar a lubricar rápidamente en el arranque en frio.

La medida de la viscosidad se expresa comúnmente con dos sistemas de unidades SAYBOLT (SUS) o en el sistema métrico CENTISTOKES (CST).

La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura y se define como el cociente resultante de la división de la tensión de cizallamiento (t) por el gradiente de velocidad (D).

$$m = t / D$$

Con flujo lineal y siendo constante la presión, la velocidad y la temperatura.

Afecta la generación de calor entre superficies giratorias (cojinetes, cilindros, engranajes). Tiene que ver con el efecto sellante del aceite. Determina la facilidad con que la maquinaria arranca bajo condiciones de baja temperatura ambiente.

Índice de Viscosidad

Los cambios de temperatura afectan a la viscosidad del lubricante generando así mismo cambios en ésta, lo que implica que a altas temperaturas la viscosidad decrece y a bajas temperaturas aumenta.

Arbitrariamente se tomaron diferentes tipos de aceite y se midió su viscosidad a 40*C y 100*C, al aceite que sufrió menos cambios en la misma se le asignó el valor 100 de índice de viscosidad y al que varió en mayor proporción se le asignó valor 0 (cero) de índice de viscosidad. Luego con el avance en el diseño de los aditivos mejoradores del índice de viscosidad se logró formular lubricantes con índices mayores a 100.

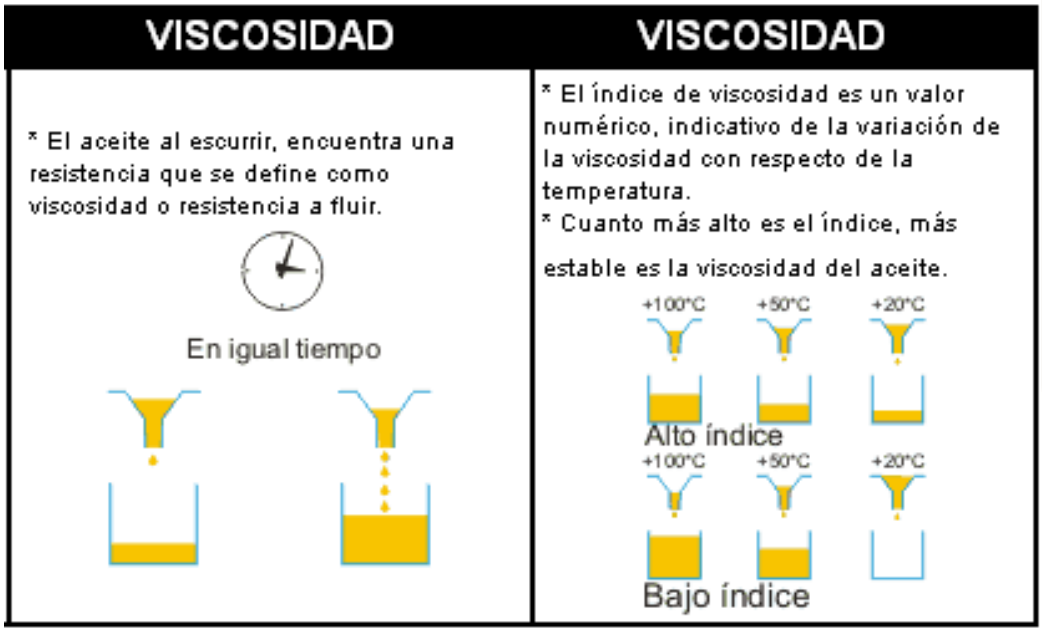


Figura 29

3.4 Métodos de reconocimientos de estado de lubricantes a través de los sentidos

Un aceite en uso continuo (tales como en un sistema por salpicadura de un sistema de circulación de combustible con una bomba), se deteriora gradualmente a través de la oxidación y exposición a otros contaminantes. Las verificaciones a la calidad del aceite pueden ser precisas o aproximadas.

Para efectuar una verificación precisa de la calidad de un aceite, realice **una** de las siguientes acciones:

- Establezca una rutina de pruebas de laboratorio en la planta; o
- Envíe muestras a un laboratorio de pruebas autorizado para un detallado análisis.

Para efectuar una verificación aproximada de la calidad de un aceite:

1) Llene un envase de vidrio transparente y limpio con aceite nuevo.
2) Llene un envase similar con aceite usado que haya sido extraído de una máquina que esté funcionando o que haya dejado de funcionar.
3) Compare los dos aceites aplicando las siguientes cuatro pruebas:

- **Por olfato**: Muchas cosas pueden causar un cambio en el olor. Por ejemplo, a medida que un aceite se oxida y recoge impurezas, su olor cambia; además, si se ha recalentado un aceite, huele a quemado.

- **Por tacto**: Frote una muestra de aceite usado entre el pulgar y los otros dedos y sienta las impurezas. La rotura en rodamientos y el desgaste en engranajes pueden causar una sensación arenosa.
- **Por la vista**: A medida que un aceite se oxida y recoge impurezas, toma un color más oscuro. Mientras más oscuro el aceite, mayor es el desgaste o mayor es la cantidad de impurezas.

Si el aceite usado es del mismo color que el del aceite nuevo, pero turbio, puede haber aire o agua disuelta en el aceite. Si el aceite no se aclara después de un tiempo para que se decante, la causa normal es el agua.

Si un poco de aceite usado vertido en una hoja de papel inclinada muestra bandas de color, hay partículas metálicas en suspensión. Las partículas de acero producen bandas plateadas y las partículas de bronce producen bandas doradas.

- **Usando un imán**: Sumerja un pequeño imán en la muestra de aceite usado para verificar la existencia de partículas ferrosas en suspensión. Algunos equipos tienen tapones imantados en el punto más bajo de la caja para atrapar partículas ferrosas.

3.5 Interpretación de informe de análisis de aceite

Análisis de aceites usados

El método más eficaz para el control de los lubricantes es en el laboratorio, en el cual se pueden evaluar los tipos de contaminantes, variaciones de viscosidad y propiedades químicas y físicas, establecer límites de temperaturas, disminución del PH, tensión interfacial, rigidez dieléctrica, TBN, entre otras.

Mediante este análisis se busca:

- Determinar la posible recuperación del aceite y el método más indicado de hacerlo.
- Cuantificar e identificar los contaminantes presentes.
- Evaluar el correcto funcionamiento de un mecanismo y prevenir las fallas.
- Controlar el desgaste mediante cambios periódicos del aceite.

El monitoreo de los aceites es una de las herramientas más valiosas que el área de mantenimiento tiene a su disposición, permitiéndole determinar en qué momento se debe realizar los cambios de aceites y diagnosticar el grado de desgaste de una pieza o mecanismo del equipo, tomando los correctivos a tiempo, aumentando la eficiencia, disminuyendo costos por paradas imprevistas, y ahorrando consumos de energía, y otros factores que reflejen los beneficios del programa.

Pruebas de laboratorio

Las siguientes son las principales pruebas que determinan la condición de los lubricantes: Gravedad específica y API, Viscosidad, TAN, TBN, Insolubles en pentano y en benceno, determinación del color, dilución por combustible, punto de llama, porcentaje de cenizas o residuos de carbón, demulsibilidad, control de detergencia del aceite, análisis espectrográfico, diferencial infrarrojo, entre otras.

El análisis de los aceites se debe usar como una herramienta de mantenimiento predictivo, realizándose en forma periódica y de tal forma que permita tomar decisiones de “paradas programadas” de producción y/o el reemplazo de piezas y partes que muestran síntomas de desgaste acelerado. Esto trae muchos beneficios para el programa de mantenimiento y producción y en general para los equipos.

Los análisis de laboratorio a los aceites usados se deben llevar a cabo teniendo en cuenta una programación periódica y toma de muestras (representativas) para su análisis, el cual depende del tipo de aceite (industrial o automotriz). Siempre se debe buscar cualquiera que sea el problema, y variar su frecuencia de monitoreo cuando la presencia de elementos anormales se encuentren en la muestra y de ello dependa la solución a una falla incipiente o inesperada que puedan generar en una falla grave.

Se debe realizar la prueba de contenido de humedad en los aceites, ya que su acción es perjudicial tanto para el aceite y las piezas lubricadas por su formación a la oxidación y corrosión respectivamente.

Las técnicas más importantes para evaluar el desgaste en un mecanismo son:

a) Análisis Espectrográfico

Las pruebas físico-químicas que permite evaluar el estado del aceite durante su funcionamiento en un equipo, el análisis espectrográfico que indica el contenido de metales en el aceite, este ensayo reporta el contenido de metales presentes en el aceite en partes por millón (ppm), el ensayo utilizado por esta técnica se realiza por medio de la espectrofotometría por absorción atómica. Estas dos pruebas se deben realizar paralelamente para el análisis de aceite usado.

El análisis de la tendencia normal al desgaste de un mecanismo permite elaborar la curva tribológica para cada uno de los elementos metálicos que lo constituyen.

En los intervalos de cambio de lubricantes se llevan análisis frecuenciales determinadas por el tipo de equipo y características tribológicas, los cuales determinan la cantidad en ppm de los metales presentes los cuales deben estar dentro de la tendencia. Un buen lubricante permite una tendencia constante de desgaste mínima.

Cuando las condiciones de control del desgaste no son minuciosas y cuidadosas, se presenta una tendencia al desgaste ascendente con las respectivas consecuencias que con ello trae.

Una limitación que tiene esta técnica de espectrofotometría por absorción atómica es que no permite el conteo de partículas mayores de 10 mm ni determinar su forma.

Conteo de Partículas

El conteo de partículas es un concepto técnicamente simple, pero aun así, abarca un área que el análisis de metales espectrofotométrico básico no puede alcanzar: partículas >10 micrones. Estos son los tipos de partículas que a menudo anticipan fallas (generalmente se acepta, que las fallas catastróficas por fatiga se caracterizan por la generación de partículas de >10-15 micrones).

El agua y la alta opacidad impiden el conteo de partículas preciso, ya que el sensor es engañado y cuenta las gotas de agua como partículas. Si la muestra es opaca, es necesario diluirla, lo que puede reducir el valor de la información. Ante esta situación se realiza una ferrografía de lectura directa, la cual no es sensible al agua o la opacidad.

Estos equipos trabajan bajo normas internacionales como la NAS 1638 y la ISO 4406 siendo la más utilizada en la que clasifica las partículas en tamaños de > a 2 micras, > a 5 mm. y >15 mm. En la siguiente tabla, se clasifican 24 rangos y para cada uno de ellos se indica el número de partículas que puede contener para una muestra de aceite de 100 mililitros, que es analizada en el laboratorio para determinar a qué rango pertenece según la clasificación ISO.

Normas internacionales de limpieza según ISO 4406					
Número del rango	Número de partículas por 100 ml		Número del rango	Número de partículas por 100 ml	
	Más de	Hasta		Más de	Hasta
1	1	2	13	4000	8000
2	2	4	14	8000	16000
3	4	8	15	16000	32000
4	8	16	16	32000	64000
5	16	32	17	64000	130000
6	32	64	18	130000	250000
7	64	130	19	250000	500000
8	130	250	20	500000	1000000
9	250	500	21	1000000	2000000

10	500	1000	22	2000000	4000000
11	1000	2000	23	4000000	8000000
12	2000	4000	24	8000000	16000000

Tabla 6

Ferrografía

La ferrografía capta partículas en el rango de 0.1 a 500 micras, es decir no solo cubre el rango del desgaste anormal (de 10 a 100 micras) sino que opera también en el rango de la espectrofotometría por emisión atómica.

La ferrografía permite clasificar las partículas metálicas en el rango de < 10 micras y > 10 micras y por medio del microscopio y de patrones de forma y del tamaño de las partículas, se determina el tipo de desgaste.

En la tabla siguiente, se especifican los códigos ISO de limpieza que debe cumplir el aceite de acuerdo con el tipo de máquina donde está trabajando.

Código ISO de limpieza de acuerdo al tipo de máquina				
Componentes		Presión del sistema de lubricación PSI		
		Hasta 2000	2000 3000	Mayor de 3000
Bombas	Engranajes	20/18/15	1917/15	
	Paletas	20/18/15	191714	18/16/13
	Pistones	19/17/15	18/1614	1715/13
	Variables de paletas	18/16/14	17/1513	
	Variables de pistones	18/16/14	17/15/13	16/14/12
Válvulas	Direccional de solenoide	20/18/15		19/17/14
	Control de presiones	19/17/14		19/17/14
	Control de flujo	19/17/14		19/17/14
	Cheque	20/18/15		20/18/15
	De cartucho	18/16/13		17/15/12
	Pre llenado	20/18/15		19/17/14
	Servo Válvula	16/14/11	16/14/11	15/13/10
	CMX	18/16/14		17/15/13

	HRC	18/16/13		17/15/13
	Direccional proporcional	17/15/12		16/14/11
	Control de presión prop.	17/15/12		16/14/11
	Control de flujo proporc.	17/15/13		17/15/13
	De cartucho proporcional	17/15/12		16/14/11
Actuadores	Cilindros	20/18/15	20/18/15	20/18/15
	Motores de paletas	20/18/15	19/17/14	18/16/13
	Motores pistones axiales	19/17/14	18/16/13	17/15/12
	Motores de engranajes	21/19/17	20/18/15	19/17/14
	Motor pistones radiales	20/18/14	19/17/13	18/16/13
	De levas ondulantes	18/16/14	17/15/13	16/14/12
Transmisión Hidrostática	Transmisión	17/15/13	1614/12	16/14/11
Rodamientos	De bolas	15/13/11		
	De rodillos	16/14/12		
Chumaceras	De baja velocidad	17/15/13		
	De alta velocidad	18/16/14		
Reductores de Velocidad	Reductores	17/15/13		

Tabla 7

Así por ejemplo: una bomba de paletas que está lubricada mediante un sistema de lubricación centralizado que maneja una presión de 150 PSI se calificará mediante el código de limpieza 20/18/15. Esto indica que la muestra permite tener:

Número de rango 20: más de 500.000 hasta 1.000.000 partículas metálicas mayores o iguales a 2 micras -µm-

Número de rango 18*:* más de 130.000 hasta 250.000 partículas metálicas mayores o iguales a 5 micras.

Número de rango 15*:* más de 16.000 hasta 32.000 partículas metálicas mayores a 15 micras.

Ferrografía de Lectura Directa

Traducida literalmente como "lectura de hierro", es una técnica que utiliza magnetos permanentes de precisión para quitar sistemáticamente partículas que contienen hierro u otras partículas susceptibles de un lubricante, con el fin de estudiarlas.
Dimensionan a las partículas en dos amplias categorías obteniendo dos lecturas escalares (sin unidades):

"L" (large) o partículas grandes (aproximadamente > 5 micrones-Fatiga

S" (small) o partículas pequeñas (aproximadamente < 5 micrones-Desgaste

En ambos casos el conteo de partículas y la ferrografía directa se agregan si el análisis de la muestra lo requiere.

Ferrografía Directa

La ferrografía analítica se utiliza para detectar la morfología (forma) y composición de las partículas, lo que a su vez frecuentemente, revela la causa de un problema. Es una de las herramientas más poderosas y reveladoras utilizadas en el análisis de lubricantes. Sin embargo, no es la solución a todo. No hay un solo ensayo que suplante a los demás.

El informe histórico de la unidad tiene una interpretación codificada de la información.

Los resultados de los análisis se comparan con experiencia de campo de resultados mecánicos y tienen en cuenta las recomendaciones de límites condenatorios de los fabricantes de motores y maquinarias, con estas comparaciones se preparan los diagnósticos.

El estudio de las tendencias de los resultados es la base para tomar las decisiones. No es sólo el análisis de una muestra. Con el análisis de acuerdo a las frecuencias recomendadas (o las decididas por el empresario) corroboran el grado y calidad del aceite en uso, contaminaciones de diferentes orígenes, desgastes anormales y condiciones de servicio del equipo, o sea, que debe controlarse: tendencias a lo largo de un período de tiempo, cambios abruptos en las tendencias, inconsistencia con los valores típicos del producto.

Análisis Infrarrojo Diferencial

Es una forma de espectroscopia de absorción ("IR") restringida a la región de longitud de ondas espectrales infrarrojas, la cual primeramente identifica y cuantifica los grupos funcionales orgánicos. Agua, hidrocarburos, glicoles y productos de oxidación y

nitración sobre el hidrocarburo base (aceite mineral). Permite analizar una muestra de aceite usado comparándola directamente con una muestra de aceite nuevo, consiste en hacer pasar un haz de luz infrarroja a través de una delgada película de aceite sin usar, esto da una determinada longitud de onda; al mismo tiempo se hace pasar otro haz de luz infrarrojo a través de otra muestra del mismo aceite pero usado, esto da otra longitud de onda. La diferencial entre la longitud de onda del aceite sin usar y la del usado da como resultado la absorción de longitud de onda en micrones por partes del aceite usado y que está determinado por el tipo de contaminantes que el aceite posee.

En la gráfica siguiente, muestra cuatro contaminantes en la longitud de onda absorbida:

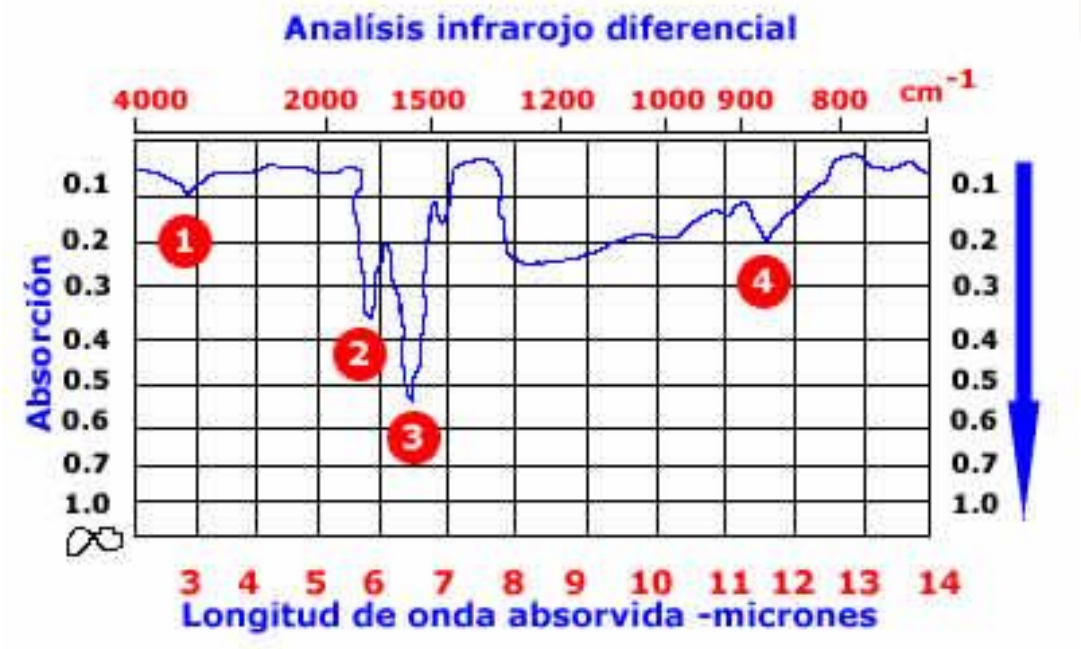


Figura 30

1: Presencia de agua – 2.9 micrones–
2: Productos de la oxidación – 5.8 a 5.9 micrones-
3: Nitratos orgánicos.- 6.2 micrones-
4: Dilución por combustible. –10 a 20 micrones-

Insolubles en Pentano y en Benceno.

La determinación de los insolubles en pentano y benceno se utilizan para determinar el contenido de insolubles en aceites usados con el fin de conocer el grado de saturación del lubricante con respecto a los contaminantes (externos, carbón, productos de degradación de combustible que están altamente contaminados, y aditivos, más productos residuales del desgaste y de la corrosión) y con ello saber si el aceite está en condiciones de seguir siendo usado.

Insolubles en Pentano y Benceno				
Porcentaje máximo permisible	Motor a Gasolina	Diésel para Automotores	Diésel Marinos	Gas
Insolubles en Pentano	1.5	1.5	2.5	0.5
Insolubles en Benceno	0.7	0.7	2.0	
Productos de la oxidación	1.0	1.0		

Figura 31

La siguiente tabla muestra el porcentaje máximo permisible para aceites automotores.

Insolubles en Pentano y Benceno para aceites Automotores		
Reductores	Compresores de aire	Sistemas de transferencia
0.5	0.1	1.0

Figura 32

4. Mantenimiento preventivo del Sistema de Lubricación Centralizado

4.1 Mantenimiento del Sistema de Lubricación Centralizado

Introducción

El aumento de la automatización en la Industria y Minería, ha producido una significativa expansión en equipamiento de sistemas centralizados. Un sistema de lubricación centralizada es el mejor método para proporcionar lubricante a un gran número de puntos en una máquina.

El siempre creciente uso de sistemas centralizados de lubricación, se debe al hecho que estos sistemas poseen una serie de factores favorables en comparación con el método convencional (manual punto a punto)

Entendiendo cómo funcionan los sistemas de lubricación automática y de qué modo los componentes regulan y controlan el lubricante, harán que para usted sea más fácil localizar y hacer reparaciones pequeñas antes de que se conviertan en grandes problemas.

Sistemas de Lubricación Centralizada

Los sistemas de lubricación centralizada sirven para transportar lubricante desde un recipiente a los puntos de lubricación. Esto se logra por una presión centralizada.

El sistema centralizado permite una cantidad mínima de contaminación, y la cantidad adecuada de lubricante para la operación del equipo.

La presión centralizada es producida por una bomba instalada en el recipiente del lubricante. El lubricante es transportado gracias a la presión de la bomba, a los repartidores de lubricante quiénes entregan la cantidad requerida de lubricante.

En base a lubricar los puntos con una presión centralizada se desarrollan dos tipos básicos de lubricación:

- El tipo en paralelo (colector)
- El tipo en serie (progresiva)

La diferencia principal entre estos dos tipos está en la lubricación del dispositivo de medición en relación a la línea de transmisión; y la segunda diferencia están en la forma para devolver el pistón a su posición original en el dispositivo de medición, una vez que se lubrica el punto.

Tambien es posible realizar lubricación centralizada en forma manual. La diferencia principal de este tipo es que se realiza en una bomba actuada en forma manual por el operador, la cual se conecta a través de mangueras y manifold hacia los puntos de inyección.

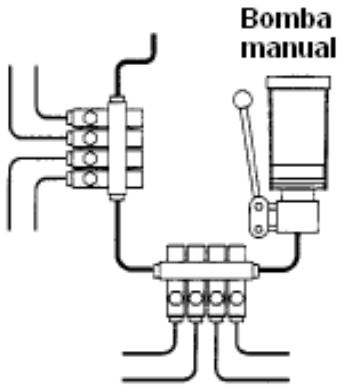


Figura 33

Tipo Paralelo

Existen dos variaciones de sistema de tipo paralelo:

1. De línea simple
2. De línea doble

Línea Simple

Este sistema utiliza una válvula de alivio para liberar la presión de la línea y resortes para devolver el pistón a su posición original para el siguiente ciclo de descarga del lubricante.

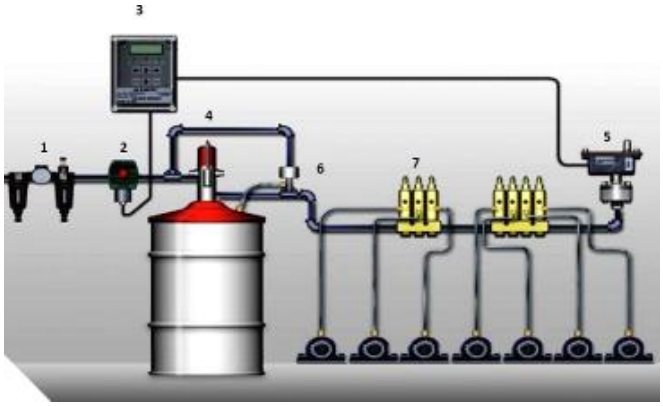


Figura 34

Línea simple

Línea Doble

El sistema de línea doble cuenta con dos líneas de transmisión que van conectadas de tal forma que se pueda ejercer presión en cualquier lado del dispositivo de medición. Una válvula inversora permite cambiar la presión de una línea a la otra, efectuándose así la reposición del pistón a su estado original y descarga del lubricante.

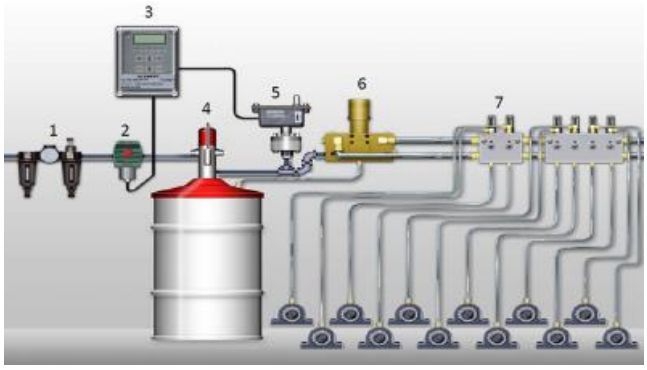


Figura 35

Línea doble

Tipo Serie

Existen dos variaciones del sistema de tipo en serie:

- Progresiva
- Invertida

Distribuida o progresiva: La línea distribuida dirige el flujo de lubricante a través de un sistema interno de puertas del medidor, a fin de lograr el retorno del pistón y la descarga del lubricante.
Este sistema posee una línea de transmisión del lubricante.

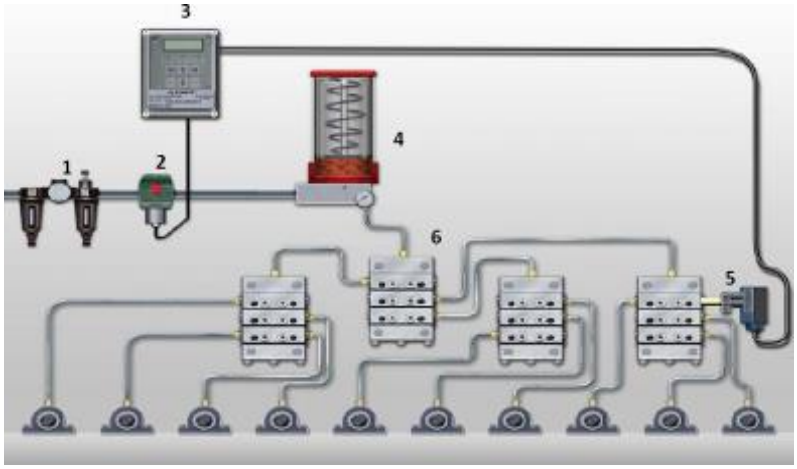


Figura 36

Tipos Sistemas de Lubricación Centralizada más comunes:

- Sistema Farval
- Sistema Lincoln
- Sistema Alemite
- Sistema Trabon
- Sistema Bijur
- Sistema Delimon
- Sistema Dropsa
- Sistema Graco

Aplicaciones de Sistemas Centralizados:

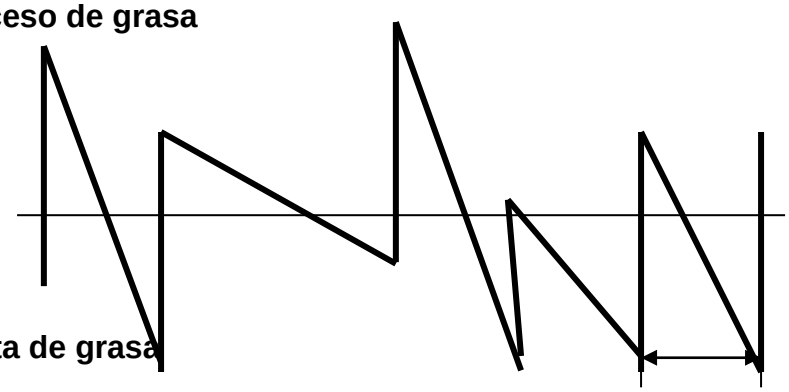
- Equipos pesados
- Palas, perforadoras
- Camión fuera de carretera
- Cargadores

- Equipos de apoyo
- Molinos
- Harneros
- Correas transportadoras
- Aplicaciones industriales en general
- Equipos de carretera

Análisis Comparativo de Trabajo con Relación al Tiempo entreEngrase Manual y Centralizado

Método Manual

Exceso de grasa



Punto óptimo

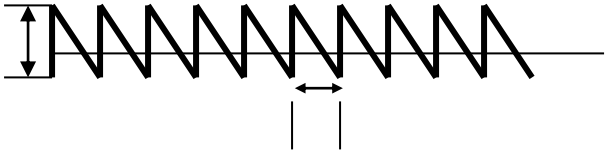
Falta de grasa

Tiempo

Tiempos de engrase regulares
Cantidad de grasas homogéneas

Método Centralizado

Cantidad



Punto óptimo

Ventajas

- Incremento de la duración de las piezas sometidas a fricción.
- Mayor intervalo entre los mantenimientos de la máquina.
- Reducción del consumo de lubricante, la información necesaria sobre el motor en un solo display.
- Reducción de la mano de obra invertida en la máquina.
- Instalación muy fácil y rápida gracias a los racores de enchufe rápido.
- Uso de grasa consistente como recomiendan los fabricantes.
- También es posible utilizar grasa fluida.

Diagrama de Flujo de un Sistema de Engrase Centralizado

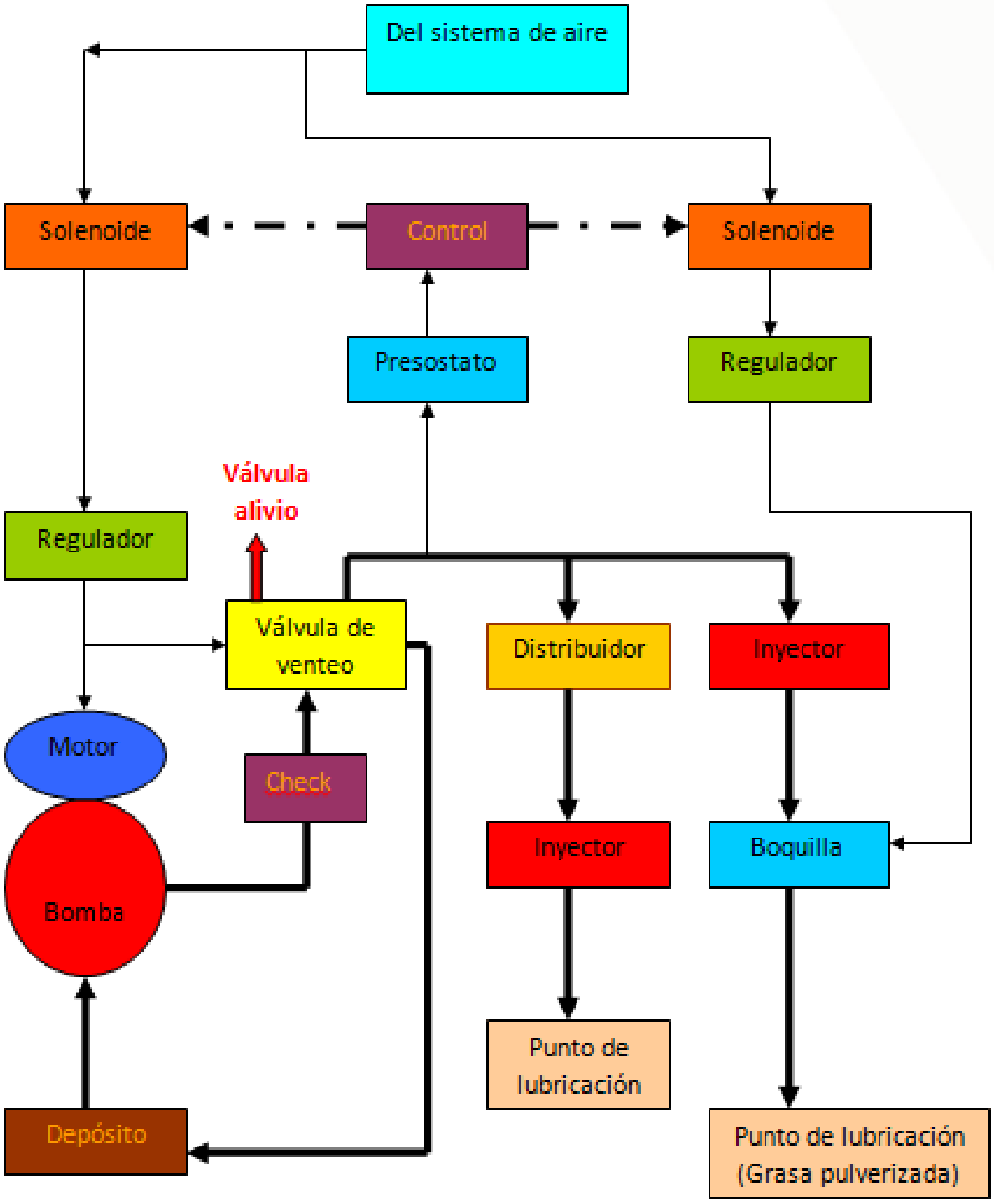


Figura 37

4.2 Sistemas eléctricos de control del sistema de engrase centralizado

Programador lógico programable

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinidades de tipos de PLC. Los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Temporizadores

Es un mecanismo que en un tiempo realiza una acción, pueden ser programados para repetir ciclos de operación en tiempos definidos.

El controlador está diseñado para operar, controlar y vigilar los tipos de sistemas de lubricación. La unidad es programada por el cliente en el conjunto del controlador modo de conFiguración.

Válvulas de Control de Dirección

Estas válvulas determinan el inicio, la parada y la dirección del medio presurizado, se representan indicando la cantidad de conexiones, la cantidad de posiciones y la dirección del flujo de aire. Estas pueden ser de una o más posición y dos o más vías.

Para llevarla de una posición a otra es necesario contar con un accionamiento, los cuales pueden ser:

- Manuales
- Mecánicos

- Neumáticos
- Eléctricos
- Etc.

4.3 Inspección del sistema de lubricación centralizado

Las inspecciones de un sistema lubricación centralizada se realiza de acuerdo a una pauta de chequeo la cual incluye:

- Revisión en sala de lubricación
    - Bomba de engrase
    - Válvula de venteo
    - Electro válvula
    - Flexibles
    - Presión del sistema
    - Nivel de lubricante en deposito
    - FRL si corresponde
    - Filtros
    - Etiquetado de estanques
- En componentes de la maquina
    - Condición de flexibles
    - Inyectores
    - Puntos de lubricación, dependiendo la maquina

Todas las inspecciones visuales del sistema deben quedar claramente anotadas en las pautas de chequeo, especificando las que tengan problemas.

Inspección del sistema en funcionamiento

Se pone en funcionamiento el sistema y se realizan pruebas funcionales en donde principalmente se ven:

- Funcionamiento de inyectores
- Filtración de flexibles
- Que los puntos de engrase entreguen la cantidad real
- Secuencia de la lubricación

Actividad N° 3

Introducción a la actividad
La siguiente actividad está diseñada para que los participantes identifiquen las consecuencias de la fricción, sus ventajas y sus desventajas, en componentes mecánicos y no mecánicos

El objetivo de esta actividad es que los participantes Identifiquen la consecuencias de la fricción, como afectan a los componentes mecánicos y como la evitamos con el uso de lubricantes.

Aprendizaje esperado que desarrolla
El participante identificara el funcionamiento y las variables que afectan los sistemas de lubricación

Estrategia metodológica para el instructor
Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.
El instructor podrá realizar preguntas a los participantes mientras se desarrolla el taller práctico asegurándose que están siguiendo los procedimientos de prueba al pie de la letra.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de situaciones problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en sala de clases	✓

Materiales y Recursos
- Elementos de escritorio
- Computador
- Parlantes
- Proyector multimedia
- Internet

Desarrollo de la Actividad
El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.
El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

El instructor mostrara un video relacionado con la fricción y sus consecuencias y los participante una vez terminado el video deberán responder una serie de preguntas relacionadas con la fricción y como la evitamos en componentes mecánicos.
Los participantes deberán dejar escritas las respuestas en el informe entregado por el instructor

Seguridad
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

Fricción, Ventajas y Desventajas.wmv

https://www.youtube.com/watch?v=BRVxs9oA0dk

Participantes	**Fecha:**
Componente estudiado: **Video mostrado por el instructor**	
Procedimiento aplicado **Responder las siguientes preguntas**	
1. Que es la fricción	Es una fuerza de contacto que actúa para oponerse al movimiento deslizante entre superficies
2. Cuando ocurre la fricción	La fricción ocurre cuando dos objetos se deslizan entre sí o tienden a deslizarse. Cuando un cuerpo se mueve sobre una superficie o a través de un medio viscoso, como el aire o el agua, hay una resistencia

	al movimiento debido a que el cuerpo interactúa con sus alrededores
3. Que genera la fricción entre dos superficies en contacto	La fricción genera desgaste por las asperezas que entran en contacto y a su vez producen un incremento considerable en la temperatura
4. Nombre y explique los tipos de fricción	**Fricción de Deslizamiento** La fricción de deslizamiento ocurre cuando dos superficies se deslizan una contra la otra sin o con muy poco lubricante **Fricción rodante.** La fricción rodante ocurre cuando un cuerpo cilíndrico o esférico rueda sobre una superficie **Fricción de fluidos** La fricción fluida ocurre entre las capas del lubricante, debido a que no hay contacto entre la superficies
5. Como se evita la fricción en componentes mecánicos	Utilizando lubricantes
6. Cuál es la función de los lubricantes con respecto a la fricción	Sustancia capaz de reducir el rozamiento, fricción, calor y desgaste cuando se introduce como una película entre superficies sólidas
7. Qué tipos de lubricantes se usan en componentes mecánicos para evitar la fricción	Lubricantes gaseosos como el aire o gases Lubricantes líquidos como el aceite Lubricantes semi sólidos como la grasa Lubricantes sólidos como el carbón y bisulfuro de molibdeno

Cierre:

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor.

Actividad N° 4

Introducción a la actividad
La siguiente actividad está diseñada para que los participantes realicen la identificación de tipos de sistema de lubricación con aceite utilizados en componentes mecánicos.

El objetivo de esta actividad es que los participantes Identifiquen los tipos de sistemas de lubricación con aceite y comprendan la importancia de la lubricación en las máquinas y componentes de los equipos en general.

Aprendizaje esperado que desarrolla
El participante reconocerá e identificara los distintos tipos de sistemas de lubricación utilizados en minería.

Estrategias metodológicas para el instructor
Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.
El instructor podrá realizar preguntas a los participantes mientras se desarrolla la actividad práctica, asegurándose que están siguiendo los procedimientos de prueba al pie de la letra.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de situaciones problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en sala de clases	✓

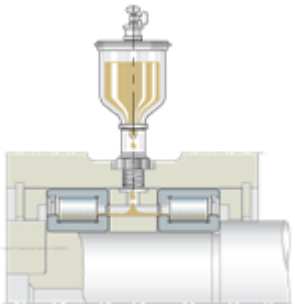
Materiales y Recursos
- Elementos de escritorio
- Computador
- Proyector multimedia
- Internet

Desarrollo de la Actividad
El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.
El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

El instructor mostrara diferentes fotografías con los sistemas de lubricación y los participantes deberán identificar el sistema y describirlo en el informe que le entregaran al instructor.
Esta actividad se realiza en forma individual
Esta actividad también puede ser realizada en taller si se cuenta con equipos con diferentes tipos de sistemas de lubricación, como por ejemplo reductores con diferentes tipos de lubricación (goteo, salpicadura, por bomba), bombas centrifugas lubricadas por anillo, etc. Hay que considerar que se deben ocupar más componentes mecánicos y las medidas de seguridad serán las de taller

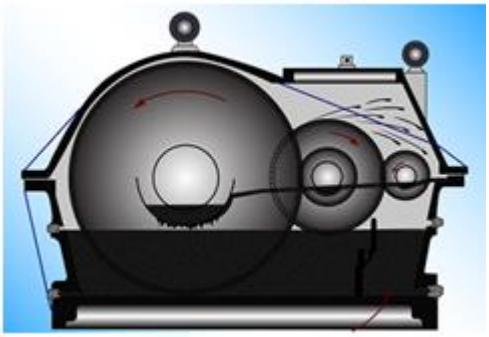
Seguridad
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

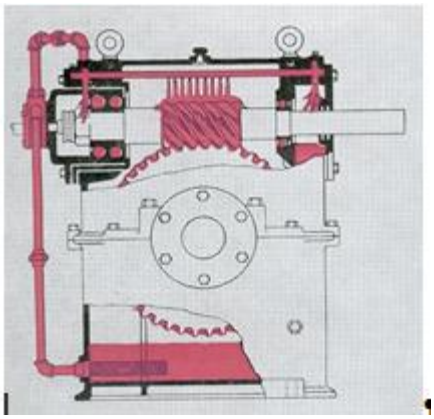
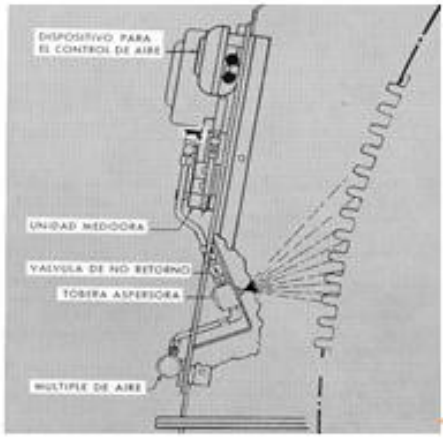
- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

<table>
<tr><td colspan="2">Participante</td><td>Fecha:</td></tr>
<tr><td colspan="3">Componente estudiado:
Sistemas de lubricación</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td>Tipo de sistema de lubricación

Sistema de proceso directo o por goteo

Descripción
Se utiliza ser un aceite de un grado relativamente bajo (bajo costo) sin aditivos
El aceitero de goteo permite un control visual y una forma de controlar el flujo de aceite al ajustar una válvula de aguja. La válvula de aguja se bloquea fácilmente por suciedades. El aceitero se llena por un pequeño agujero en la parte superior.</td></tr>
</table>

	Tipo de sistema de lubricación Sistema de lubricación por anillo de aceite Descripción Un lubricador por anillos es un método mecánico para aceitar un eje. El anillo tiene un diámetro interno. (DI) mayor que el diámetro externo (DE). Descansa encima del eje con la parte inferior del anillo en el aceite en la parte inferior del ensamble. A medida que el eje gira, la fricción tira del anillo con aceite adherido a su superficie.
	Tipo de sistema de lubricación Sistema de lubricación por salpicadura Descripción Es el método de lubricación más corriente en sistemas de engranajes encerrados. En la mayoría de las unidades, el engranaje más grande recoge el aceite y lo lleva al punto engranado. También salpica aceite a una canaleta que lo lleva hacia los rodamientos. El nivel del aceite se debe mantener lo suficientemente alto para asegurar que el engranaje recoja suficiente aceite.
	Tipo de sistema de lubricación Sistema de lubricación por baño de aceite Descripción Este sistema sucede cuando un componente sumergido en aceite lleva el aceite al otro componente como una unidad de corona y tornillo sin fin que tiene el tornillo en el fondo del recipiente son lubricadas por el tornillo que está sumergido en el aceite.

	Tipo de sistema de lubricación Sistema de lubricación por recirculación Descripción Se usa principalmente cuando un gran número de engranajes usan el mismo grado de aceite. Está compuesto por un sistema de lubricación completo. Estanque, bombas tuberías, filtros etc. Se utiliza un aceite con aditivos.
	Tipo de sistema de lubricación Sistema de lubricación por llovizna Descripción Generalmente se recomienda una llovizna de aire y aceite para rodamientos y cadenas con rodillos de alta velocidad. El volumen de aceite suministrado es suficiente para formar un cuña de aceite, pero no suficiente para la formar espuma o batir el aceite lo que conduce al aumento de la temperatura. Lubricación por llovizna de aceite puede ser encerrada o de flujo libre.

Cierre

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor.

Actividad N° 5

Introducción a la actividad
La siguiente actividad está diseñada para que los participantes apliquen un proceso de toma de muestras de aceite a un componente.

El objetivo de esta actividad es que los participantes apliquen una toma de muestra por vacío en un sistema mecánico tomado las medidas de seguridad personal y ambiental. La toma de muestras debe seguir un paso a paso que los participantes deben realizar al tomar la muestra

Aprendizaje esperado que desarrolla
El participante aplicara un procedimiento de toma de muestras de aceites como parte del mantenimiento preventivo del equipo siguiendo pautas de mantenimiento.

Estrategias metodológicas para el instructor
Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.
El instructor podrá realizar preguntas a los participantes mientras se desarrolla la actividad práctica, asegurándose que están siguiendo los procedimientos de prueba al pie de la letra.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓

Materiales y Recursos
- Equipo para toma de muestras
- 4 Kit para toma de muestras
- Elementos de aseo
- Plástico

Desarrollo de la Actividad
El instructor entregara el equipo a utilizar a cada grupo y el kit y componentes necesarios para el trabajo a realizar
Los participantes deben realizar una toma de muestra de aceite desde un componente real aplicando las medidas de seguridad personal y ambiental que la tarea requiere

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento y asegurar la aplicación de los procedimientos al pie de la letra.

Antes de realizar trabajos en taller, los participantes realizaran un análisis de riesgos en el formulario que el instructor les entregara para el control de los riesgos presentes.
Aplicaran procedimientos de aislación y bloqueo de equipos.

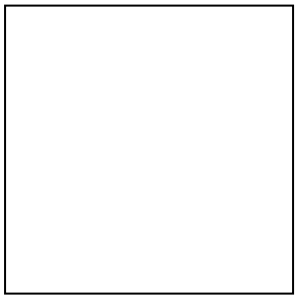
Los elementos de protección personal obligatorios que el personal debe ocupar en el desarrollo de la actividad, son los siguientes:

Elemento de protección personal obligatorios

El participante debe

Participantes	**Fecha:**
Componente entregado por el instructor Kit para toma de muestras completo Vampiro Manguera Frasco protector Frasco que se inserta en el vampiro para recoger la muestra Paños de aseo	

Plásticos para poner en el piso
Procedimiento aplicado • Bloquea equipo si corresponde • Instala nylon bajo el componente a drenar • Soltar tapón del depósito del aceite • Limpiarlo con paño limpio • Insertar la manguera • Con el vampiro bombea para sacar aceite • Juntar la cantidad de aceite requerido (100 cc. Aproximadamente) • Se saca frasco del vampiro y se tapa correctamente para evitar la contaminación • Se guarda en el recipiente protector del frasco • Se identifica, rotula el recipiente evitando una confusión con otras muestras • Instala tapón en el componente drenado • Retira nylon • Eliminas todo lo contaminado en recipiente de residuos peligros • Realiza housekeeping del área

<table>
<tr><td colspan="2">Conclusiones de la actividad
El participante debe anotar las conclusiones de la actividad</td></tr>
<tr><td rowspan="2"> 
Fotografía del componente
Si es posible</td><td>Nombre Inspector :
_____

Firma Inspector :
_____</td></tr>
<tr><td>Recomendaciones :</td></tr>
</table>

Cierre

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor para desarrollar las siguientes actividades

Actividad N° 6

Introducción a la actividad
La siguiente actividad está diseñada para que los participantes demuestren conocimiento y habilidad en componentes de un sistema de lubricación centralizado.

El participante debe demostrar conocimiento y habilidad en componentes de un sistema de lubricación centralizado, bombas, identificando inyectores, presiones, manómetros, fittings frente a sistema de engrase centralizado

Aprendizaje esperado que desarrolla

- El participante identifica el funcionamiento de los distintos componentes del sistema de lubricación centralizada.
- El participante diagnostica fallas del sistema de engrase, de acuerdo a pautas de trabajo.

Estrategias metodológicas para el instructor
Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.
El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica los distintos conceptos y ejemplos mediante componentes reales.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓

Materiales y Recursos

- Banco de simulación
- Sistema de aire comprimido
- Kit de herramientas
- Elementos de aseo
- Extintor
- Conos

Desarrollo de la Actividad
Los participantes deberán identificar en el banco de prueba todos los componentes de un sistema de lubricación centralizado y describir el funcionamiento de cada uno de ellos.

Esta actividad será evaluada en forma personal por el instructor quien será el que le formule las preguntas al participante.

El instructor debe realizar esta actividad en forma individual.
La actividad debe ser realizada en taller. Solicitará a los participantes que observen que cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.
El instructor frente a un banco de engrase centralizado formulara preguntas al participante indicándole el componente a identificar y su funcionamiento.
El instructor debe ponderar las respuestas en el informe.

Antes de realizar trabajos en taller, los participantes realizaran un análisis de riesgos en el formulario que el instructor les entregara para el control de los riesgos presentes.
Aplicaran procedimientos de aislación y bloqueo de equipos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el personal debe ocupar en el desarrollo de la actividad, son los siguientes:

Elemento de protección personal obligatorios

N°	Descripción	SI	NO	OBS.
Seguridad				
1	Conear perímetro			
2	Bloquear el equipo			
3	Asegurarse que existe extintor en el área			
Conocimientos y habilidad				
4	Identifica componentes de un sistema de engrasa centralizado			
5	Describe funcionamiento de válvula de venteo.			
6	Identifica puertos de salida y entrada de grasa y aire			
7	Explica la relación de áreas para presión grasa/aire			
8	Describe funcionamiento de los inyectores y distribuidores			
9	Describe la función del disco de entrada			

10	Aplica procedimiento de ajuste a inyectores utilizando instrumentos de medición apropiado			
11	Explica en que consiste el cruce de inyectores			
12	Describe funcionamiento del conjunto motor bomba			
13	Identifica puertos de salida y entrada de grasa y aire			
14	Describe función de la válvula check			
15	Describir procedimientos de servicio y mantenimiento de un sistema de engrase centralizado			

Cierre

Al final de la actividad los participantes deberán entregar un informe con fotografías describiendo el proceso de regulación del sistema de engrase centralizado y de las fallas más comunes.

Este informe debe ser expuesto frente al curso a través de un juego de roles, cliente vendedor.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRan
COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD