CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor
Módulo 2: “Mantenimiento sistemas hidráulicos”.
PFMME-4-02/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 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., Director de Proyectos
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 Hidráulicos - Modos de fallas en Componentes Hidráulicos.....8
1. Modos de falla en Bombas y motores hidráulicos 9
1.1 Modos de falla en bombas y motores hidráulicos 9
3.2 Procedimiento del análisis 30
Actividad N° 3 75
2. Análisis de aceite de sistemas hidráulicos.....86
2.1 Análisis de aceite 86
2.2 Fuentes de contaminación 86
2.3 Técnicas de monitoreo..... 90
2.4 Códigos de limpieza del aceite 98
2.5 Proceso de micro filtrado 101
2.6 Interpretación de resultados del análisis de aceite del sistema hidráulico 114
2.7 Límites condenatorios de referencia 115
2.8 Análisis de resultado, tendencias y recomendaciones..... 118
Actividad N° 4 122
Actividad N° 5 130
3. Solución de Averías en Sistemas Hidráulicos 134
3.1 Guía de solución de averías de sistemas hidráulicos 134
Actividad N° 6 146
4. Controles eléctricos Asociados al sistema hidráulico 153
4.1 Planos Eléctricos asociados al Sistema Hidráulico..... 153
Actividad N° 7 158
Actividad N° 8 171

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 Especialista Equipos Móviles.**

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 listan 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 requerimientos de 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 o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a 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 buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo II: Mantenimiento de Sistemas Hidráulicos - Modos de fallas en Componentes Hidráulicos

1. Modos de falla en Bombas y motores hidráulicos

1.1 Modos de falla en bombas y motores hidráulicos

Bienvenidos a esta sesión donde veremos las causas originales de las fallas de bombas y motores hidráulicos. Nuevamente aplicaremos los principios de fractura y desgaste y haremos una inspección visual minuciosa para obtener los hechos que nos lleven a resolver el problema en forma satisfactoria.

En esta presentación hablaremos del diseño de las bombas y motores hidráulicos, sus funciones, operación y cargas para poder comprender las condiciones y los problemas que conducen a fallas. Aprenderemos a reconocer los indicios de varias condiciones adversas y cómo seguirlos hasta hallar la causa original de una falla. Ya que nuestro enfoque es con bombas y motores, no cubrirá la localización y solución de problemas de sistemas hidráulicos o de componentes de otros sistemas.

Para equipos de movimiento de tierra existen tres tipos diferentes de bombas hidráulicas más comunes:

1) bombas de engranajes
2) bombas de paletas
3) bombas de pistones

Antes de ver cómo funcionan estas bombas, nos familiarizaremos con los diversos componentes de cada una de ellas, sus materiales y procesos de manufactura y los índices de dureza típicos. Como cada fabricante tiene sus especificaciones, procesos y materiales propios, los ejemplos que damos aquí son simplemente para ilustrar principios básicos.

Diseño / fabricación

Veremos primero las partes de una bomba de engranaje unidireccional de una sección:

1 - Retén
2 - Banda de sellado
3 - Anillo de soporte
4 - Plancha de aislación
5 - Engranaje
6 - Engranaje loco
7 - Caja
8 - Pestaña
9 - Sello anular
10 - Anillo de soporte

11 - Plancha de presión

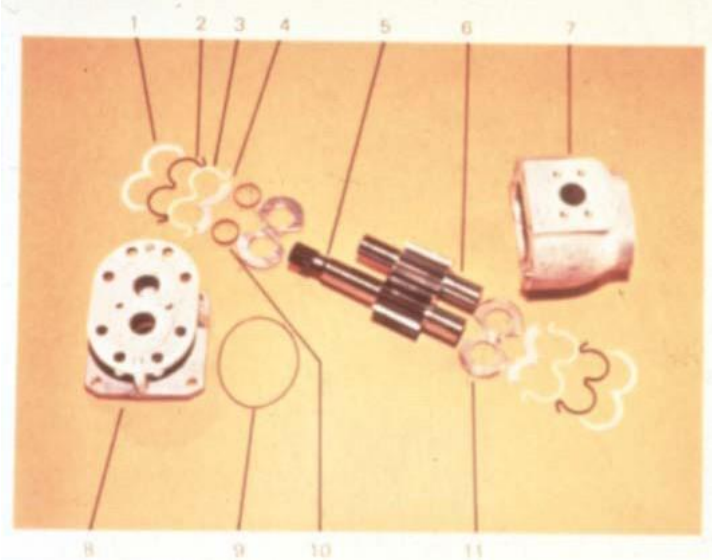


Figura 1

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las bombas de flujo reversibles tienen varias de las mismas piezas que tienen las bombas unidireccionales, pero noten que incluyen planchas de aislación en ambos lados y sellos anulares en vez de la banda de sellado. Esto permite que ambos lados de la bomba actúen como lado de alta o baja presión.

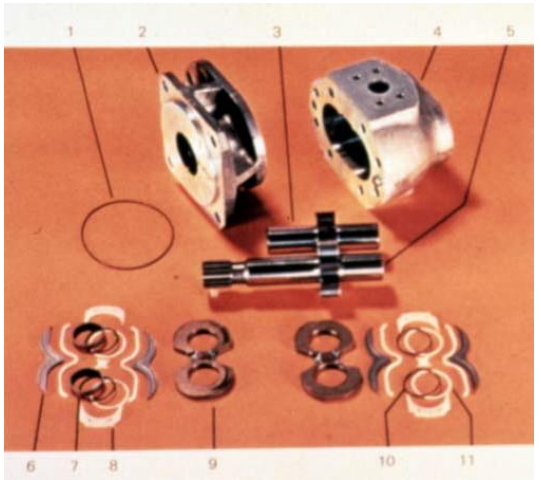


Figura 2

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La bomba de engranajes de dos secciones, de flujo unidireccional tiene las mismas piezas que la de una sección y un acoplamiento para conectar el engranaje delantero al engranaje trasero.

Figura 3

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los ejes y engranajes de la mayoría de las bombas de engranaje son de aleación de acero con bajo contenido de carbono que contiene níquel, cromo y molibdeno. Este tipo de acero se carburiza para producir una capa rica en carbono en las superficies del eje y del engranaje, las cuales son endurecidas a un índice Rockwell de Rc60. El pequeño radio entre el engranaje y el eje, recibe de algunos fabricantes un endurecimiento que le proporciona mayor resistencia a la fatiga. Las cajas se maquinan de fundiciones de hierro o de aluminio fundido, según las presiones de operación. Las planchas de presión se fabrican de una aleación de cobre con acero al dorso, mientras que las de aislación son, por lo general, de fundiciones de aluminio.

Figura 4

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las bombas de paletas constan de una caja, un eje y un cartucho. Las piezas del cartucho son, de izquierda a derecha:

1 - Plancha de soporte de salida
2 - Plancha de flexión (del lado de acero)
3 - Anillo de leva y rotor
4 - Paleta e inserto
5 - Plancha de flexión (del lado de cobre)
6 - Sellos
7 - Plancha de soporte de entrada

Figura 5

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los anillos de leva son de aleación de acero con alto contenido de carbono, con una dureza Rockwell de Rc 62 para proporcionarles una superficie altamente resistente al desgaste. El anillo se pule a especificaciones muy precisas y recibe un bruñido final que le proporciona una superficie lisa a las puntas de las paletas.

Figura 6

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las planchas de flexión son similares a las planchas de presión y están hechas de una aleación de cobre con dorso de acero, con un bajo contenido de carbono.

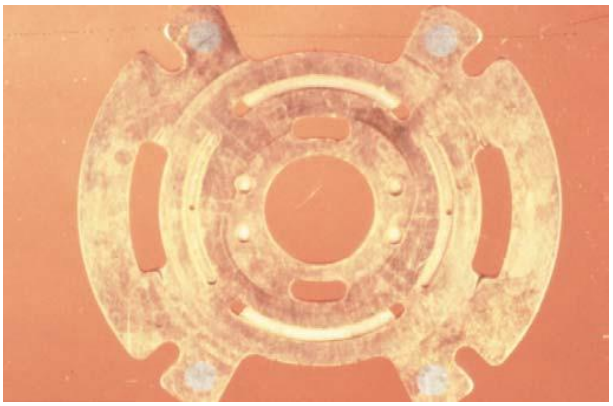


Figura 7

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El conjunto de rotor se fabrica de tres materiales: el rotor mismo es de aleación de acero con bajo contenido de carbono, endurecido y templado, el cual tiene las ranuras y los pasajes de lubricación para las paletas ya maquinados antes del tratamiento térmico. Después del tratamiento térmico la dureza del rotor es de aproximadamente Rc60. Las paletas son de acero para herramientas, enfriado por aire a una dureza de aproximadamente Rc 62. Los insertos son de acero endurecido con alto contenido de carbono, al mismo índice de dureza que el rotor y las paletas.

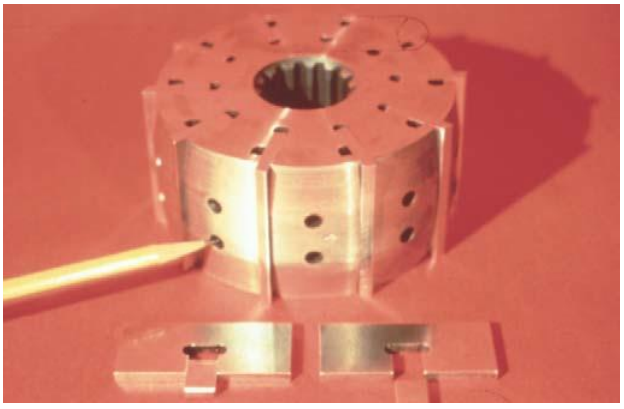


Figura 8

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los ejes de la mayoría de las bombas de paletas son maquinadas de aleación de acero con alto contenido de carbono, las zonas estriadas son cortadas, no laminadas, son endurecidas por inducción, igual que las áreas de contacto con los sellos. Estas áreas son fáciles de reconocer por los colores que el temple deja en el eje.

Figura 9

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las bombas de pistones axiales constan de un eje impulsor y tambor con conjuntos de pistones. El tambor corre contra una plancha de lumbreras, mientras que una plancha de retracción mantiene los patines contra una plancha de desgaste. La plancha de desgaste está sostenida por un plato basculante, el cual cambia el ángulo para aumentar o disminuir el flujo de las bombas de flujo variable. El ángulo de este plato no cambia en las bombas de flujo fijo.

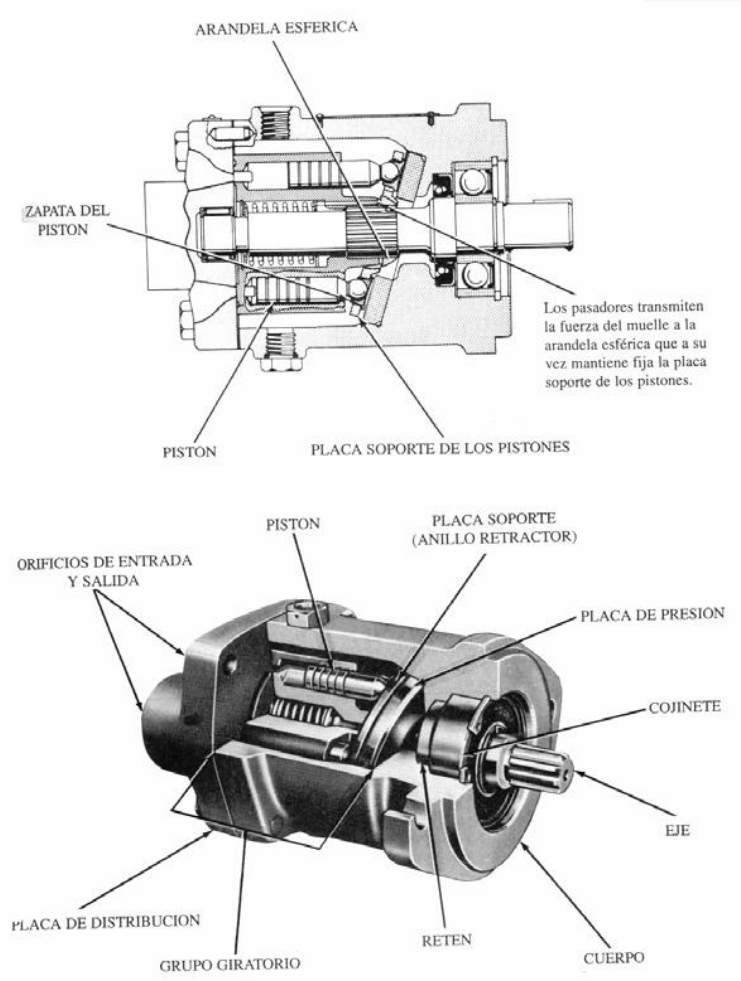


Figura 9

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El motor de pistones de eje angulado y desplazamiento variable tiene una plancha de lumbreras, un conjunto de tambor y una plancha de impulsión. Los pistones son cortos y van conectados al conjunto de plancha de impulsión con un vástago. Esta plancha de impulsión reemplaza a la plancha de desgaste, a la de retracción, a los patines y al eje. Una junta universal mantiene la orientación o sincronización correctas entre el tambor y la plancha de impulsión. Este conjunto soporta cargas muy livianas si funciona correctamente. El ángulo entre el tambor y el conjunto de plancha de impulsión está controlado por un servomecanismo de vástago y pistón, el cual inclina el tambor en relación con la plancha de impulsión.

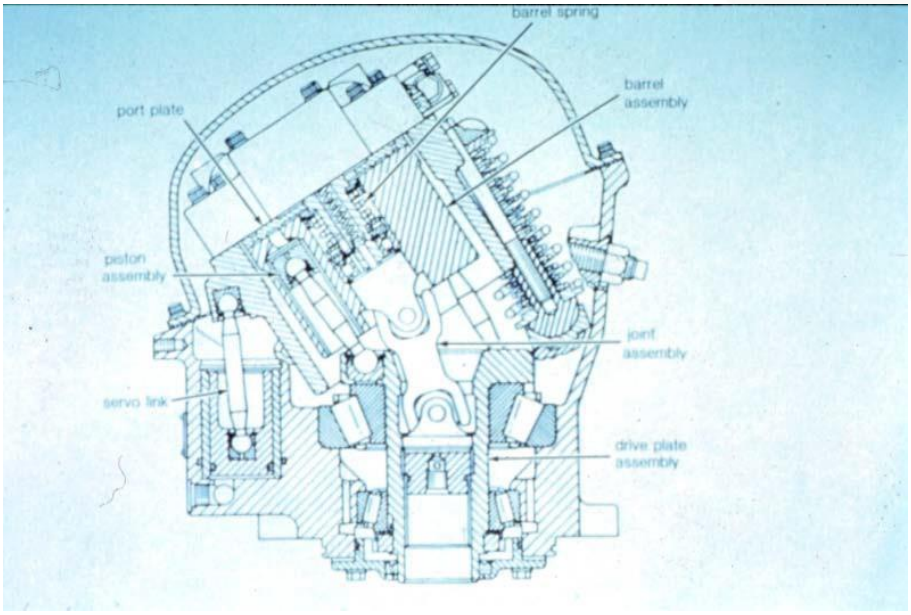


Figura 10

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los motores de tipo articulado y flujo fijo tienen las mismas piezas que los motores de flujo variable, excepto que el ángulo entre el tambor y la plancha de impulsión es fijo, eliminando la necesidad del servomecanismo de vástago y pistón.

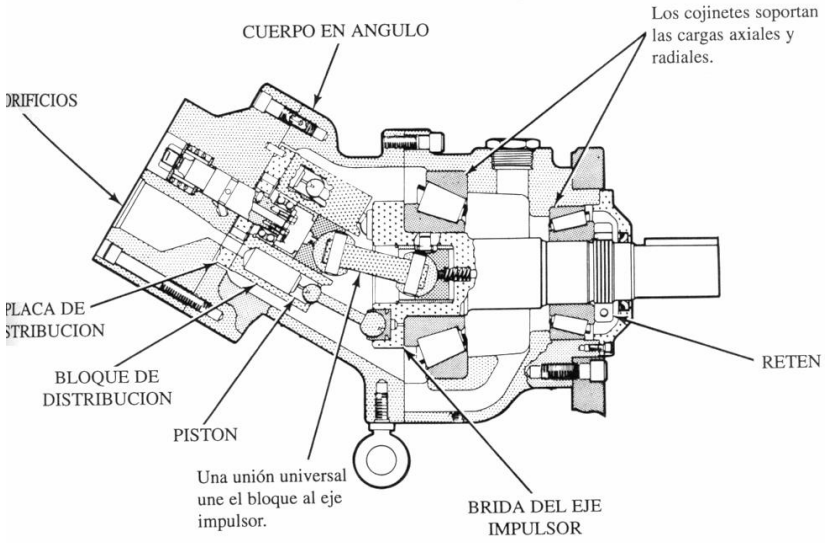


Figura 11

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los motores de tipo patín de vástago de émbolo, de flujo fijo son casi idénticos a las bombas, en cuanto a la construcción y piezas. En vez de girar por fuerza mecánica, el eje gira cuando el fluido mueve el tambor y los pistones. Esto vuelve a convertir la energía hidráulica en energía mecánica.

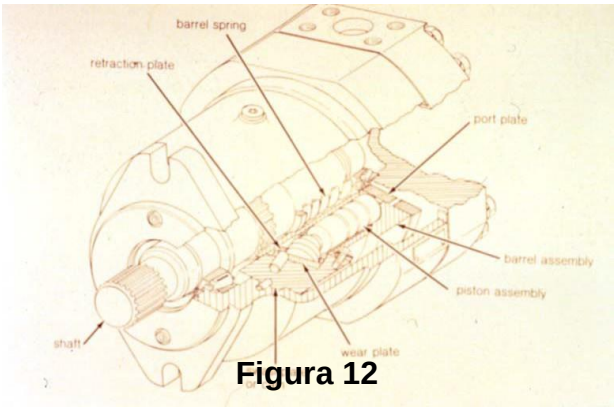


Figura 12

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Muchos motores y bombas de pistones tienen tambores maquinados a precisión, de forjas de aleación de acero con alto contenido de carbono. Los tambores están endurecidos en todo su espesor a una dureza Rockwell de aproximadamente Rc 32 para resistir mejor las altas presiones. Estos tambores los obstaculizan las camisas de bronce de las perforaciones de los pistones. Las camisas están enfriadas a una temperatura inferior a -17,7º (0º F) para que se contraigan lo suficiente y entren en las perforaciones de los pistones. Cuando las temperaturas de las camisas se recuperan a la temperatura ambiente, éstas quedan correctamente asentadas. El diámetro final de las camisas se hace con brocas de diamante para obtener el corte preciso requerido. Los tambores de color negro son fabricados de forma diferente y revestidos con una capa de lubricante para soportar el movimiento de los pistones de acero contra las perforaciones enchapadas.

Figura 13

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La cara de la lumbrera del tambor está endurecida por inducción a una dureza Rockwell superior a Rc55 y pulida a un acabado de superficie de 8 micro pulgadas, con un requisito de convexidad máxima de 0,0002 pulgadas para minimizar el desgaste. El endurecimiento por inducción deja, por lo general, colores de temple alrededor de la circunferencia externa del extremo de la lumbrera del tambor.

Figura 14

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las planchas de lumbrera se fabrican de aleaciones de acero o de cobre, según el tipo o diseño de la bomba. Esta plancha de lumbreras es de aleación de cobre. Las perforaciones elípticas son las lumbreras y las salientes en cada lado de las lumbreras son las bandas de sellado. Como esta aleación es más blanda que los componentes de acero de la bomba, es más susceptible al daño por abrasivos y materias extrañas.

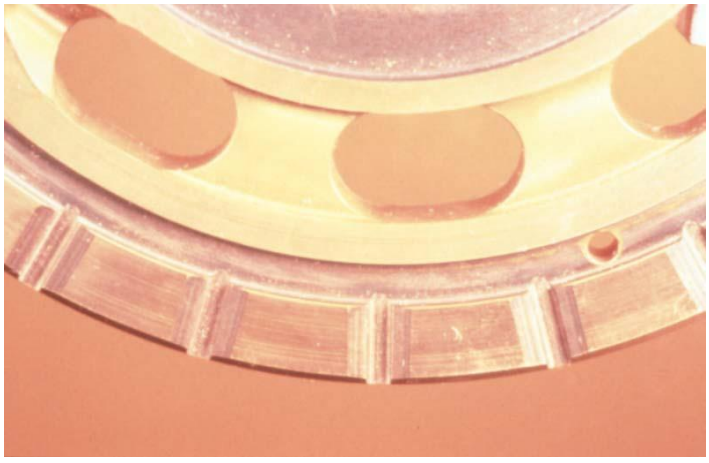


Figura 15

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las bombas tipo patín de vástago de émbolo usan conjuntos de pistón, de aleación de acero con bajo contenido de carbono, templado y endurecido a una dureza Rockwell de aproximadamente 60 Rc con un patín oscilante de latón (formado en frío) en un extremo del pistón.

Figura 16

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los patines se deslizan contra la plancha de desgaste, fabricada de aleación de acero, con medio contenido de carbono y endurecida a una dureza Rockwell de aproximadamente Rc55. La plancha de retracción mantiene los patines contra la plancha de desgaste y está fabricada de diversos materiales, desde polvo metálico calcinado hasta aleaciones de acero con medio contenido de carbono y endurecido.

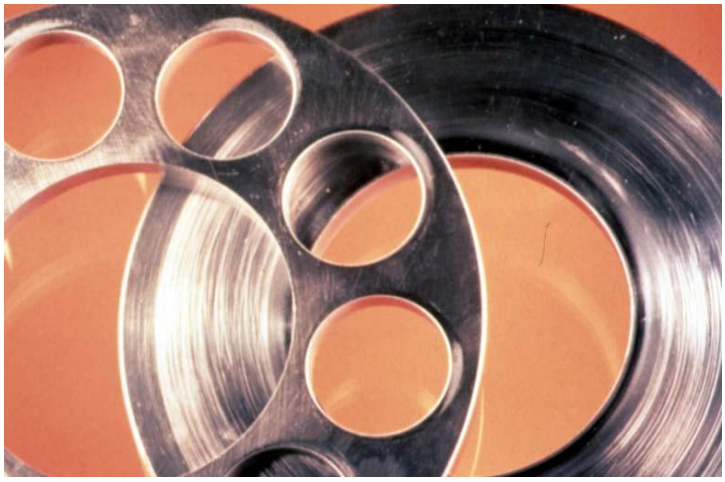


Figura 17

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las bombas y los motores de tipo vástago usan un pistón y un vástago, fabricados de la misma aleación de acero con bajo contenido de carbono, templado y endurecido en la superficie a una dureza Rockwell de aproximadamente Rc60. El otro extremo del vástago va unido a un inserto de aleación de acero, con alto contenido de carbono, endurecido también a una dureza Rockwell de Rc60.

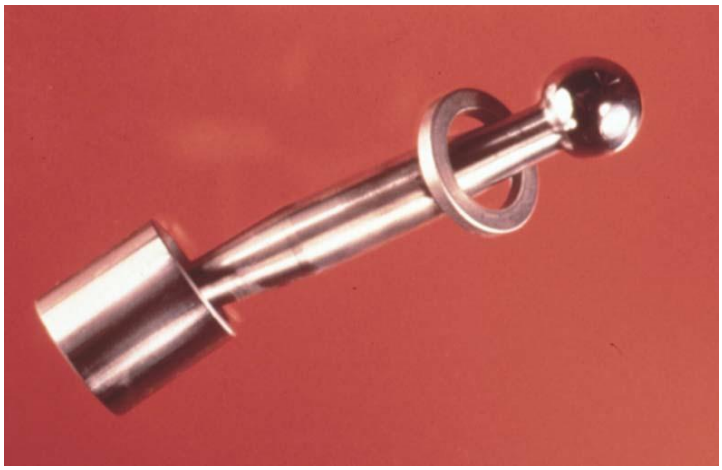


Figura 18

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El inserto de la varilla va sujetado a la plancha de impulsión, de forja de aleación de acero, con medio contenido de carbono, termo tratada a una dureza Rockwell de Rc30. El área estriada interna de la plancha de impulsión se nitrura a una dureza Rockwell de aproximadamente Rc40.

Figura 19

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Como los motores de servo-articulación utilizan una plancha de impulsión que no va unida al tambor por estrías, es necesario mantener la orientación o sincronización entre la plancha de impulsión y el tambor. Esto se logra con una junta universal de forja de aleación de acero al carbono y endurecimiento de la capa superficial. La junta universal está formada por dos horquillas estriadas y una articulación entre ellas. Una horquilla está unida por estrías al tambor y la otra a la plancha de impulsión. Esto mantiene la sincronización entre el tambor y la plancha de impulsión, pero no puede soportar cargas altas. La profundidad del endurecimiento de la superficie por el proceso de carbo-nitruración es mucho menor que la producida por templado, y la superficie tiene una dureza Rockwell de Rc44.

Figura 20

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los tres tipos de bombas hacen la misma función básica de convertir energía mecánica en energía hidráulica, produciendo un volumen específico de flujo de fluido. La bomba no crea presión. La presión resulta cuando se restringe el flujo procedente de la bomba. Cada tipo de bomba tiene una presión máxima de operación, determinada por lo general, por el diseño de los componentes internos. La función de los motores hidráulicos es exactamente opuesta, o sea convertir energía hidráulica en energía mecánica.

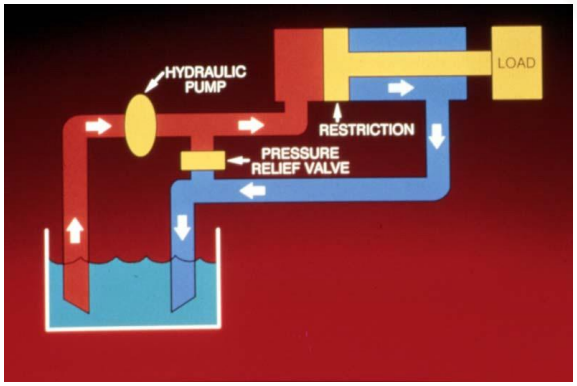


Figura 21

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Para que las bombas y motores trabajen correctamente, el sistema debe estar lleno con la cantidad, calidad y tipo correctos de fluidos hidráulicos. Las mezclas adecuadas de fluidos pueden:

- Transmitir potencia Lubricar piezas Sellar la presión Enfriar el sistema Evitar la oxidación
- Contrarrestar la oxidación por fluidos
- Separar el agua Eliminar la espuma Mantener la viscosidad
- Proporcionar compatibilidad con los sellos

La mayoría de los fluidos hidráulicos de viscosidad adecuada pueden llevar a cabo las cinco primeras funciones, ya que éstas no dependen demasiado del compuesto del fluido. La mayoría de los fluidos pueden transmitir potencia, lubricar componentes, sellar las presiones controlando las fugas, reducir la temperatura e impedir la herrumbre. Sin embargo, las últimas cinco funciones dependen del compuesto del fluido o mezcla. Los aditivos adecuados pueden preservar la calidad de los fluidos a altas temperaturas, impidiendo la oxidación del fluido, mientras que otros aditivos proporcionan algo de emulsibilidad de pequeñas cantidades de agua en el sistema. Otros aditivos por ejemplo, pueden reducir la espuma, ayudando a mantener la viscosidad durante los cambios extremados de temperaturas e impedir que el fluido dañe los sellos del sistema.

Es sumamente importante mantener el fluido limpio y sin contaminantes. Esto se logra mejor limpiando el fluido. El uso de filtros recomendados según el programa de mantenimiento puede evitarle problemas de calidad, como filtros rotos o taponados. Un muestreo de fluidos a intervalos regulares puede controlar el desgaste de las piezas de metal, la formación de materia extraña y es una buena manera de monitorear la calidad del fluido.

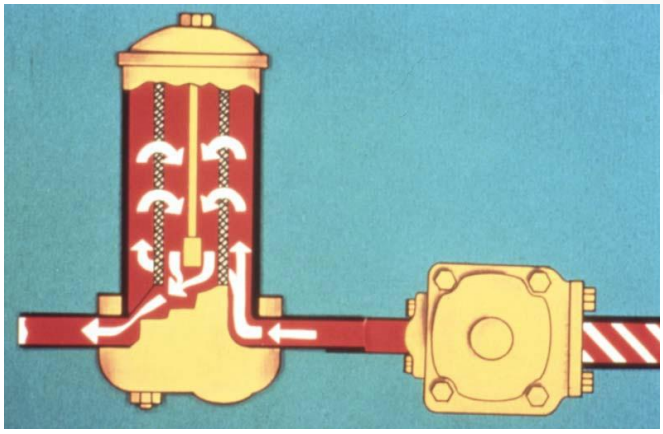


Figura 22

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El diseño del tanque es de suma importancia para el funcionamiento adecuado ya que la bomba debe disponer continuamente de fluidos de alta calidad. La mayoría de los tanques se fabrican de acero y tienen una mirilla para facilitar el monitoreo del nivel de los fluidos. El fondo de la mayoría de estos tanques tiene un declive hacia el tapón de drenaje para drenar con facilidad cualquier materia extraña. Las tapas están diseñadas para facilitar el acceso y permitir la limpieza.

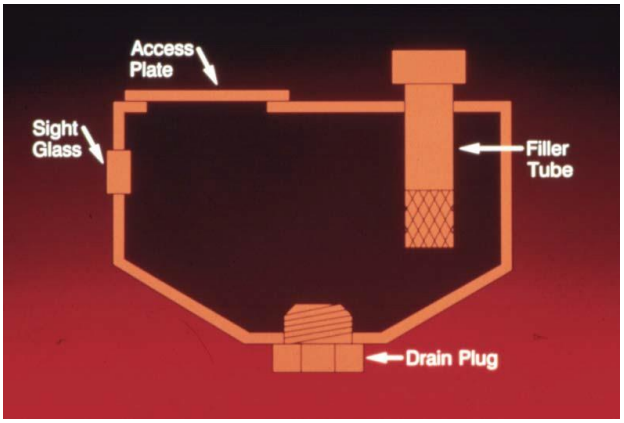


Figura 23

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La mayoría de estos tanques tienen las tuberías de admisión y de retorno por debajo del nivel del fluido para impedir la acción de aireación. Entre la tubería de admisión y la de retorno de la bomba se colocan planchas deflectoras para evitar la turbulencia, para no dejar pasar la materia extraña, para que escape el aire atrapado y para facilitar su enfriamiento. Algunos sistemas son herméticos y están presurizados. Por lo general estos sistemas se mantienen más limpios que los sistemas ventilados.

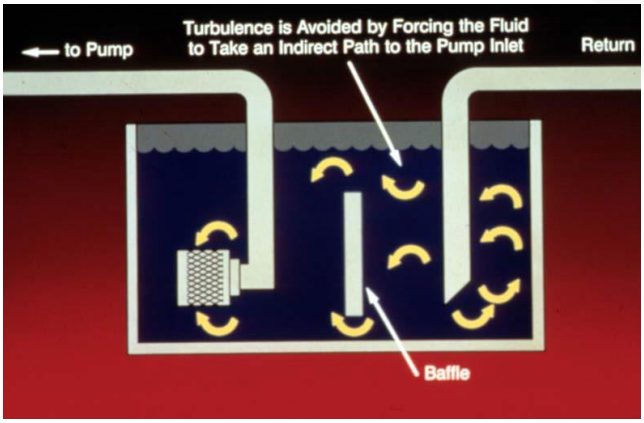


Figura 24

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Operación

Cuando los motores y las bombas comienzan a funcionar, el flujo y la presión de los fluidos crean cargas en los diversos componentes de la bomba. Es necesario familiarizarse con estas cargas y conocer la apariencia y áreas de desgaste que causa cada una de las diversas cargas.

Cuando las bombas de engranaje comienzan a operar, el fluido hidráulico pasa por los dientes de engranajes en la admisión de la bomba. Al continuar rotando los engranajes, el fluido se dirige hacia la salida de la bomba, donde sale por entre los dientes. La presión se desarrolla por la obstaculización del fluido, creada por la carga, más abajo en el sistema.

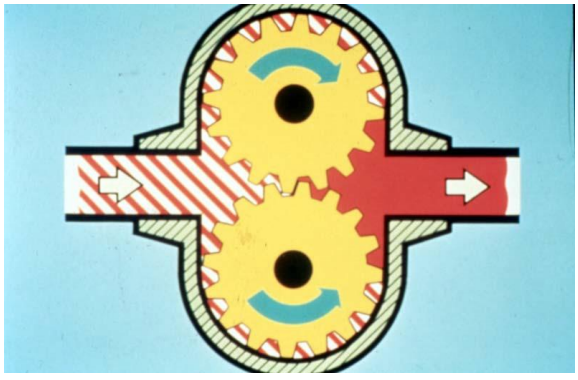


Figura 25

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El fluido a alta presión dobla ejes hacia el lado de baja presión de la bomba y puede hacer que los dientes del engranaje “arranquen” parte del material de la caja, próximo a la lumbrera de admisión. Algunas cajas de hierro fundido tienen un alivio de presión en

el área de la lumbrera de admisión para evitar que esto suceda. La presión ejerce también esfuerzos en la caja y en la pestaña y crea cargas torsionales en los ejes.

Figura 26

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Al aumentar la presión, el aceite fluye por detrás de las planchas de presión, marcadas A y B en esta ilustración, y las empuja contra los costados de los engranajes, sellando el lado de alta presión del de baja presión de la bomba. Algo del fluido a alta presión va a los bujes para lubricarlos. Algunas bombas de engranaje pueden operar con una presión aproximada de 23.443 kPa, sin que el aislamiento de los lados de entrada y salida sea un problema.

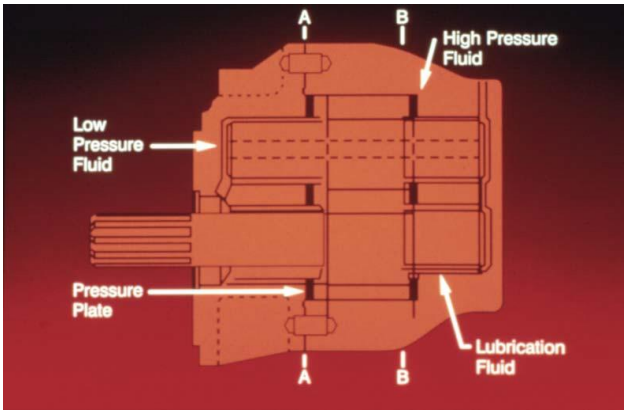


Figura 28

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El giro de las bombas de paletas crea flujo de fluido al girar el rotor y paletas dentro del anillo de levas elíptico. Cuando las paletas pasan, totalmente extendidas, por la admisión de la bomba, atrapan fluido entre el anillo y el rotor. Las paletas lo empujan a un área de rápida reducción, forzando su salida. La fuerza centrífuga sella las paletas contra los anillos de levas hasta que se presuriza el sistema. Luego, se dirige, por conductos maquinados en la ranura de la paleta, fluido a alta presión, a la parte superior del inserto. Esta mayor presión ayuda a sellar la paleta contra el anillo de leva. Orificios en ángulo taladrados del diámetro externo del rotor al fondo de cada ranura de paleta igualan la presión en la parte superior e inferior de las paletas evitando así una traba hidráulica.

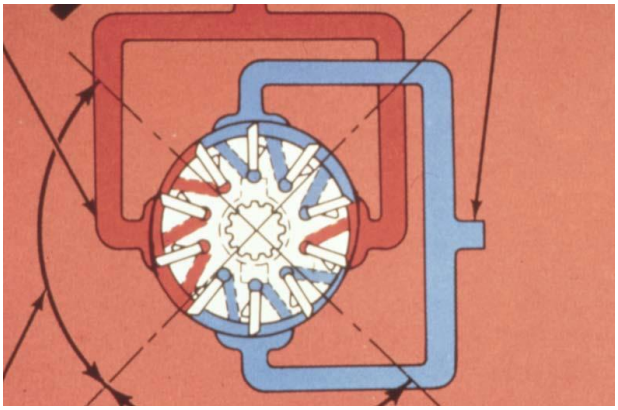


Figura 27

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El fluido a alta presión mantiene las planchas de flexión contra los lados del rotor y se desgastan por deslizamiento. Como el rotor tiende a oscilar un poco durante el arranque, las planchas de flexión están expuestas también a esfuerzos de doblamiento.

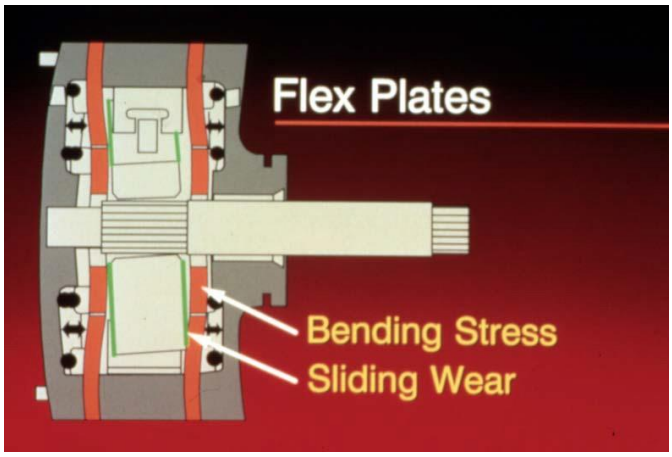


Figura 28

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los ejes reciben cargas torsionales por la resistencia al giro, así como esfuerzos de doblamiento creados por el piñón.

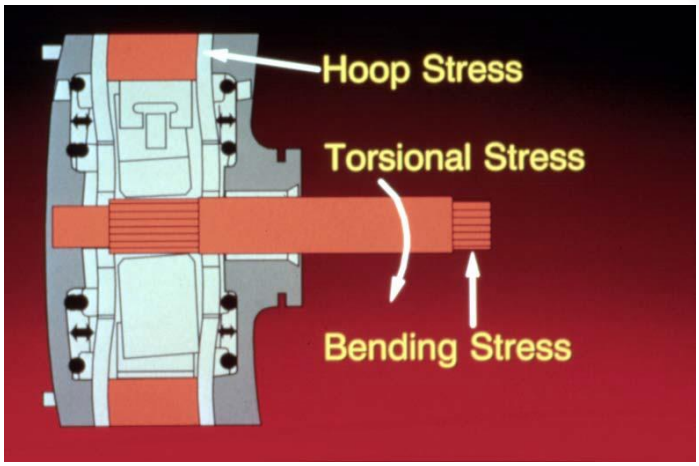


Figura 29

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las paletas se mantienen ajustadas contra el anillo de levas creando desgaste por el roce de los extremos. Además, las paletas suben y bajan en las ranuras del rotor, causando desgaste en las superficies por el roce continuo. Las paletas sufren algunos esfuerzos de doblamiento por el empuje constante del fluido hacia adelante.

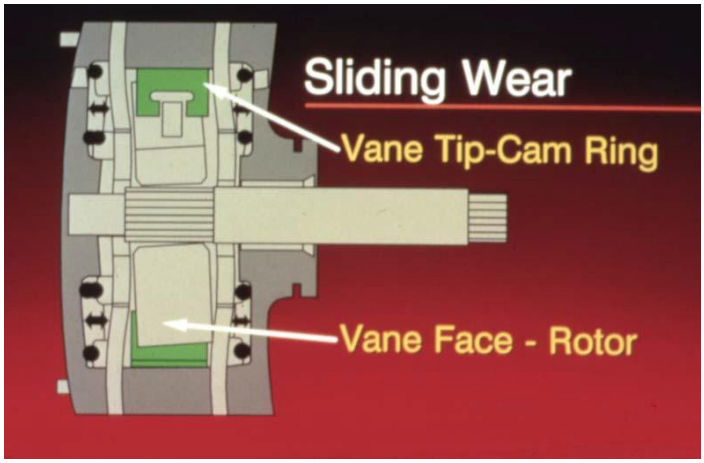


Figura 30

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La alta presión de salida trata de deformar aún más al anillo elíptico de levas, creando fuerzas de tensión en el exterior. En la admisión, el anillo de levas se comprime, ejerciendo fuerza tensión en el interior. Los anillos de levas están diseñados con dos salidas de alta presión, una opuesta a la otra para reducir, significativamente, el desgaste de los bujes.

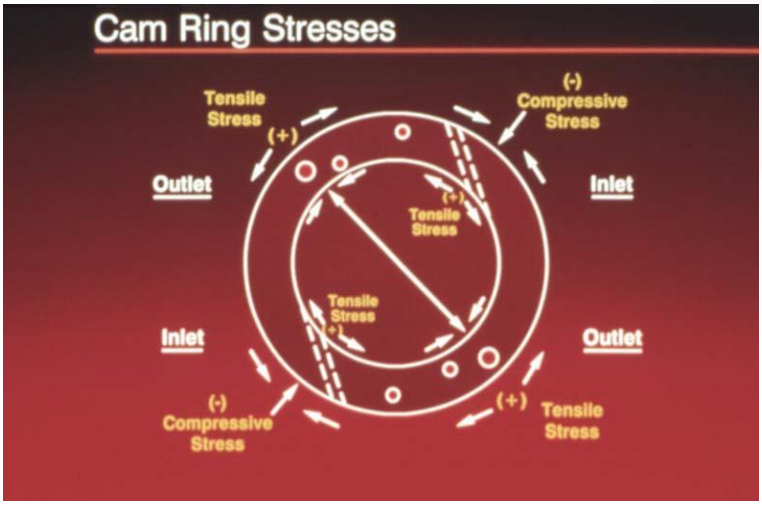


Figura 31

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cuando comienzan a operar las bombas de pistones, algunos pistones quedan expuestos al fluido que entra. La plancha de retracción tira estos pistones hacia abajo y el fluido hidráulico llena el cilindro. Al continuar la rotación, los cilindros pasan por debajo de la lumbrera de salida, mientras los pistones suben en sus cilindros forzando la salida del fluido. Hasta obtener la presión normal de operación, el tambor se mantiene contra la plancha de lumbreras por uno o más resortes. En la operación normal una disminución del área en la parte superior del cilindro causa una caída de presión que mantiene el cilindro contra la plancha de lumbreras. Fluye también fluido a alta presión por pequeños agujeros en los pistones para lubricar los patines. Los motores operan casi de la misma manera, excepto que la presión hidráulica hace girar al tambor y al eje impulsor, y no que el eje impulsor haga girar al tambor. En los motores de vástago y pistón, el vástago empuja contra la plancha impulsora, y no contra una plancha de desgaste, haciéndolo girar.

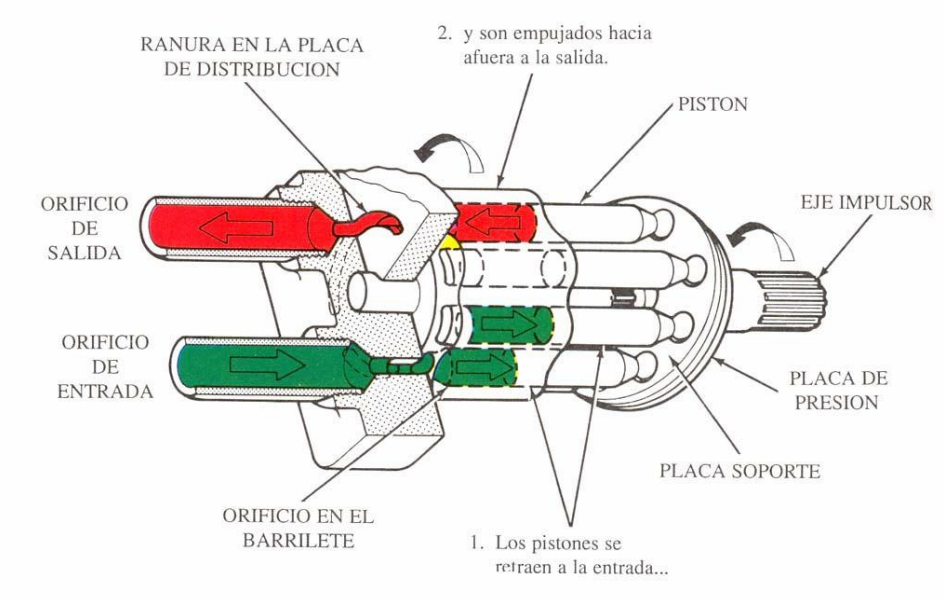


Figura 32

La resistencia a la rotación crea esfuerzos torsionales en los ejes impulsores, en las planchas impulsoras y en las estrías del tambor. La mayoría de los componentes de la bomba están expuestos a desgaste por deslizamiento. Por el movimiento hacia arriba y hacia abajo, o por la rotación de los patines contra las planchas de desgaste. Las planchas de retracción sustentan cargas de doblamiento entre el lado de admisión y el lado de salida.

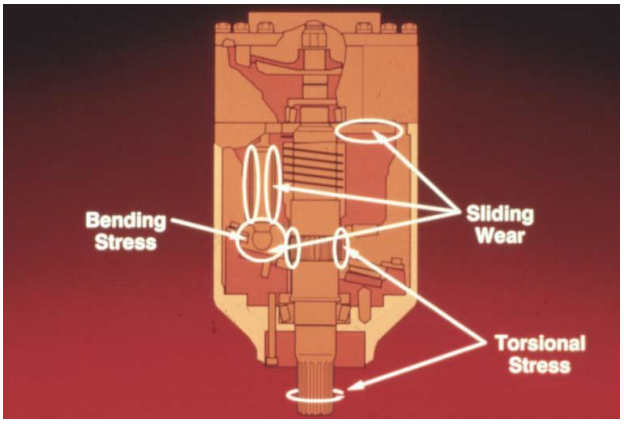


Figura 33

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

3.2 Procedimiento del análisis

Antes de poder llevar a cabo un buen análisis de las fallas de bombas, debemos saber cómo inspeccionarlas, donde buscar y qué es lo que tratamos de encontrar. Necesitamos conocer también la apariencia física de las piezas que funcionan normalmente. Después de esta inspección visual les será más fácil recordar cómo hacer todo bien.

Si se cuenta con buenos datos, se puede determinar mejor la causa principal de la mayoría de las fallas. Se deben obtener los datos necesarios pertinentes al estado de operación, tanto antes, como al ocurrir la falla y, darse cuenta del estado general del sistema hidráulico. Se deben obtener y registrar datos como el total de horas de operación de la máquina y de la bomba, registros de mantenimiento y reparaciones del sistema hidráulico, resultados del análisis del fluido hidráulico, cambios sutiles en el mantenimiento del sistema, ruidos anormales, etc. Debemos hacer preguntas sobre el estado del sistema hidráulico. Ejemplo: ¿Se usó el aceite correcto?, ¿Tenía suficiente aceite el sistema?, ¿Cuándo se hizo la última verificación del nivel de aceite del sistema hidráulico?

Se deben obtener, identificar adecuadamente y proteger contra daños externos y corrosión las piezas que sufrieron la falla, así como toda otra pieza que se crea haber participado en la falla. Es bueno obtener los filtros y una muestra del fluido si la falla fue por desgaste.

Antes de desarmar los motores y las bombas debemos marcar cuidadosamente la ubicación de todos los componentes. Se debe confirmar la dirección de rotación y hacer que las paletas coincidan con las ranuras correspondientes, o los pistones con sus cilindros respectivos. Se deben inspeccionar también los sellos y las planchas para ver si han sido armados correctamente.

Figura 34

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las partículas de desgaste que se encuentran en las piezas de las bombas pueden ayudarnos a determinar la causa del desgaste, y no se deben alterar de ninguna forma. Si se limpian las piezas de una bomba antes de hacer la inspección visual, se corre el riesgo de eliminar la evidencia que nos puede indicar la causa principal de la falla. Utilizando una buena fuente de iluminación, se debe inspeccionar minuciosamente todas las piezas para ver si hay indicios de desgaste, de recalentamiento (sellos rotos o derretidos, manchas, aceite oxidado), errores durante el armado o problemas generales de las piezas

La inspección visual es la más importante para recopilar datos y hacer un análisis de fallas. Las piezas son registradores de información, con mucha información útil, si nos tomamos el tiempo y usamos el equipo adecuado para obtenerla. Una inspección minuciosa y metódica de los sellos, superficies de sellado, cilindros y superficies de fractura y de desgaste pueden proporcionar la información necesaria para encontrar la causa principal.

Con una lupa y luz en ángulo para hacer contraste debemos ver las áreas de mayor importancia como los puntos de iniciación de fracturas, picaduras, frote, etc. Debemos poder determinar también la causa de la falla: erosión por cavitación, desgaste abrasivo, etc. Debemos también buscar rebabas de desgaste atrapadas en pequeñas aberturas. Una vez establecida la causa de la falla podemos seguir la huella hasta encontrar la causa principal. Por ejemplo, las picaduras finas de una plancha de lumbrera indican cavitación o aireación. Esto nos dice que busquemos causas como aireación, taponamiento o bajo nivel de fluido a la bomba, etc.

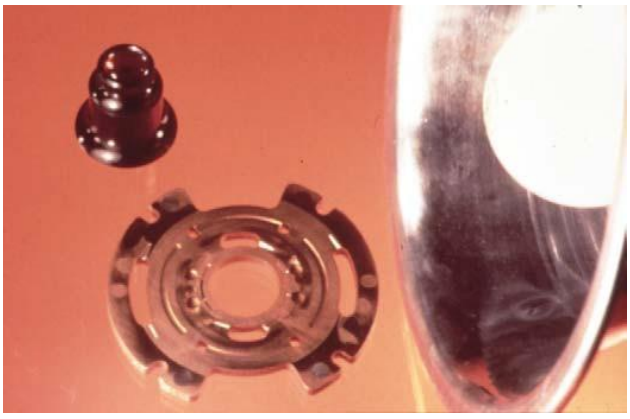


Figura 35

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Durante la inspección visual debemos llevar un registro meticuloso de todos los datos de las diversas piezas. Debemos también anotar todo número de serie, códigos de fecha y toda información que consideremos útil para resolver el problema. Esto se puede hacer

en un cuaderno, con una cámara fotográfica, una cámara de video o una grabadora. Nos referiremos nuevamente a este registro cuando comparemos nuestra lista de posibles causas con los hechos.

Condiciones normales

Es necesario familiarizarse con la apariencia normal de los componentes antes de que podamos determinar si tienen una algo anormal. Piezas nuevas, piezas usadas en buen estado o fotografías de piezas obtenidas de las guías de reutilización pueden indicarnos su apariencia normal.

Veamos ahora huellas de operación normal de bombas de engranajes. Por lo general los piñones y engranajes tienen un pulido del lado de los dientes que soportan las cargas y, cuando el total de horas de operación es alto, algunas picaduras superficiales en la raíz de los dientes.

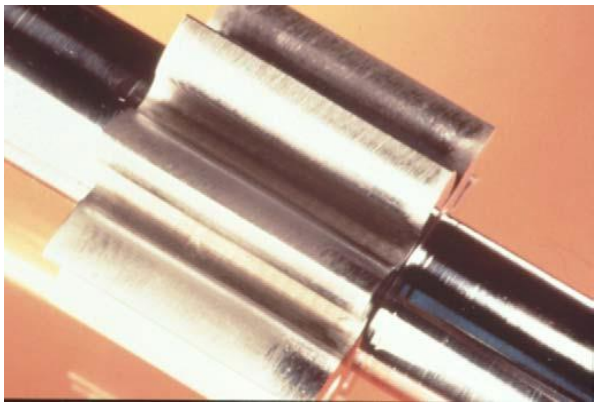


Figura 36

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Es posible que haya también un pulido fino por abrasión en donde los bujes hacen contactos con el eje y, los sellos, por lo general desgastan una ranura poco profunda en el eje.

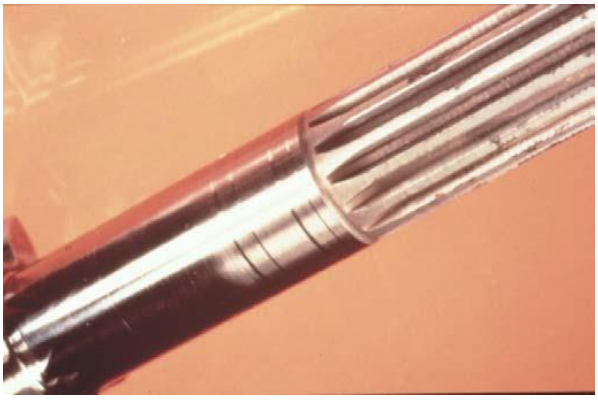


Figura 37

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los engranajes pueden cortar las cajas de aluminio en la lumbrera de entrada por la deflexión de los ejes bajo presión. Algunas cajas de hierro fundido se fabrican con un área de alivio en esa zona para evitar el contacto entre el engranaje y la caja.

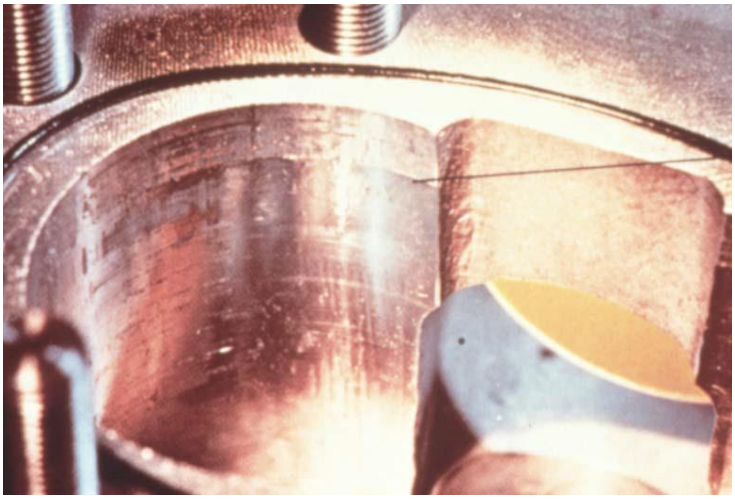


Figura 38

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Por lo general las planchas de presión desarrollan pequeñas fracturas en la aleación de cobre, en donde los engranajes vuelven a engranarse en la salida.

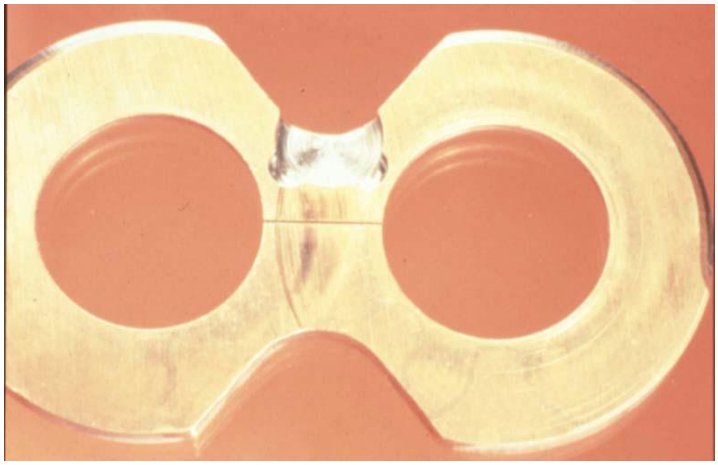


Figura 39

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

No deben aplanarse, deformarse ni rajarse los sellos y deben retener su flexibilidad.

Figura 40

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El desgaste en las bombas de paletas ocurre entre las planchas de flexión y las ranuras del rotor y entre el anillo de levas y las puntas de las paletas. Una inspección minuciosa de estas áreas mostrará indicios de desgaste normal o anormal.

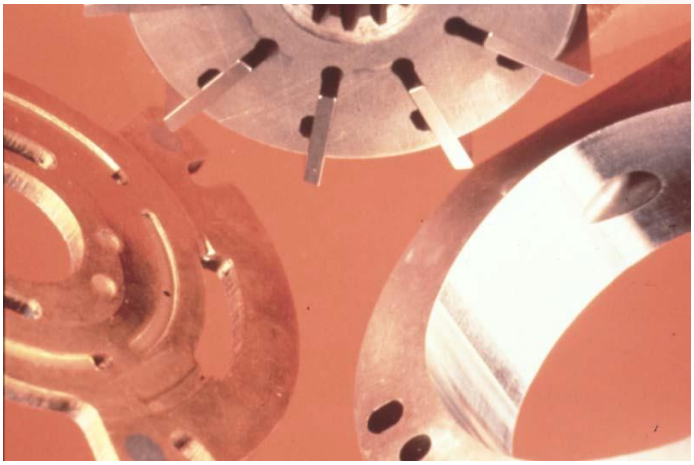


Figura 41

Las paletas sufren poco o nada de desgaste cuando operan normalmente.

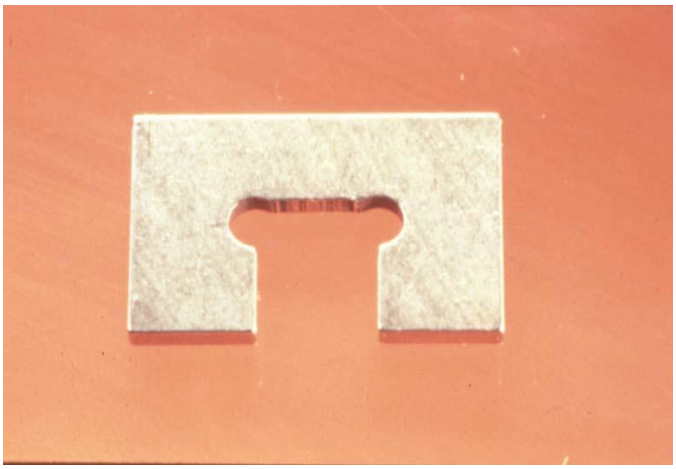


Figura 42

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las puntas de las paletas sufren muy poco desgaste si la cantidad y la calidad de los fluidos son adecuadas.

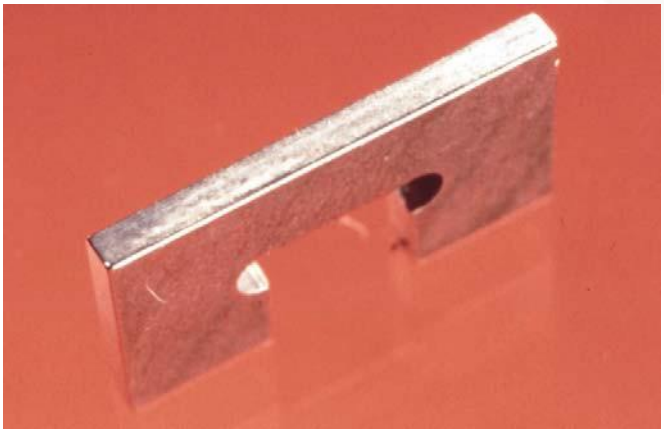


Figura 43

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Normalmente los anillos de leva no muestran decoloración térmica ni desgaste. Puede poderse ver aún una superficie con un terminado ondeado, hecho por el proceso de bruñido.

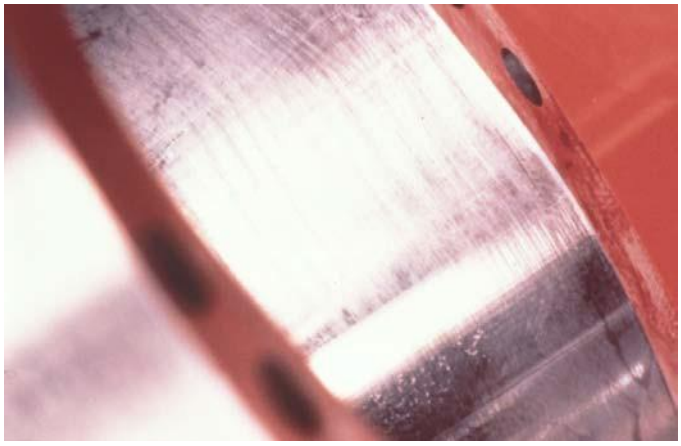


Figura 44

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los sellos de caucho y los retenes de plástico no deben tener manchas térmicas, estar derretidos, agrietados ni quebradizos.

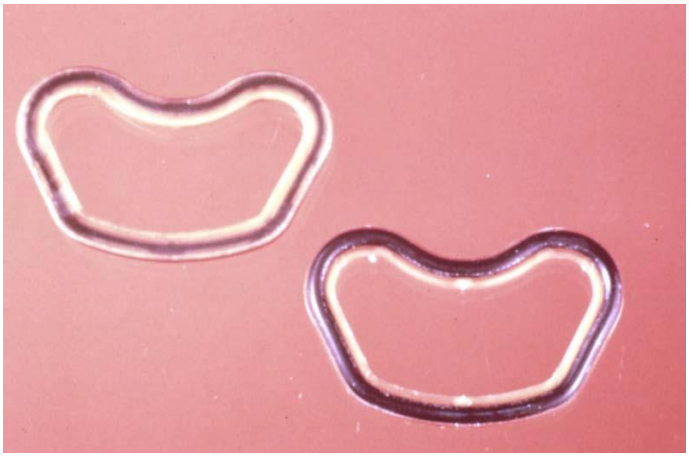


Figura 45

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los motores y bombas de pistones tienen una apariencia peculiar durante la operación normal. Las planchas de lumbreras, de aleación de cobre, pueden obscurecerse con el tiempo, aún a la temperatura normal de operación.

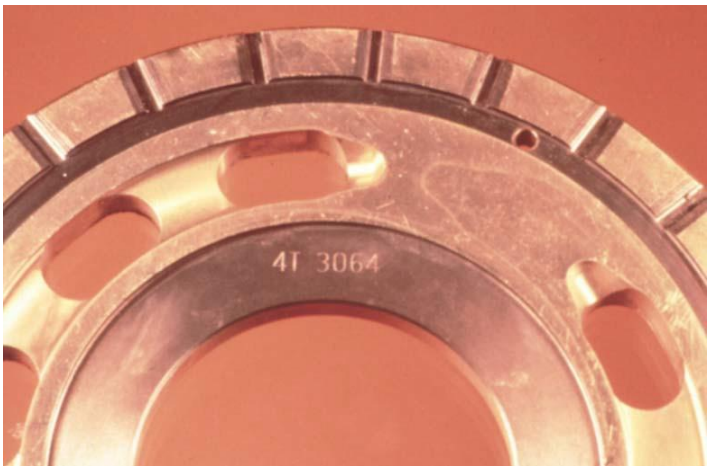


Figura 46

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La superficie de la lumbrera del tambor puede tener ralladuras leves, en donde las bandas de sellado de la plancha de la lumbrera toca la superficie del tambor. Esto se debe a las minúsculas partículas abrasivas que, por lo general, están presentes en los fluidos hidráulicos.

Figura 47

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las planchas de desgaste pueden tener también ralladuras finas, pero no deben tener desgaste por adherencias, fisuras ni manchas térmicas.

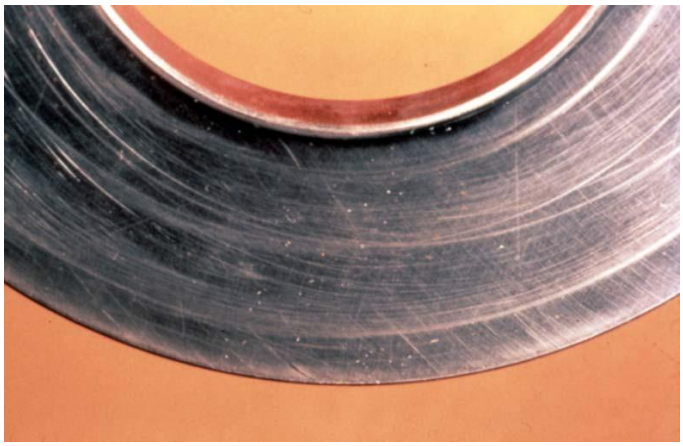


Figura 48

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las planchas de retracción sufren un pulido ligero alrededor de los agujeros, causado por el desgaste entre los patines y la plancha de retracción.

Figura 49

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los conjuntos de pistones y patines mostrarán un leve pulido en el tambor y en el área de contacto entre la plancha de retracción y el patín. Por lo general, el desgaste de los patines muestra una superficie pulida brillante con algunas ralladuras finas.

Figura 50

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El eje de la bomba puede mostrar algo de desgaste en las estrías, el cual debe compararse con las pautas de reutilización. Los sellos pulirán ranuras en las superficies de sellado, las cuales no deben exceder las recomendaciones de la guía de reutilización. Hay veces que se astillan las muescas, pero no deben agrietarse.

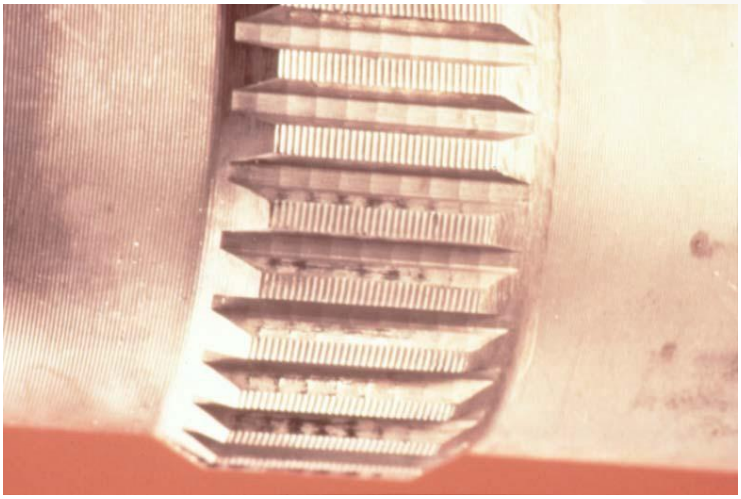


Figura 51

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Condiciones anormales

Durante el resto del Seminario nos valdremos de los “Ocho pasos del Análisis de Fallas” para diagnosticar fallas existentes con bombas y motores. Debemos recordar que nuestra tarea no termina al determinar la causa principal sino que debemos “obtener la recompensa” tomando los hechos en cuenta para explicar al cliente la causa principal de la falla y tomar las medidas necesarias para corregir el problema.

Los Ocho Pasos nos evitarán formarnos ideas preconcebidas que puedan llevarnos por un camino equivocado. Cuando se asumen conclusiones, en lugar de dejar que las piezas revelen la verdad, es muy posible cometer errores que resultarán en reparaciones innecesarias, largos períodos de paralización o cargos excesivos. Todos estos factores aumentan el riesgo de pérdidas de ventas y servicio, debido a la insatisfacción del cliente.

Los motores y bombas hidráulicas pueden operar en ambientes hostiles, como contaminación por abrasión, aireación, cavitación, falta de lubricación, recalentamiento o presiones excesivas. Puede también haber problemas de diseño, con los materiales, de proceso o armado de la bomba. Cuando existen condiciones inusuales que causen desgaste o fractura, necesitamos inspeccionar las piezas y determinar la causa del problema.

Desgaste por abrasión

Cuando ocurre desgaste por abrasión se deben encontrar e identificar las partículas abrasivas. Se debe recordar no limpiar las piezas antes de inspeccionarlas porque se pueden remover las partículas. Con frecuencia las partículas más pequeñas quedan atrapadas en aberturas pequeñas o incrustadas en el material más blando de la bomba, en donde se pueden ver con una lupa. Se debe obtener una muestra del fluido, ya que un análisis puede identificar el material de las partículas.

Es preferible usar un estereoscopio plegable para buscar partículas abrasivas pequeñas. Se necesita el ajuste más alto de estos microscopios para poder ver estas partículas.

Figura 52

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Estudiaremos las huellas de desgaste abrasivo en los componentes de las bombas de engranajes, de paletas y de pistones axiales. Seguiremos la misma secuencia para cada una de las otras modalidades de fallas.

El desgaste abrasivo saca material y cambia la apariencia física de las piezas, caracterizada por el tamaño de las partículas abrasivas. Las partículas abrasivas muy finas pulen las superficies de metal y las dejan lustrosas. Las partículas más grandes dejan un acabado de color gris opaco y ligeramente esmerilado, que se denomina por lo general, acabado mate o satinado. Las partículas aún más grandes producen ralladuras que tornan ásperas las superficies y exponen el metal, como se ve en esta plancha de flexión.

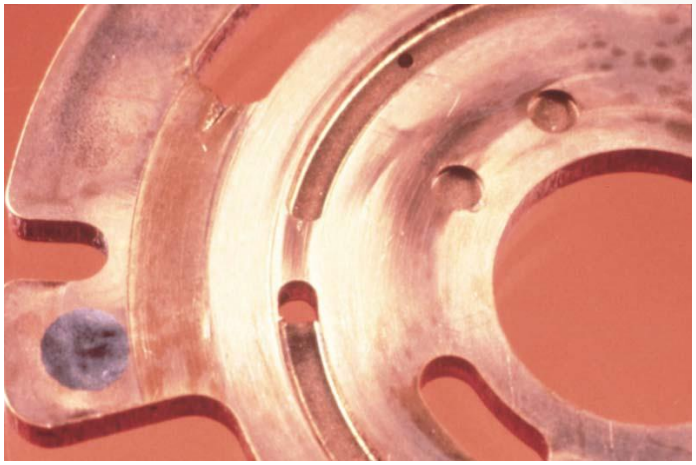


Figura 53

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La contaminación abrasiva en las bombas de engranajes suele ocurrir en los dientes, en el eje, en las planchas de presión y en la caja de la bomba. Noten las ralladuras verticales finas en el lado de engranaje de los dientes del engranaje, un indicio de la presencia de abrasivos.

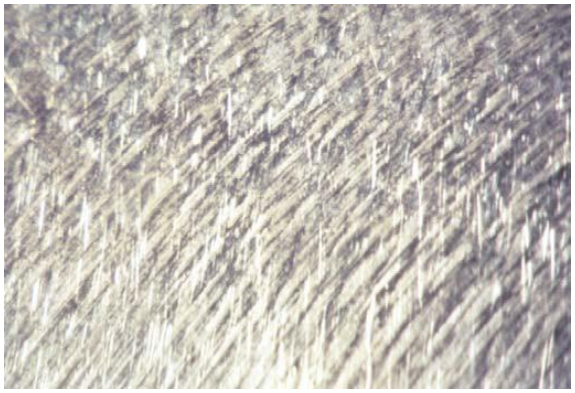


Figura 54

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Otro indicio de materia abrasiva es el ranurado en el eje, causado por los sellos, como se puede ver aquí. Esto indica que el sistema hidráulico ha sido contaminado por partículas abrasivas y, nuestro objetivo es determinar el tipo de materia abrasiva y cómo entró en el sistema. La materia abrasiva puede entrar del exterior por el tubo de llenado del tanque o por un sello dañado. El fluido que se añade puede estar contaminado, contaminando así intencionalmente el sistema; es posible que la contaminación provenga de las operaciones de fabricación o que el sistema no haya sido cuidadosamente purgado después de una falla anterior. Pueden facilitar la identificación de los contaminantes una inspección visual minuciosa y un análisis del fluido.

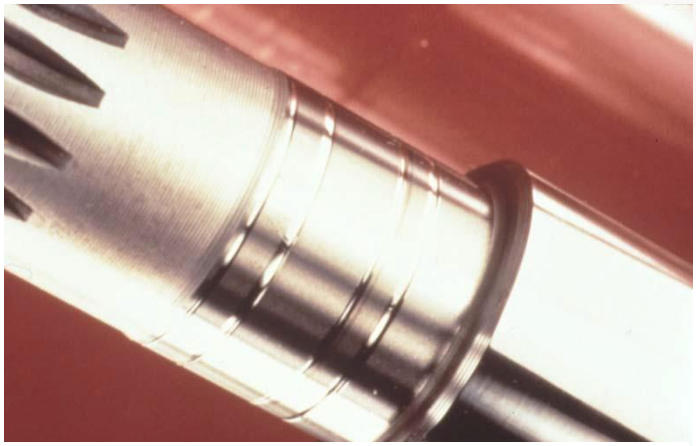


Figura 57

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La forma de los agujeros en esta plancha de presión indica que las partículas contaminantes en el fluido eran redondas y duras. En esta ilustración se puede ver un balín de acero, cosa que nos hace suponer que es el contaminante responsable del daño. Nuestra tarea es determinar cómo entró en el sistema: si se introdujo durante el proceso de fabricación, durante una reparación previa o intencionalmente.

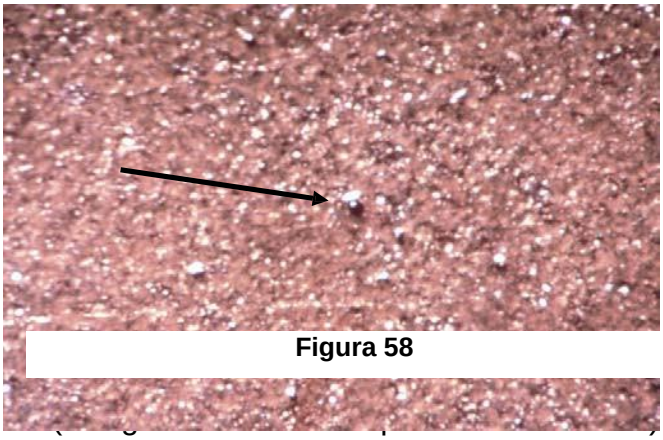
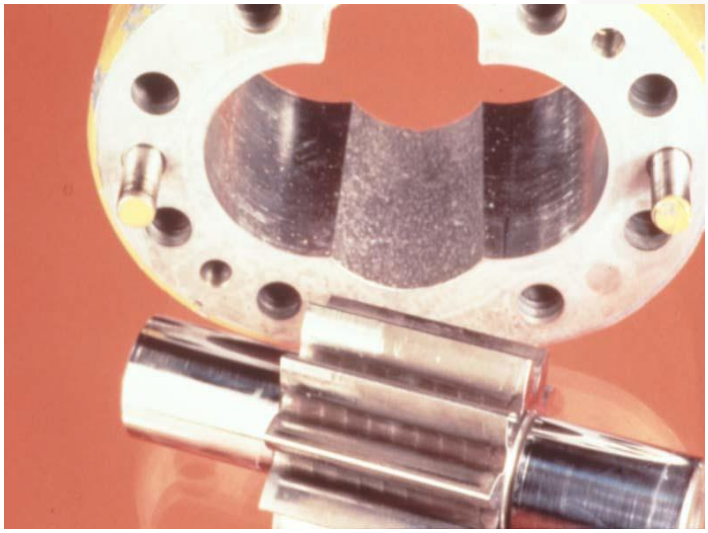


Figura 58

Las cajas de aluminio de las bombas de engranajes son suficientemente blandas para que los abrasivos las rayen y se incrusten en el metal. Al desgastarse los bujes por abrasivos, la presión de salida desvía los ejes hacia el lado de entrada de las cajas. Los abrasivos quedan atrapados entre las puntas de los dientes del engranaje y las cajas, rayando el área próxima a la lumbrera de admisión. Algunas veces, las partículas abrasivas se incrustan en el aluminio blando al final de la ralladura.



(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Figura 59

Una inspección minuciosa de la caja de aluminio con luz en ángulo y una lupa revela ralladuras profundas, típicas de materias duras, como arena. El análisis del fluido debe confirmar un alto contenido de silicio. El paso siguiente es identificar la entrada de arena en el sistema.

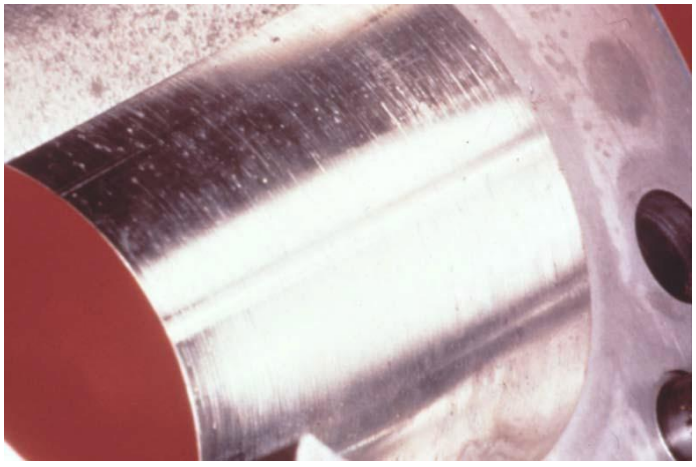


Figura 55

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El desgaste abrasivo fino, pero anormal en las bombas de paletas deja huellas en las planchas de flexión, en las paletas y en los anillos de leva.

Un acabado pulido, liso y brillante, como el que se ve en esta plancha de flexión, es un indicio de abrasivos en el sistema. Nuevamente es necesario hacer una inspección visual y un análisis del fluido para determinar el tipo de material responsable por la contaminación del sistema. Un buen lugar donde buscar es en el lado de aleación de

cobre de la plancha de flexión, ya que las partículas se incrustan siempre en el material blando. Una vez que hayamos encontrado e identificado las partículas abrasivas, necesitamos determinar cómo entraron en la bomba.

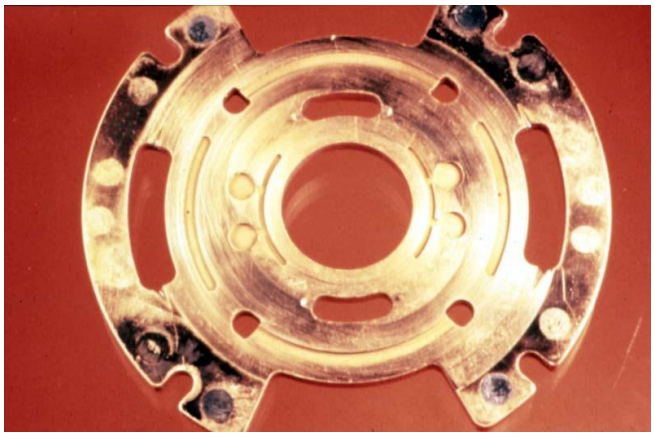


Figura 56

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las partículas abrasivas más grandes que entran en las bombas de paletas crean ralladuras profundas y causan más fugas entre las piezas desgastadas. Esta plancha de flexión muestra el resultado de contaminación por arena en una bomba de paletas.

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Figura 62

Las paletas muestran también indicios de desgaste por abrasión. Las partículas abrasivas desgastan la ranura de la paleta y rotor, dando a la paleta una apariencia física de color gris mate.

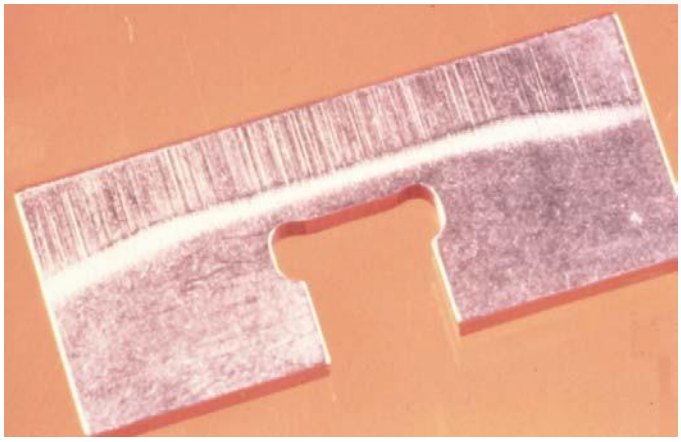


Figura 57

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una contaminación más severa produce ralladuras que pueden extenderse sobre la superficie entera de la paleta. El mayor daño por abrasión ocurre en el lado de la paleta opuesto a la dirección de rotación.

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La materia abrasiva saca también material de la punta de la paleta, haciéndola más ancha y plana. Compare la apariencia de un extremo desgastado por abrasión de la paleta más grande, con la paleta normal más pequeña.

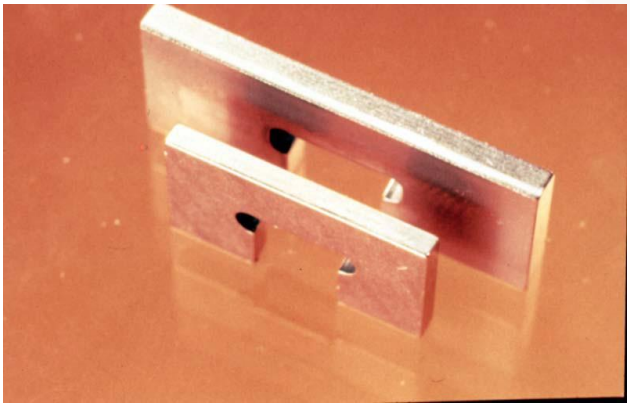


Figura 58

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El desgaste por abrasión entre las ranuras y paletas aumenta el espacio libre, causa fugas excesivas y pérdida de presión en el inserto de la paleta. El resultado es un movimiento oscilante de la paleta que causa arrugas en el anillo de levas. Esta apariencia puede ser también el resultado de cavitación o aireación y recalentamiento de fluidos y no es una evidencia conclusiva de desgaste por abrasión.

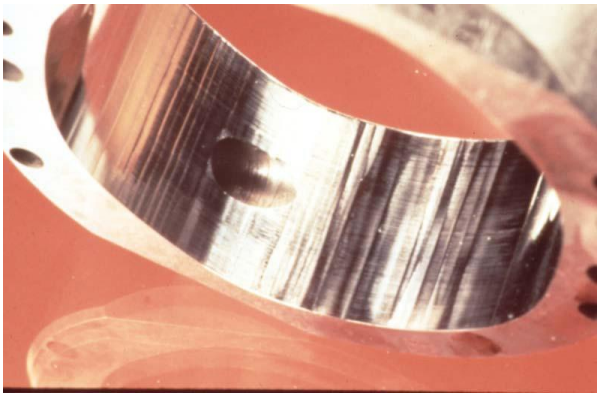


Figura 59

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cuando la materia abrasiva entra en los motores o bombas de pistones causa desgaste en las planchas de las lumbreras, en los tambores, en los pistones y patines y en las planchas de retracción.

Las planchas de lumbreras y los tambores se desgastan más alrededor de las lumbreras y de las bandas de sellado, cuando el contaminante entra por el lado de admisión. Un buen lugar donde buscar materia extraña es en la superficie de empuje de la plancha de lumbrera, o en las ranuras y perforaciones del lado posterior de la plancha de lumbrera. No se olvide de buscar materia extraña antes de limpiar las piezas.

Figura 60

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Algunas veces las partículas abrasivas se incrustan en el material más blando o dejan un agujero como huella, de su forma y tamaño.

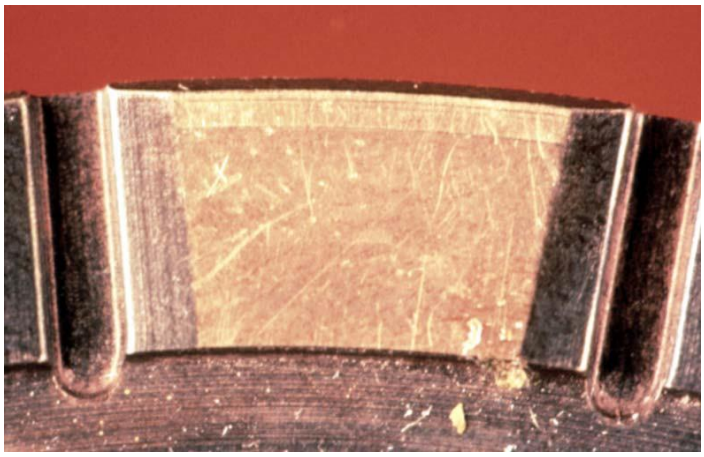


Figura 61

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las partículas redondas y pequeñas incrustadas que se ven en esta plancha de lumbrera son granos de arena vidriosa con la que se limpió la pieza.

Figura 62

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los patines de aleación de cobre se desgastan fácilmente por la abrasión. La mayor parte del desgaste ocurre entre la cara del patín y la plancha de desgaste, pero también se produce algún desgaste adicional entre la pestaña del patín y la plancha de retracción.

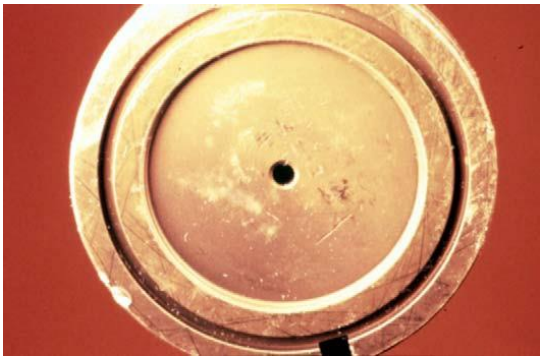


Figura 69

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los patines pueden desgastar las planchas de retracción, produciendo áreas pulidas y brillantes alrededor de los agujeros y un ligero abocardado de sus bordes.

Figura 63

De vez en cuando, grandes trozos de materia extraña entran en la bomba. El daño que causan es serio y puede resultar en agarrotamiento de la bomba o en rotura del eje. Es necesario buscar indicios de materia extraña e identificar su origen.

Esta plancha de flexión se sacó de una bomba de paletas que operaba bien y de repente se agarrotó. El eje no giraba y se tuvo que sacar el cartucho. Mirando detenidamente la plancha de flexión, vemos ranuras profundas en los bordes de la lumbrera de admisión superior y en la lumbrera de salida de la izquierda.

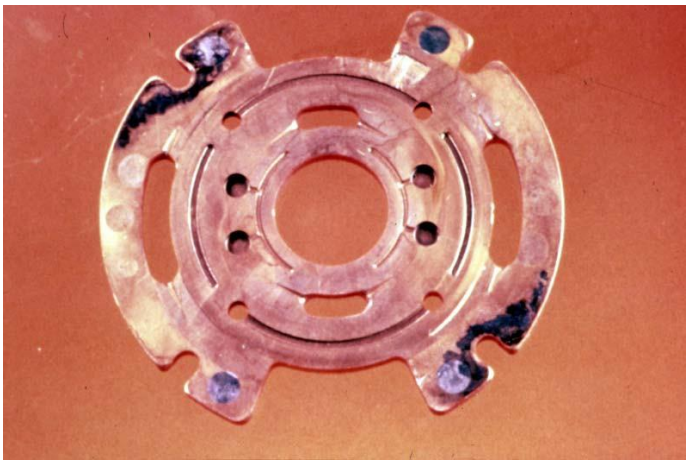


Figura 64

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Observando la otra plancha de flexión, notamos el mismo tipo de ranuras en el borde inferior de la lumbrera de salida del lado derecho. Sea cual fuere la materia extraña, ésta logró pasar por la bomba y dañó ambas planchas de flexión.

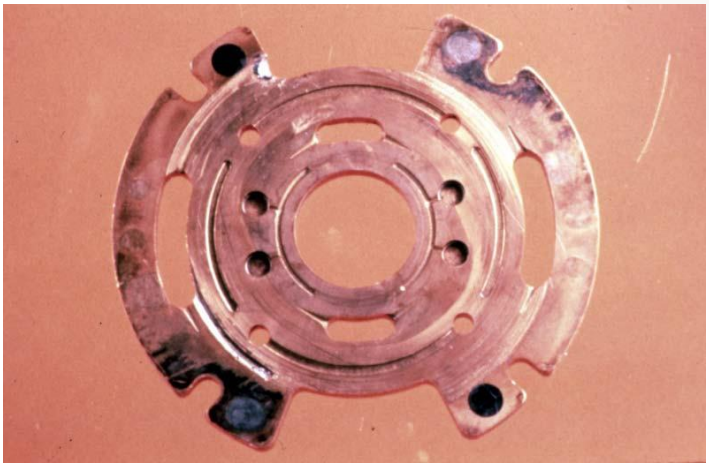


Figura 65

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una inspección visual del rotor muestra daños en dos paletas y un pedazo de materia extraña atrapado aún entre el rotor y el anillo de levas.

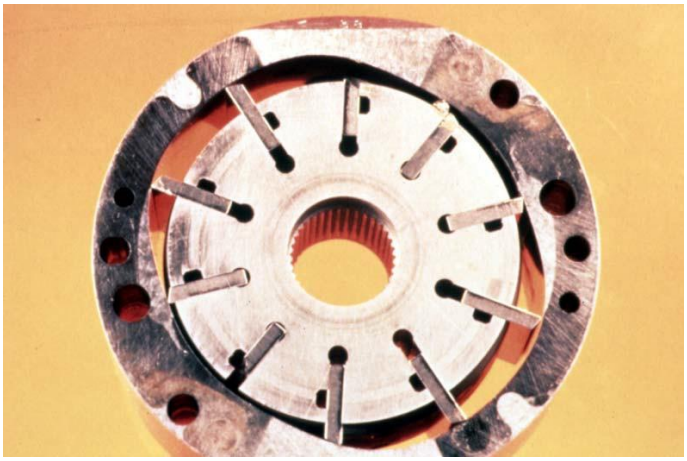


Figura 66

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Más de cerca, vemos que la materia extraña es un pedazo grande de metal que quedó atrapado en el espacio angosto entre el rotor y el anillo de levas. Inspeccionando las demás piezas, quizá podemos determinar el origen de esta materia extraña.

Aquí vemos los restos de dos prisioneros que se encontraron en la caja de la bomba cuando se sacó el cartucho. Obviamente son el origen de la materia extraña que agarrotó la bomba. Una verificación de las reparaciones previas indicó que se le acababa de instalar un nuevo cartucho a la bomba.

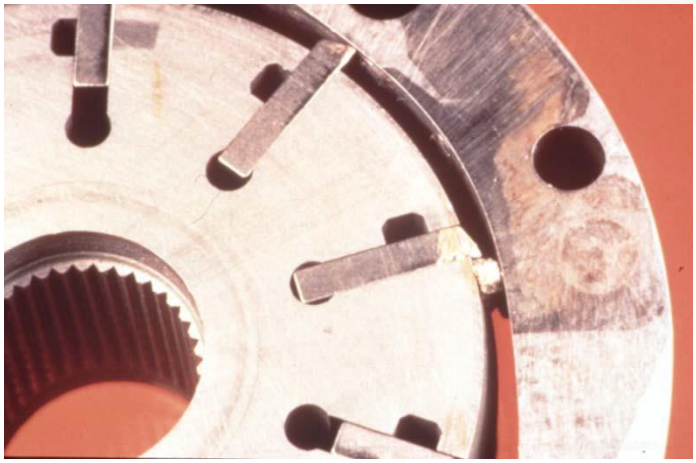


Figura 67

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Reemplazado los prisioneros durante reparaciones anteriores o que no se haya instalado correctamente el cartucho, la cuestión es que se salieron los prisioneros. Una inspección visual minuciosa para ver si hay indicios de roce entre el cartucho y la caja debe revelar lo que ocurrió.

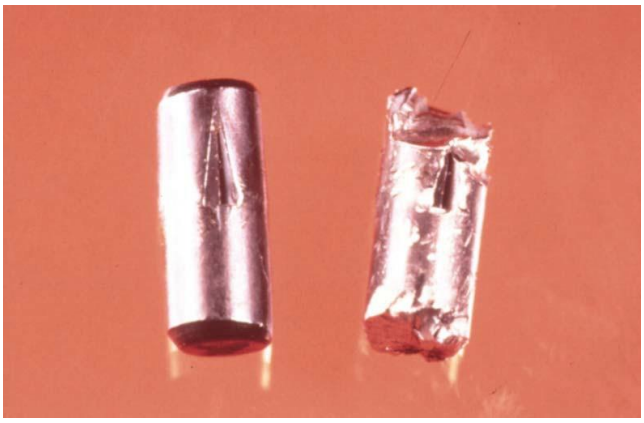


Figura 68

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Erosión

Burbujas en el fluido hidráulico es otra condición anormal de operación que puede ser un indicio de futuros problemas. Las burbujas pueden producirse por aireación o cavitación, y ambos fenómenos causan indicios de erosión.

Aireación es el término utilizado para describir burbujas en el fluido hidráulico, causadas por fugas de aire en el sistema, recalentamiento o turbulencia. Las fugas del sistema por sellos o acoplamientos de mangueras son fuentes típicas de aireación; mientras que un nivel del fluido de retorno más alto que el nivel del aceite causará turbulencia.

Cavitación es el término utilizado para describir la falta de fluido en la admisión de la bomba, causada por falta de fluido en el sistema, o por restricción en la tubería de admisión. En esta situación las burbujas se deben al vacío parcial y no a la entrada de aire en el sistema.

La aireación o cavitación con bombas de paletas causa picaduras en la capa superficial de las planchas de flexión. Estas picaduras pueden ser muy agudas y brillar como si fuesen una fractura quebradiza. Ocurre, a veces, una leve erosión en agujeros o en ranuras que pasa desapercibida. La erosión más seria es bastante obvia, ya que se pierde material de las superficies normalmente planas.

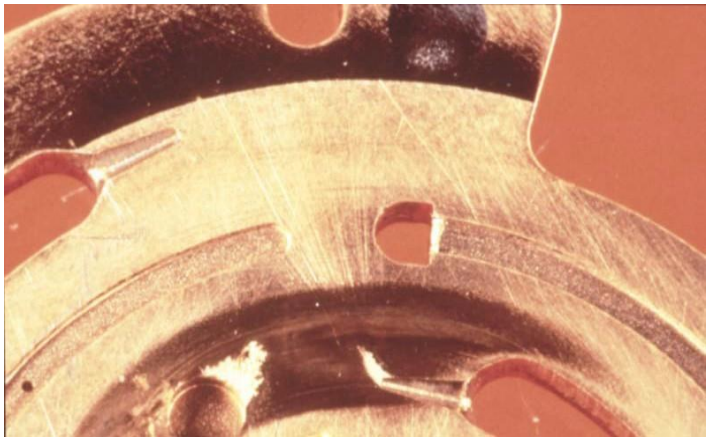


Figura 69

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Pueden sufrir picaduras los anillos de levas si la aireación o cavitación es tan severa que el fluido hidráulico se torna esponjoso. En estas condiciones, el fluido a presión entre la paleta y el inserto es comprimible, lo que resulta en pérdida de control del movimiento de las paletas. Noten que este anillo de levas tiene manchas térmicas severas, lo cual indica que el recalentamiento del fluido pudo muy bien haber sido la causa de la aireación.

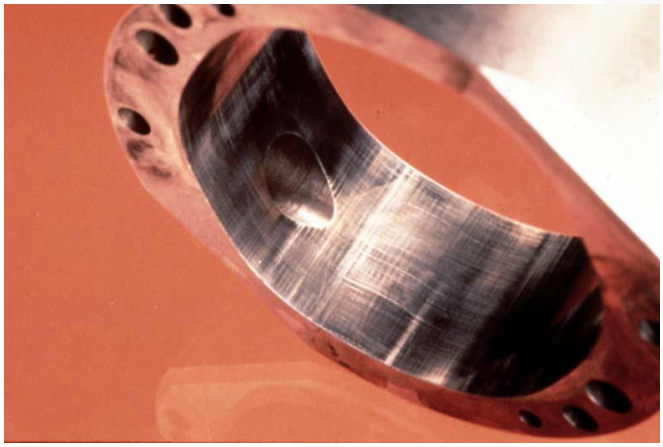


Figura 70

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una vez determinado que aireación o cavitación es la causa de la falla, se deben repasar los datos obtenidos por la inspección de las piezas, del equipo, de los operadores y de los registros de mantenimiento. Se deben obtener los datos sobre la calidad y cantidad del aceite en el momento de la falla, cualquier ruido inusual que hiciera la bomba, evidencia de fugas y del estado general del sistema hidráulico. Es especialmente importante descubrir cualquier condición que pudiera haber restringido el flujo del fluido a la entrada de la bomba o permitido la entrada de burbujas.

Desgaste por adherencia

La falta de lubricación resulta en capa insuficiente de aceite para separar las piezas móviles, causando el roce de metal con metal y desgaste por adherencia. Como no hay aceite allí para mantener frías las piezas que entran en contacto, con frecuencia se produce recalentamiento localizado, esmerilado y decoloración. Los bujes y ejes, los rotores y planchas de flexión, los pistones y tambores son, por lo general, los componentes que muestran mayores daños.

El indicio de desgaste por adherencia es el de un metal manchado o roto. Cuando dos superficies en movimiento hacen contactos sin la cantidad adecuada de lubricante, o a presiones o temperaturas que eviten la lubricación adecuada, las asperezas (puntos salientes en las superficies) hacen contacto y el calor por fricción produce un punto de fusión. Al continuar el contacto entre las materias de fusión, el material con menor resistencia se rompe y se mancha. Ya que el roce y rotura generan calor, habrá manchas térmicas en algunas áreas.

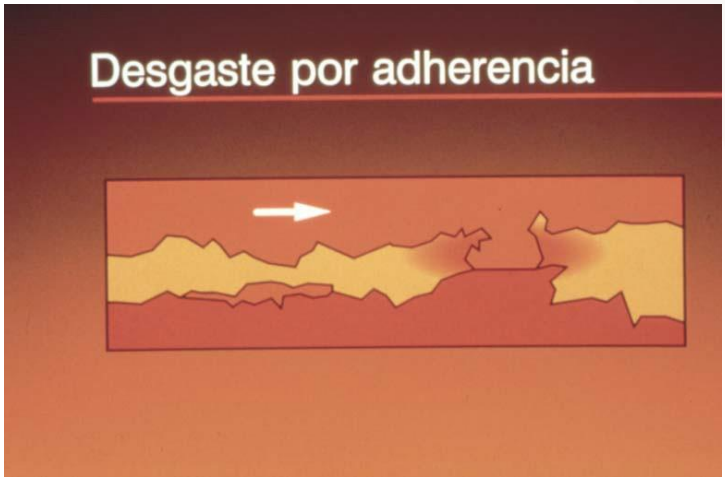


Figura 71

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Observemos cuidadosamente las piezas de esta bomba de paletas para ver si podemos encontrar indicios de la causa principal de la falla. Un examen general muestra manchas térmicas y sellos derretidos. Necesitamos hacer una inspección minuciosa de cada componente para determinar por qué tienen la apariencia física que tienen.

Figura 72

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La inspección minuciosa de la plancha de flexión muestra muy poca evidencia de residuo de ceniza, pero muestra, sin lugar a dudas, manchas por adherencia, manchas térmicas en la plancha de flexión de aleación de cobre y cortaduras por las paletas. Esto nos hace suponer que la bomba no recibía la cantidad adecuada de aceite para mantenerla lubricada y fría. La falta de lubricación puede hacer que las paletas se peguen en el rotor y corten la plancha de flexión, como vemos aquí.

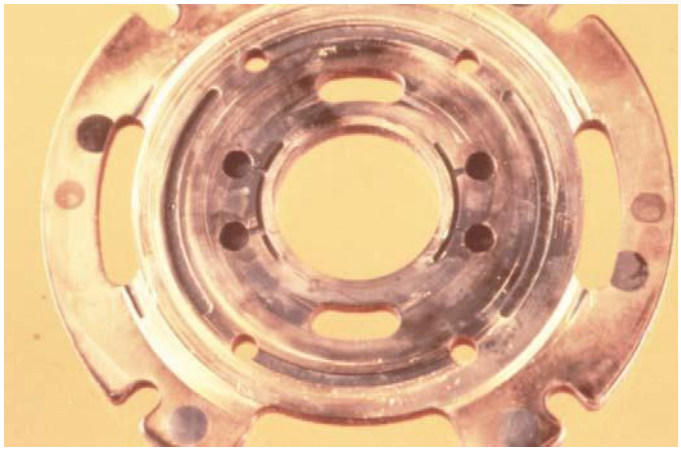


Figura 73

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los costados del rotor muestran metal refregado y frotado, y los bordes superiores de las paletas demasiados desgastados. La mayoría de las paletas se agarrotan en las ranuras del rotor y es necesario sacarlas con martillo para poderlas inspeccionar. Estos datos indican también falta de lubricación.

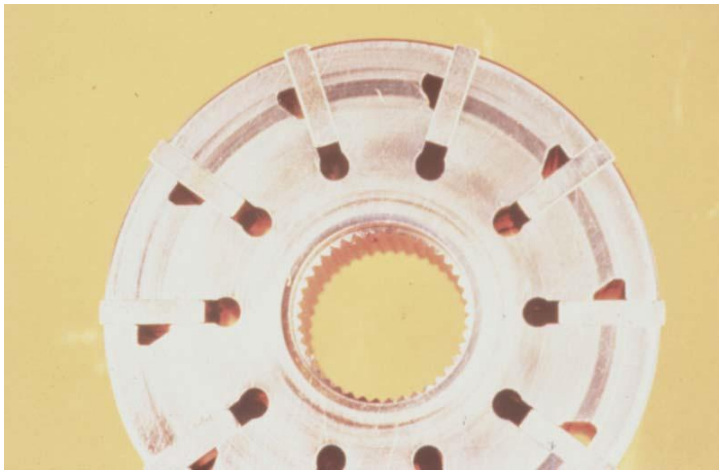


Figura 74

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La superficie de desgaste del anillo de levas está demasiado desgastada y tiene manchas térmicas. El frotamiento entre las paletas y el anillo produjo recalentamiento que no enfrió el fluido. Las áreas expuestas en los costados del anillo de levas muestran un descolorido, una indicación de recalentamiento en donde la lubricación por lo general, enfría las piezas.

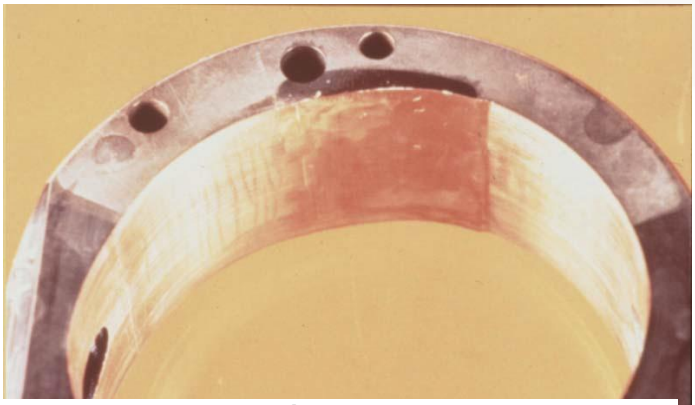


Figura 82

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Al ver los sellos descubrimos que se han derretidos parcialmente cerca del centro, donde el fluido hidráulico enfría y lubrica el buje en condiciones normales. Si hubo aceite recalentado el daño no pudo haber sido en el centro. Si la falla fue por exceso de presión, los sellos debían haberse enfriado adecuadamente y no estarían derretidos. Las lumbreras de salida parecen también haberse recalentado como si no hubieran sido enfriadas por fluido. Todo esto indica falta de lubricación.

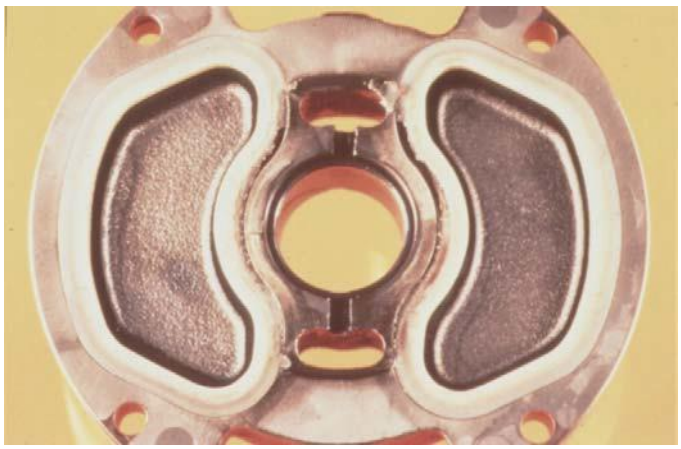


Figura 75

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una investigación de los hechos nos hizo saber que la bomba falló después de 37 horas de operación en un cargador. Una investigación más detallada reveló que se había drenado el sistema hidráulico para hacer reparaciones antes de que ocurriera esta falla. Es posible que ni la bomba ni el sistema se hayan reabastecido completamente de aceite después de las reparaciones, o no se hayan seguido los procedimientos de asentamiento adecuados, etc.

Puede ocurrir falta de lubricación en motores y bombas de pistones axiales sin tener manchas térmicas, pero con algunos indicios de frotamiento por lo general. A menudo ocurre una acción de fregado entre el pistón y el tambor, el resultado es daño de los patines, de la plancha de retracción y de la plancha de desgaste.

Cuando un pistón comienza a arrastrar o a causar fricción con el tambor, pueden ocurrir varias cosas. La plancha de retracción se dobla por las sobrecargas que produce tirar del pistón hacia abajo. El patín puede deformarse o tirar demasiado, produciendo un desgaste serio en el plato basculante, o puede romperse la plancha de retracción. Si se agarrota un pistón, la plancha de retracción se puede romper rápidamente dando la impresión de haber sufrido un impacto de carga.

Esta bomba de pistones muestra daño típico en los patines, de los pistones y de la plancha de retracción causado por agarrotamiento. Un pistón se arrastró en el cilindro, sobrecargando la plancha de retracción.

Figura 76

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La plancha de retracción se fracturó repentinamente en cuatro partes. Se puede confirmar viendo las fracturas.

Figura 77

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una vista amplificada indica que la fractura es de tipo quebradizo, en un metal comprimido, debido a una sobrecarga. Este es el tipo de carga y de fractura que se producen cuando se agarrota un pistón en el cilindro.

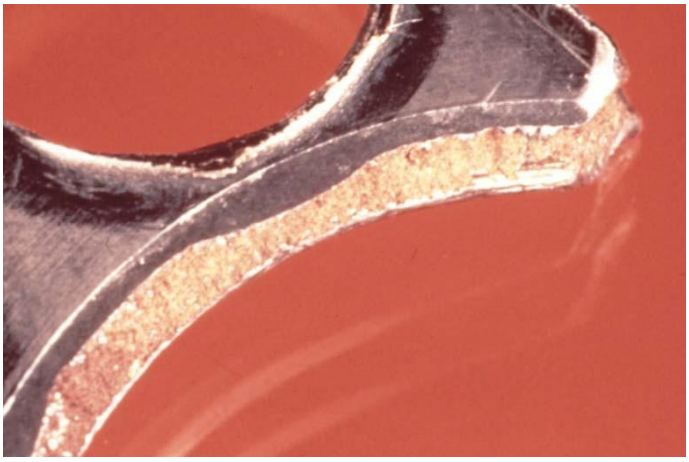


Figura 78

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una inspección más detenida de los pistones y tambor debe facilitarnos la localización de desgaste por adherencia, y así sabremos cual pistón se agarrotó.

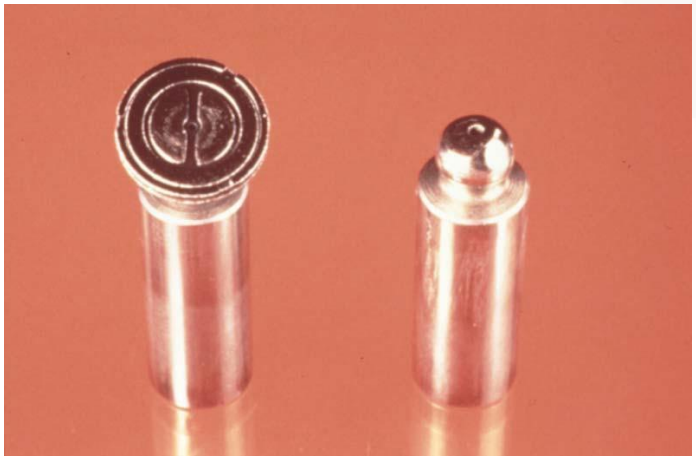


Figura 79

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Noten que el pistón de la derecha tiene frotamiento longitudinal, lo que no tiene el otro pistón que se sacó de la misma bomba.

Una vista más de cerca del pistón nos indica que el frotamiento fue la causa del daño que se observa en la fotografía, en el extremo inferior de la bomba. El tambor indicó el mismo tipo de frotamiento en un cilindro, lo que indica que se agarrotó sólo un pistón. Una vez descubierta la causa del daño de la bomba, necesitamos saber primero por qué le faltó lubricación. Si se cuenta con buenos datos y hechos se puede determinar la causa principal de la falla.

Figura 80

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Fluidos hidráulicos recalentados

El recalentamiento puede reducir la viscosidad del fluido a tal grado que el lubricante no proteja más las superficies del metal y, por lo tanto, haya desgaste por adherencia. Si se recalienta el fluido se formarán burbujas que causarán erosión por cavitación. Es más

típico, sin embargo, que el recalentamiento produzca manchas térmicas en las piezas y carbonización de aceite. Las altas temperaturas pueden endurecer los sellos, afectando a la operación de la bomba y causando la falla eventual del sistema. El recalentamiento por lo general se debe a una operación incorrecta, al uso de fluido inapropiado, al mal funcionamiento de los componentes o a bombas mal armadas.

Estas piezas de una bomba de engranaje, de dos secciones muestran manchas en los engranajes y en los ejes. Los colores azul claro y pardo indican que las temperaturas fueron entre 200º C y 370º C. Se debe comparar el color de las piezas defectuosas con el de las piezas en buen estado para cerciorarse que las manchas térmicas se deben a condiciones de operación y no a un proceso o tratamiento térmico previo.

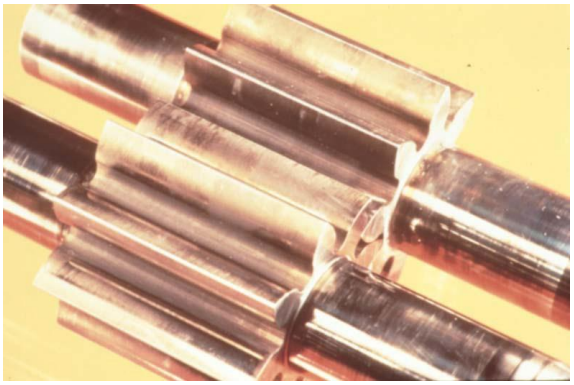


Figura 81

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los engranajes y ejes de la segunda sección de la bomba tienen la misma decoloración, indicando que se recalentó la bomba entera.

Figura 82

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Otro indicio de recalentamiento es las presencias de mancha térmicas y un color oscuro de las planchas de presión. El aceite recalentado oscurece el metal con aleación de cobre y templa al Acero. Las manchas grises más obscura, se deben al residuo de ceniza que dejó el aceite recalentado.

Figura 83

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Algunas veces se puede ver indicios de recalentamiento antes de desarmar el cartucho de la bomba. La superficie del núcleo que toca la caja permanece más fría porque se transfiere el color. La superficie en contacto con el fluido se recalienta y producen colores al temple del barniz. Noten el patrón de color bien marcado en este cartucho, indicando el recalentamiento de toda la bomba.

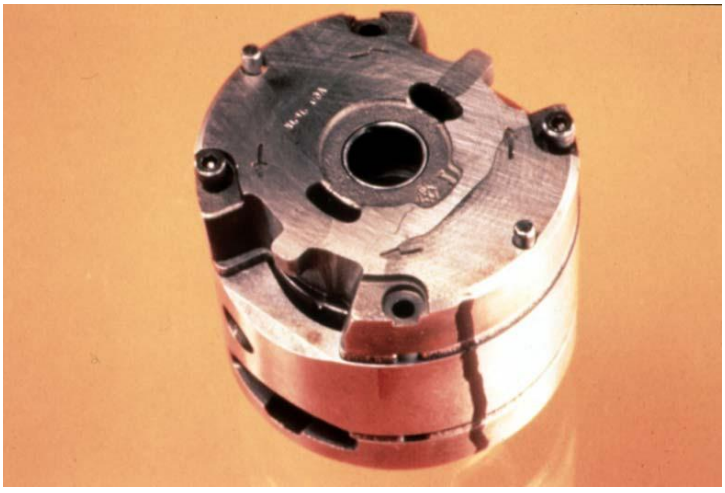


Figura 84

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un vistazo dentro del cartucho nos indica que las piezas tienen manchas térmicas, pero no frotamiento por adherencias. Esto indica la presencia de fluido hidráulico, pero estaba recalentado. Noten que las paletas no están frotadas, ni severamente desgastadas, no están derretidos los sellos y hay una gran cantidad de ceniza en las planchas de flexión. Todo esto nos dice que la bomba operó a temperaturas demasiado altas, pero que se lubricó con fluido recalentado. Debemos verificar el ajuste de presión de la válvula de alivio y tratar de localizar el problema para ver si el aceite hidráulico por alguna razón se desvía constantemente de regreso al tanque la operación incorrecta o el uso de fluido equivocado pueden también causar este recalentamiento.

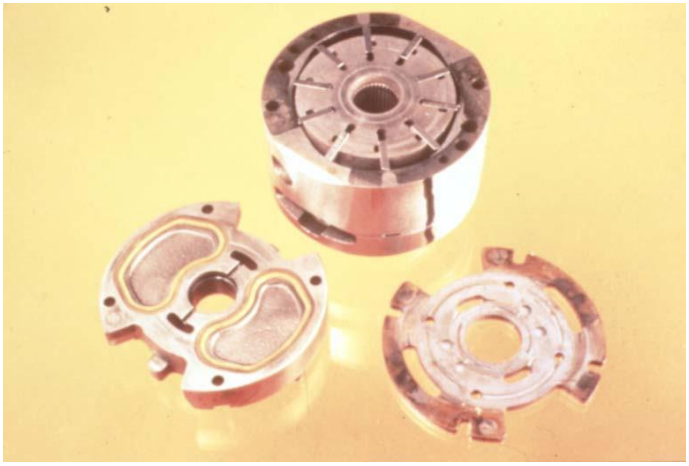


Figura 85

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cuando encontramos una plancha de lumbrera como esta, inmediatamente sospechamos que se recalentó el aceite en todo el sistema. Noten que hay gran cantidad de ceniza en todas las superficies.

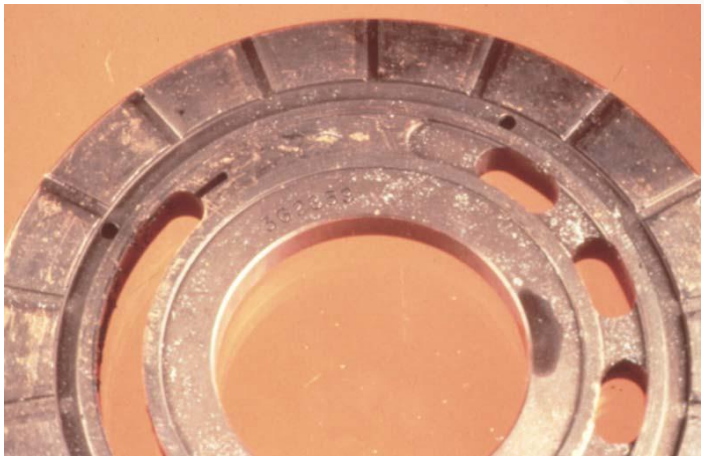


Figura 86

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un vistazo más detenido indica que no ocurrió desgasta por adherencia. Debemos tratar de identificar la causa de recalentamiento del aceite.

Figura 87

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Exceso de presión

El indicio más común de exceso de presión es la fractura o rotura de piezas fundidas, anillos de levas, pernos, etc. ya que el exceso de presión puede presionar las planchas de presión, las planchas de flexión y los tambores contra las piezas adyacentes, se producen también manchas térmicas y frotamientos.

De vez en cuando un componente como una caja, un anillo de levas, un tambor o una cabeza se fracturan y se debe determinar la causa. Si los componentes son de buena

calidad y se armaron correctamente, las fisuras por lo general, son el resultado de excesos de presión, fatiga térmica o agarrotamiento.

La inspección de esta pestaña de una bomba de engranajes no muestra indicios de desgaste anormal, pero se quebró del lado de salida de alta presión. La fractura ocurrió en la ranura del sello anular, donde hay una concentración geométrica de esfuerzos, ya que se quebró del lado de alta presión y no hay otros indicios anormales. Suponemos que la causa fue un exceso de presión. Debemos cerciorarnos que la válvula de alivio de presión funcione correctamente, además de obtener datos completos acerca de las condiciones de operación.

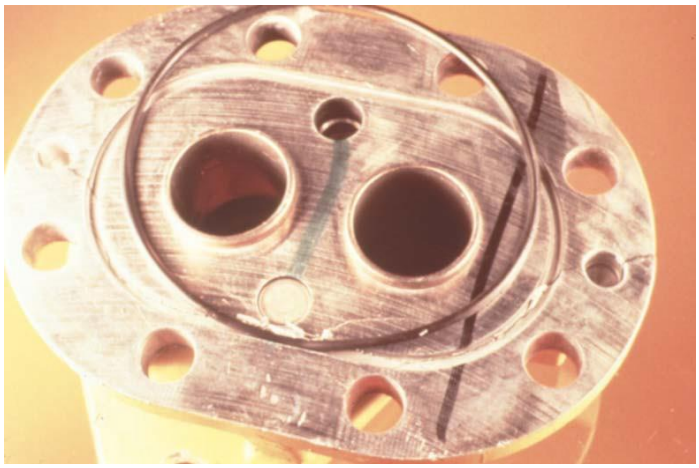


Figura 88

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Este anillo de levas de una bomba de paletas indica que no tiene indicios de recalentamiento ni de desgaste; sin embargo, se fisuró en la lumbrera de alta presión. La alta presión ejerce esfuerzos de tracción en la parte exterior del anillo de levas, en este punto. La combinación de esfuerzos y el orificio crea una concentración de esfuerzos que puede rajar el anillo de levas si se ejerce un exceso de presión. Nuevamente se debe tratar de localizar y solucionar la causa del exceso de presión.

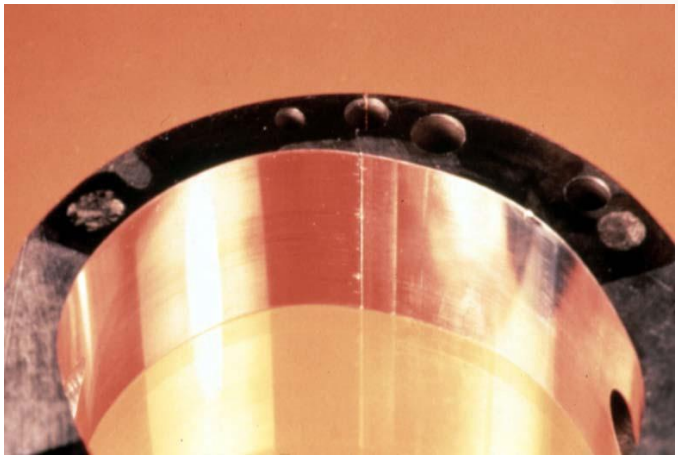


Figura 89

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Este anillo de levas se fracturó también en distintos lugares. El fisurado donde no había concentraciones de esfuerzos nos indica que hubo fatiga térmica. Necesitamos investigar el desgaste en el resto de las piezas de la bomba para tratar de identificar la fuente del calor. Es poco probable que se deba a exceso de presión porque el fisurado no ocurrió sólo en los puntos de altos esfuerzos.

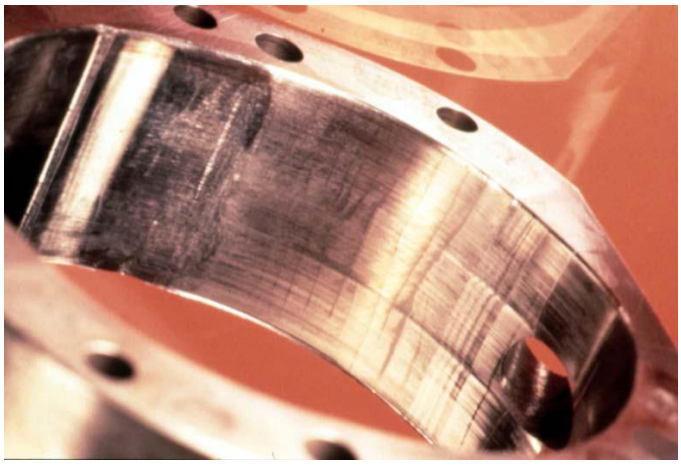


Figura 90

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Problemas de la bomba

Este tambor de una bomba de pistones se fracturó en diversos lugares en la superficie de empuje. El fisurado múltiple se debe también a fatiga térmica por el calor que creó el roce entre el tambor y la plancha de lumbrera. Por lo general, esto se debe a una bomba descompensada o a una plancha de lumbrera deformada.

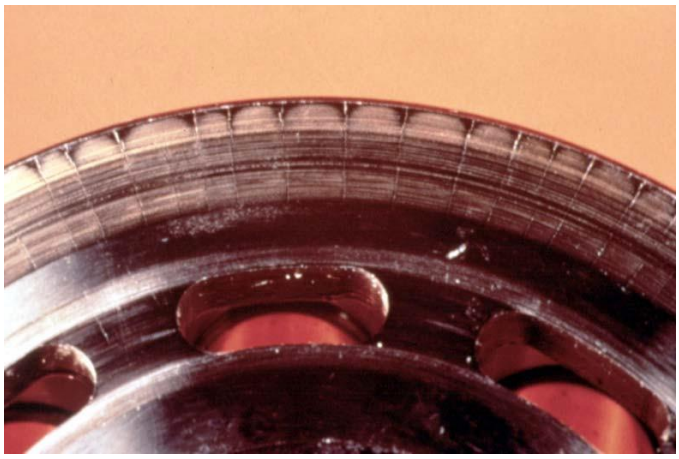


Figura 91

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cada bomba tiene su estilo único y puede tener diversos tipos de problemas con las piezas. Durante el resto de esta sesión veremos algunos ejemplos de problemas con piezas, procesamiento o armado incorrectos.

Este eje roto es el de una bomba de paletas de un cargador. Podemos ver que se fracturó en la ranura del anillo de resorte que no se usa en esta aplicación específica de la bomba. Después de consultar con el ingeniero de diseño, se descubrió que la ranura del anillo era para que el mismo eje se pudiera utilizar en otro tipo de bomba con un cojinete más angosto.

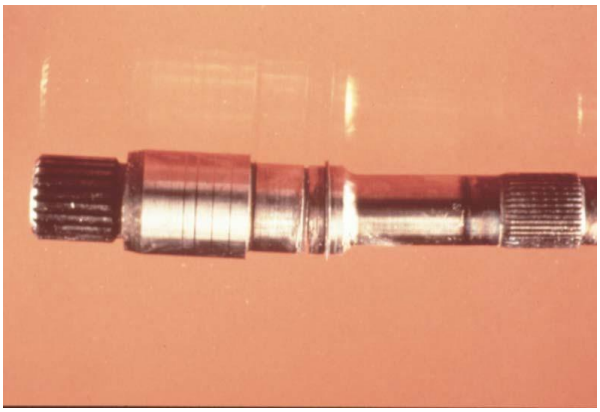


Figura 92

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una inspección visual de la fractura con un haz de luz en ángulo nos muestra indicios de fatiga por rotación y doblamiento. Los indicios "de oleaje" son evidentes en la superficie de la fractura que comienzan en el área áspera y casi opuesta a la fractura final, en el borde superior. Al alargarse la fractura, el "oleaje" es cada vez más fácil de identificar hasta que se torna obvio en la fractura final dúctil. Después de varias fallas con pocas horas de operación se determinó que el cambio de diseño del piñón causó flexiones cíclicas sobre la concentración de cargas por la ranura del anillo de presión, sin uso. El problema se solucionó eliminando la ranura y produciendo un eje diferente para la otra aplicación.

Otro problema reciente ocurrió en esta junta universal de tractores de cadenas. Las juntas se quebraron en el yugo después de pocas horas de operación.

Figura 93

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Esta vista muestra que el fisurado ocurrió en más de un lugar en el yugo, cosa que indica sobrecarga cíclica. Los ingenieros de diseño indicaron que el yugo no debía haber recibido tal como para romperse de esta manera, ya que su función es sólo mantener la sincronización entre el tambor y la plancha de mando.

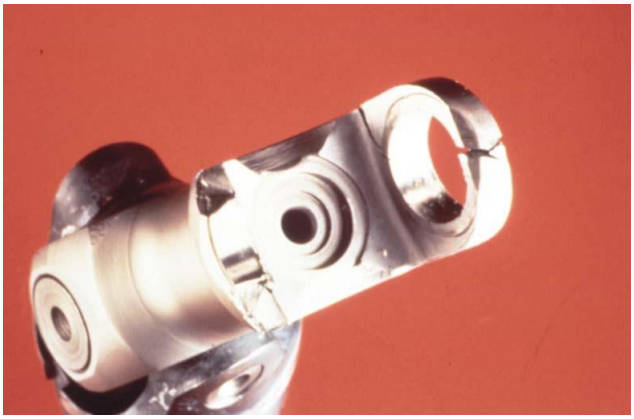
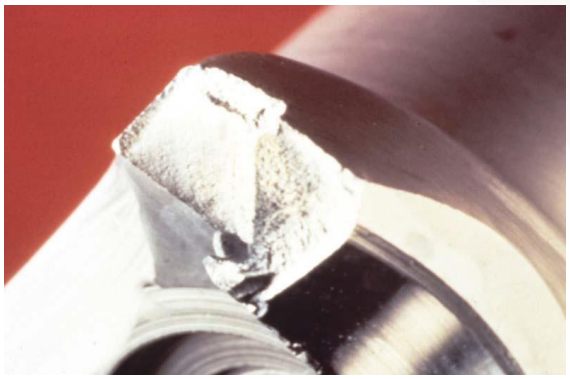


Figura 94

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una vista ampliada muestra una fractura áspera por fatiga, con marcas de oleaje principiando en la esquina interior. Las fracturas ásperas por fatiga indican grietas progresivas, y se llaman “fracturas por fatigas de ciclos bajos”. La ubicación de la fractura y su naturaleza (de ciclos bajos) indican que la pieza sufrió severa sobrecarga cíclica. La recopilación de datos de fatiga reveló que los motores de impulsión recibían sobrecargas severas cuando la máquina operaba en retroceso. La cadena comprimía el conjunto tensor de cadena que reculaba al sacarla de retroceso. Esta acción trataba de parar la plancha impulsora, mientras que el tambor tenía que moverse por el fluido a alta presión. La junta universal quedaba atrapada en medio, al tratar de mantener la sincronización entre el tambor y la plancha impulsora. Esta sobrecarga cíclica causó la ruptura del yugo. La solución al problema fue un resorte tensor más duro en el tractor de cadena.



Este eje de bomba sufrió una fractura por fatiga, como lo indican las marcas de “oleaje” en la superficie de la fractura.

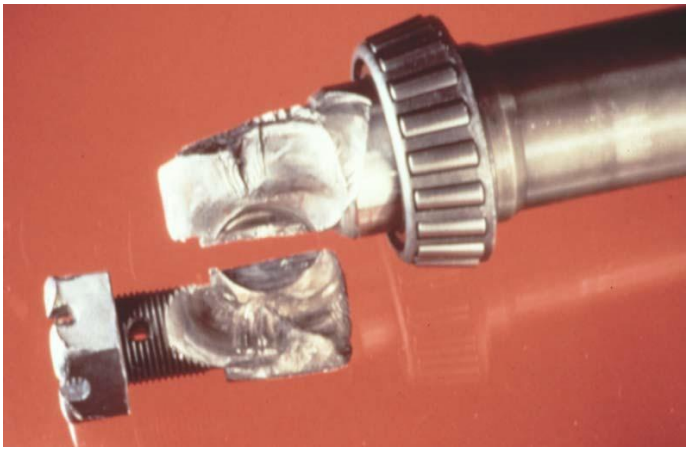


Figura 95

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una vista ampliada muestra que la fatiga se inició en la parte inferior de la ranura de chaveta y creció debido a cargas torsionales hasta que se fracturó el extremo del eje. Después de diagnosticar varias fallas, se determinó que la ranura de chaveta, que no era para soportar cargas lo hacía por mal encaje entre el eje y el engranaje. Esto ejerció una carga cíclica en la ranura de chaveta y se inició la fractura por fatiga. Se rediseñó el eje para eliminar la ranura de chaveta y aparear mejor el ahusamiento del eje y engranaje, con mayor torsión en la tuerca retén del engranaje.

Figura 96

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cuando se desarme una bomba con quejas de mal funcionamiento, se deben inspeccionar cuidadosamente todas las piezas y superficies. Esta bomba parecía normal, sin indicios de desgaste, la plancha de retracción no estaba rota ni tenía indicaciones de problemas con ninguna de las piezas.

Figura 97

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Durante la inspección visual de los pistones para ver si tenían indicios de arrastre, se descubrió que uno de ellos estaba fracturado.

Figura 98

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una inspección más detenida reveló que el pistón se fracturó a todo lo largo. Una parte del costado se fracturó, evidentemente, debido a la alta presión de operación. Una verificación de la dureza del pistón reveló que estaba demasiado duro y quebradizo causando su fractura bajo carga. Se notificó el problema al fabricante de la bomba y éste hizo los cambios necesarios al termo tratamiento para solucionar este problema.

Figura 99

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Conclusión

Una vez diagnosticada correctamente la causa principal como error de armado durante la reconstrucción, necesitamos hacernos la siguiente pregunta: “¿Es posible que otro miembro del equipo sea el responsable de esta falla?”, para evitar cometer errores.

Después de identificar la causa más probable estamos listos para “obtener la recompensa”, comunicando nuestro descubrimiento al cliente y trabajando con él para completar las reparaciones a un costo y horario más eficaces posibles. No debemos olvidar de hacer el seguimiento correspondiente durante las dos semanas siguientes para asegurarnos que el cliente esté satisfecho con la reparación. Esto concluye nuestro breve análisis de fallas de bombas y motores hidráulicos. La mayoría de las fallas de motores y bombas no son la causa, sino el resultado de problemas con sistemas, de mantenimiento o de operación. Recuerde obtener datos fidedignos y de usar los indicios de las bombas para determinar la verdadera causa principal de los problemas.

Actividad N° 3

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán observar una serie de imágenes que se muestran a continuación, para posteriormente escribir sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con los distintos modos de fallas que pueden presentar las piezas y su importancia dentro del proceso de investigación del origen de la falla.

Aprendizaje esperado que desarrolla

El participante identifica los distintos modos de falla que se presentan en bombas y motores hidráulicos, basado en literatura técnica.

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 en la medida que explica los distintos modos de fallas que pueden ocurrir en bombas y motores hidráulicos.

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

Materiales y recursos

- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito

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 a l participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.
En la etapa de explicación de las características de las imágenes, se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor.
Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

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.

Participantes:

1.

2.

3.

4.

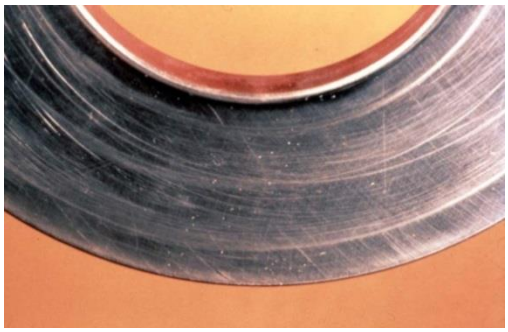
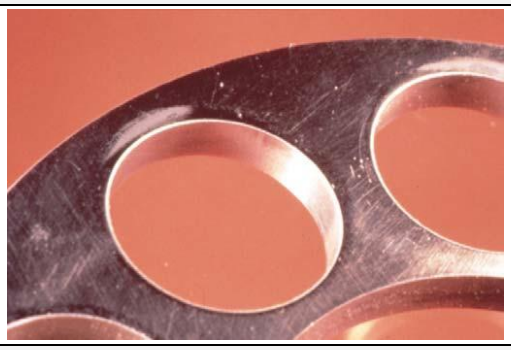
Explique las características de las siguientes imágenes	
Imagen N°1	Respuesta
	La superficie de la lumbrera del tambor puede tener ralladuras leves, en donde las bandas de sellado de la plancha de la lumbrera toca la superficie del tambor. Esto se debe a las minúsculas partículas abrasivas que, por lo general, están presentes en los fluidos hidráulicos.
Imagen N°2	Respuesta
	Las planchas de desgaste pueden tener también ralladuras finas, pero no deben tener desgaste por adherencias, fisuras ni manchas térmicas.
Imagen N°3	Respuesta
	Las planchas de retracción sufren un pulido ligero alrededor de los agujeros, causado por el desgaste entre los patines y la plancha de retracción.
Imagen N°4	Respuesta
	Los conjuntos de pistones y patines mostrarán un leve pulido en el tambor y en el área de contacto entre la plancha de retracción y el patín. Por lo general, el desgaste de los patines muestra una superficie pulida brillante con algunas ralladuras finas.

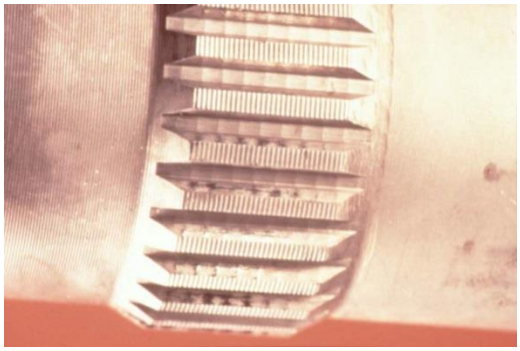
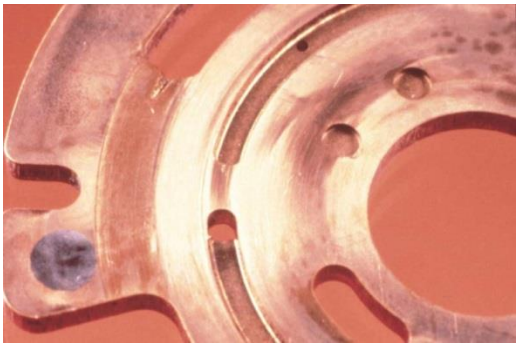
Imagen N°5	Respuesta
	El eje de la bomba puede mostrar algo de desgaste en las estrías, el cual debe compararse con las pautas de reutilización. Los sellos pulirán ranuras en las superficies de sellado, las cuales no deben exceder las recomendaciones de la guía de reutilización. Hay veces que se astillan las muescas, pero no deben agrietarse.
Imagen N°6	Respuesta
	El desgaste abrasivo saca material y cambia la apariencia física de las piezas, caracterizada por el tamaño de las partículas abrasivas. Las partículas abrasivas muy finas pulen las superficies de metal y las dejan lustrosas. Las partículas más grandes dejan un acabado de color gris opaco y ligeramente esmerilado, que se denomina por lo general, acabado mate o satinado. Las partículas aún más grandes producen ralladuras que tornan ásperas las superficies y exponen el metal, como se ve en esta plancha de flexión.

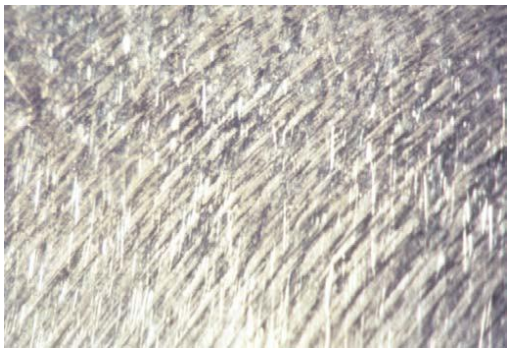
Imagen N°7	Respuesta
	La contaminación abrasiva en las bombas de engranajes suele ocurrir en los dientes, en el eje, en las planchas de presión y en la caja de la bomba. Noten las ralladuras verticales finas en el lado de engranaje de los dientes del engranaje, un indicio de la presencia de abrasivos.

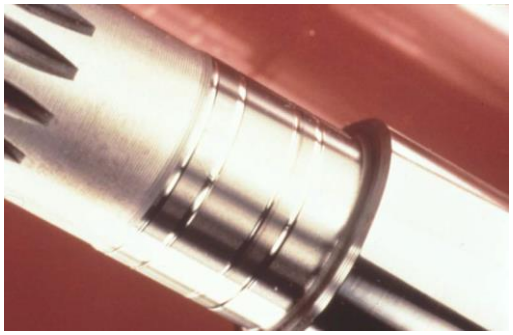
Imagen N°8	Respuesta
	Otro indicio de materia abrasiva es el ranurado en el eje, causado por los sellos, como se puede ver aquí. Esto indica que el sistema hidráulico ha sido contaminado por partículas abrasivas y, nuestro objetivo es determinar el tipo de materia abrasiva y cómo entró en el sistema. La materia abrasiva puede entrar del exterior por el tubo de llenado del tanque o por un sello dañado.
Imagen N°9	Respuesta
	Una inspección minuciosa de la caja de aluminio con luz en ángulo y una lupa revela ralladuras profundas, típicas de materias duras, como arena. El análisis del fluido debe confirmar un alto contenido de silicio. El paso siguiente es identificar la entrada de arena en el sistema.
Imagen N°10	Respuesta
	Las partículas abrasivas más grandes que entran en las bombas de paletas crean ralladuras profundas y causan más fugas entre las piezas desgastadas. Esta plancha de flexión muestra el resultado de contaminación por arena en una bomba de paletas

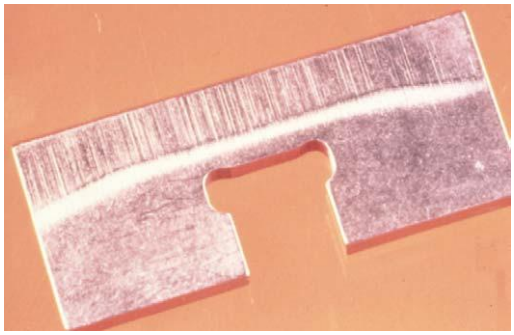
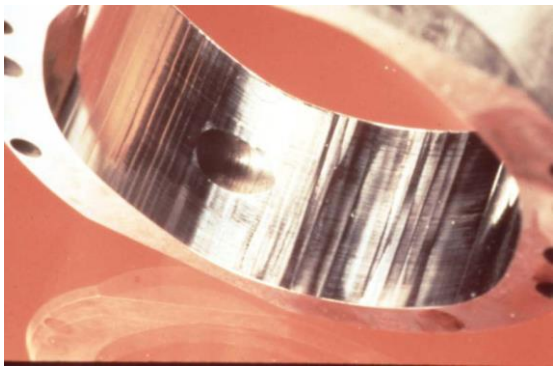
Imagen N°11	Respuesta
	Las paletas muestran también indicios de desgaste por abrasión. Las partículas abrasivas desgastan la ranura de la paleta y rotor, dando a la paleta una apariencia física de color gris mate.
Imagen N°12	**Respuesta**
	Una contaminación más severa produce ralladuras que pueden extenderse sobre la superficie entera de la paleta. El mayor daño por abrasión ocurre en el lado de la paleta opuesto a la dirección de rotación.
Imagen N°13	**Respuesta**
	El desgaste por abrasión entre las ranuras y paletas aumenta el espacio libre, causa fugas excesivas y pérdida de presión en el inserto de la paleta. El resultado es un movimiento oscilante de la paleta que causa arrugas en el anillo de levas. Esta apariencia puede ser también el resultado de cavitación o aireación y recalentamiento de fluidos y no es una evidencia conclusiva de desgaste por abrasión.

Imagen N°14	Respuesta
	Las planchas de lumbreras y los tambores se desgastan más alrededor de las lumbreras y de las bandas de sellado, cuando el contaminante entra por el lado de admisión. Un buen lugar donde buscar materia extraña es en la superficie de empuje de la plancha de lumbrera, o en las ranuras y perforaciones del lado posterior de la plancha de lumbrera. No se olvide de buscar materia extraña antes de limpiar las piezas.
Imagen N°15	Respuesta
	Algunas veces las partículas abrasivas se incrustan en el material más blando o dejan un agujero como huella, de su forma y tamaño.
Imagen N°16	Respuesta
	Los patines pueden desgastar las planchas de retracción, produciendo áreas pulidas y brillantes alrededor de los agujeros y un ligero abocardado de sus bordes.

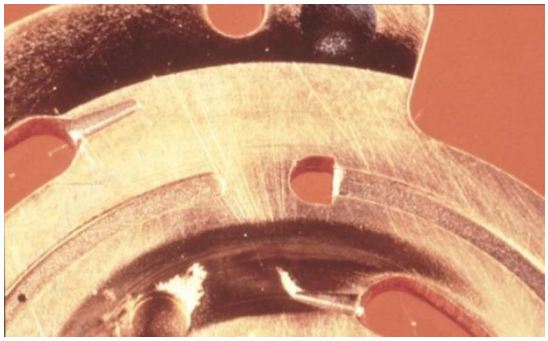
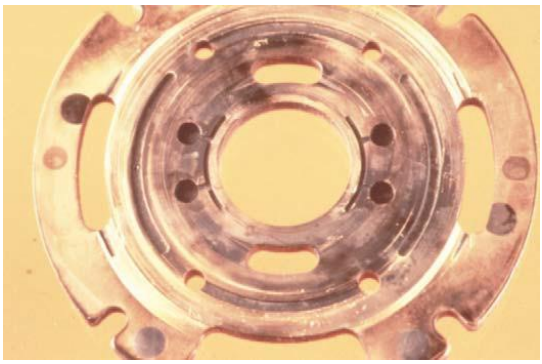
Imagen N°17	Respuesta
	La aireación o cavitación con bombas de paletas causa picaduras en la capa superficial de las planchas de flexión. Estas picaduras pueden ser muy agudas y brillar como si fuesen una fractura quebradiza. Ocurre, a veces, una leve erosión en agujeros o en ranuras que pasa desapercibida. La erosión más seria es bastante obvia, ya que se pierde material de las superficies normalmente planas.
Imagen N°18	Respuesta
	La inspección minuciosa de la plancha de flexión muestra muy poca evidencia de residuo de ceniza, pero muestra, sin lugar a dudas, manchas por adherencia, manchas térmicas en la plancha de flexión de aleación de cobre y cortaduras por las paletas. Esto nos hace suponer que la bomba no recibía la cantidad adecuada de aceite para mantenerla lubricada y fría. La falta de lubricación puede hacer que las paletas se peguen en el rotor y corten la plancha de flexión, como vemos aquí.
Imagen N°19	Respuesta
	Esta bomba de pistones muestra daño típico en los patines, de los pistones y de la plancha de retracción causado por agarrotamiento. Un pistón se arrastró en el cilindro, sobrecargando la plancha de retracción.

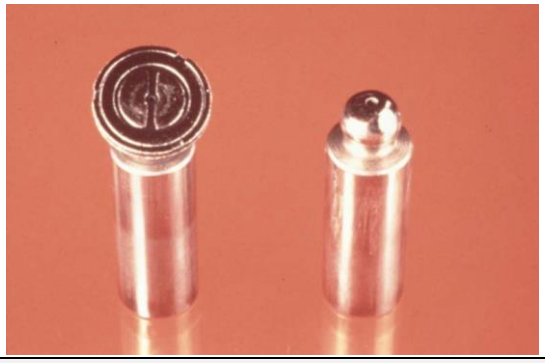
Imagen N°20	Respuesta
	La plancha de retracción se fracturó repentinamente en cuatro partes. Se puede confirmar viendo las fracturas.
Imagen N°21	**Respuesta**
	Una inspección más detenida de los pistones y tambor debe facilitarnos la localización de desgaste por adherencia, y así sabremos cual pistón se agarrotó.
Imagen N°22	**Respuesta**
	Una vista más de cerca del pistón nos indica que el frotamiento fue la causa del daño que se observa en la fotografía, en el extremo inferior de la bomba. El tambor indicó el mismo tipo de frotamiento en un cilindro, lo que indica que se agarrotó sólo un pistón. Una vez descubierta la causa del daño de la bomba, necesitamos saber primero por qué le faltó lubricación. Si se cuenta con buenos datos y hechos se puede determinar la causa principal de la falla.

Imagen N°23	Respuesta
	Cuando encontramos una plancha de lumbrera como esta, inmediatamente sospechamos que se recalentó el aceite en todo el sistema. Noten que hay gran cantidad de ceniza en todas las superficies.
Imagen N°24	Respuesta
	Este tambor de una bomba de pistones se fracturó en diversos lugares en la superficie de empuje. El fisurado múltiple se debe también a fatiga térmica por el calor que creó el roce entre el tambor y la plancha de lumbrera. Por lo general, esto se debe a una bomba descompensada o a una plancha de lumbrera deformada.
Imagen N°25	Respuesta
	Una inspección más detenida reveló que el pistón se fracturó a todo lo largo. Una parte del costado se fracturó, evidentemente, debido a la alta presión de operación. Una verificación de la dureza del pistón reveló que estaba demasiado duro y quebradizo causando su fractura bajo carga. Se notificó el problema al fabricante de la bomba y éste hizo los cambios necesarios al termo tratamiento para solucionar este problema.

Lea y responda las siguientes preguntas	
1. ¿Qué tipos de problemas podria generar en el sistema hidráulico un respiradro del deposito de aceite tapado y bloquedo ?	Este tipo de problemas puede generar erosión por cavitación especialmente en la bomba, esto se produce ya que al bajar el nivel de aceite producto del consumo normal, se produce un vacío en la succión de la bomba generándose las condiciones para generar la cavitación del fluido.
2. ¿Qué problemas generaria un deposito de aceite de equipo móvil cubierto de barro?	Esto dificultaría la transferencia de energía calórica y con esto se generan las condiciones para que el sistema Cavite y se debilite la película de aceite, aumentando la posibilidad de ocurrencia en un inicio de desgaste abrasivo entre 2 cuerpos primero y 3 cuerpos posteriormente.
3. ¿Qué problemas podria generar utilizar aceite mas viscoso de lo recomendado por el fabricante?	Se vería dificultada la separación del aire en el depósito, generando problemas de aireación y en consecuencia podría dañar la bomba por erosión por cavitación.
4. ¿Qué tipo de problemas puede generar un vastago con el cromado dañado en el equipo?	Los guarda polvo solo atrapan material que este a nivel de superficie y no bajo ella. Cualquier problema de este tipo, se puede convertir en un mecanismo para ingresar material particulado al interior de los actuadores hidráulicos, esto puede generar desgaste abrasivo entre dos y tres cuerpos que irá incrementando en el tiempo, provocando pérdidas de rendimiento y funcionamiento errático o defectuoso del equipo.
5. Indique las consecuencias de no limpiar el polvo de los intercambiadores de calor	Esto dificultaría la transferencia de energía calórica y con esto se generan las condiciones para que el sistema Cavite y se debilite la película de aceite, aumentando la posibilidad de ocurrencia en un inicio de desgaste abrasivo entre 2 cuerpos primero y 3 cuerpos posteriormente.
6. ¿Cómo podria afectar una incorrecta regulación del desplazamiento de la bomba en la vida util de esta?	En equipos que trabajan en alturas geográficas elevadas con depósitos no presurizados tener mucho desplazamiento, aumenta la posibilidad de que se produzca cavitación ya que disminuye la presión en la succión de la bomba.

7. ¿Por qué las bombas de desplazamiento positivo que son auto cebantes, deben ser cebadas al momento de ser montadas?	El momento crítico del montaje de la bomba, es asegurar un correcto cebado de la bomba, si esto no ocurre las primeras vueltas de la bomba son sin la cantidad de lubricante adecuado, el desgaste puede pasar de abrasión a adhesión rápidamente, aumentando las tolerancias internas y con esto una caída en el rendimiento volumétrico de la bomba.

Conclusiones finales del participante:

Nombre del instructor	Fecha	Firma

Observaciones

Cierre

El instructor deberá proyectar en la pizarra imágenes de piezas dañadas y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de las características que poseen.

El participante deberá comprender la importancia de identificar adecuadamente los distintos tipos de modos de falla para poder acotar y guiar de mejor forma la investigación.

El instructor deberá resaltar la importancia de tomar medidas simples en el control de la contaminación para evitar grandes pérdidas y daños en equipos y procesos.

2. Análisis de aceite de sistemas hidráulicos

2.1 Análisis de aceite

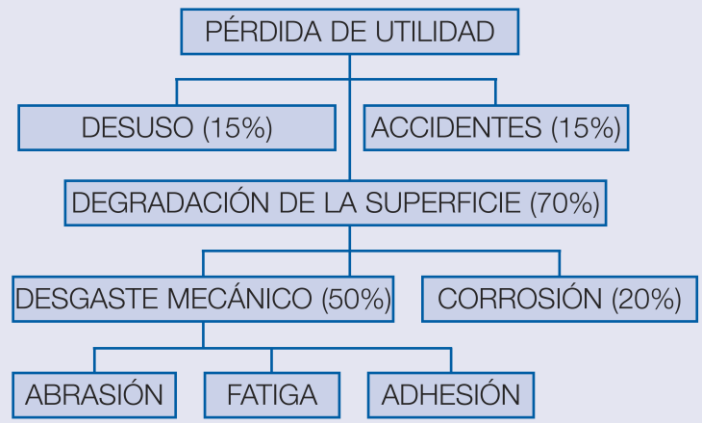


Figura 100

Estudios indican que el 70% de los recambios de componentes o 'pérdida de utilidad' se deben a la degradación de su superficie. En sistemas hidráulicos y lubricantes, el 20% de los recambios están causados por la corrosión y de éstos el 50% están causados por el desgaste mecánico.

2.2 Fuentes de contaminación

Formación de contaminantes provenientes de componentes:

- Cilindros, fluidos, motores hidráulicos, mangueras y tubos, bombas, depósitos, válvulas, etc.

Generación de contaminantes:

- Montaje del sistema
- Funcionamiento del sistema
- Rotura del sistema
- Descomposición del fluido

Entrada desde el exterior:

- Respiradero del depósito
- Juntas de la varilla del cilindro
- Obturadores de cojinetes
- Juntas del componente

Contaminantes introducidos durante el mantenimiento:

- Desmontaje/montaje
- Aportes de aceite

Tipos de contaminación:

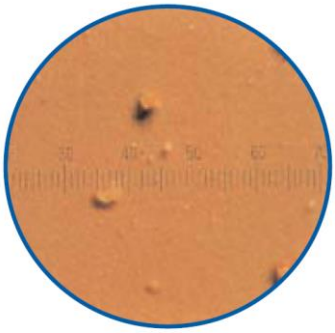


Figura 101

Sílice

Partículas duras y translúcidas asociadas, a menudo, con la contaminación atmosférica y ambiental: arena, polvo, etc.

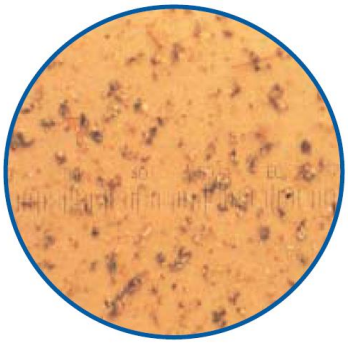


Figura 102

Metal brillante

Partículas metálicas brillantes, habitualmente, de color plata u oro, generadas dentro del sistema. Los contaminantes generados son producto del desgaste y causan, a menudo, el desgaste adicional del componente y la descomposición acelerada del fluido.

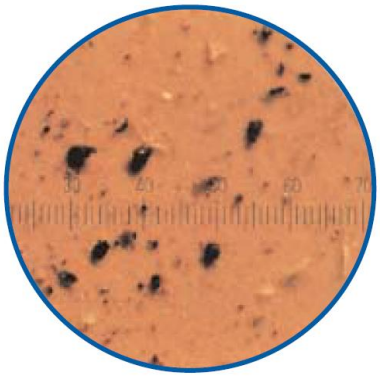


Figura 103

Metal negro

Metal férrico oxidado inherente a la mayoría de sistemas hidráulicos y lubricantes; contaminante integrado y generado dentro del sistema debido al desgaste.

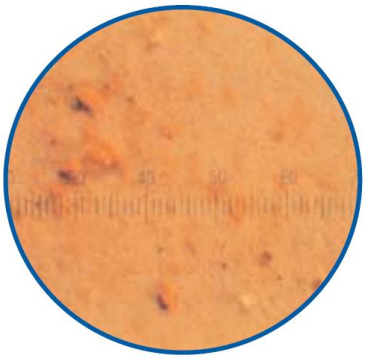


Figura 104

Óxido

Partículas color naranja/marrón opacas que aparecen, habitualmente, en el aceite de los sistemas donde puede haber agua, p. e., tanques de almacenamiento de aceite.

Figura 105

Fibras

Contaminantes generados muy comúnmente por papel y tejidos, p. e., trapos de talleres.

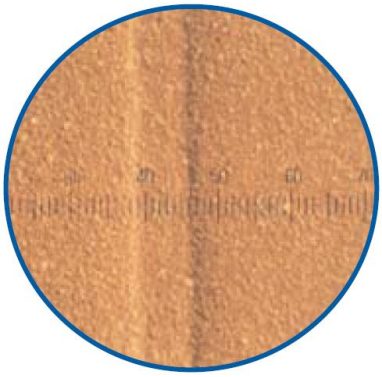


Figura 106

Torta de finos

Concentraciones muy grandes de partículas del tamaño de 'lodos' cubren la membrana de análisis y forman una torta. La torta oscurece las partículas más grandes de la membrana lo que hace imposible evaluar la contaminación.

2.3 Técnicas de monitoreo

Las técnicas de monitoreo miden variables físicas que son indicadoras de la condición de la máquina, que son analizadas comparando con el rango de valores normales para evaluar las condiciones de deterioro.

El monitoreo de condición estudia la evolución de los parámetros seleccionados en el tiempo, con la finalidad de identificar la existencia de tendencias que indiquen la presencia de una falla.

En ésta medida un Programa de Monitoreo puede generar los siguientes beneficios:

- Detectar condiciones que motivan una falla
- Detectar problemas en la maquinaria
- Evitar fallas catastróficas
- Diagnóstico de causa de falla
- Proyección de vida útil

Las técnicas de Monitoreo se pueden clasificar en:

- Inspecciones de la maquinaria
- Medición del desempeño
- Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria
- Monitoreo de partículas de desgaste

Las funciones principales de los lubricantes son:

- Controlar la fricción
- Controlar el desgaste
- Controlar la corrosión
- Controlar la temperatura
- Controlar la contaminación
- Transmitir potencia, en el caso de circuitos hidráulicos

El aceite transporta y contiene toda la información acerca de los contaminantes y partículas de desgaste.

El análisis de aceite es una técnica simple, que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona información con respecto a:

- La salud del lubricante
- Contaminación del lubricante
- Desgaste de la maquinaria

El análisis de aceite no sólo va a permitir monitorear el estado de desgaste de los equipos, detectar fallas incipientes, sino también establecer un Programa de Lubricación basada en condición.

El control de contaminación de los aceites, es el pilar básico de la Estrategia Proactiva, enfocándose al control de la principal causa de desgaste y falla de los componentes de un equipo, debiéndose evitar que los contaminantes ingresen al sistema.

El objetivo de limpieza afecta desde la recepción, almacenaje y manipulación de los lubricantes nuevos, la limpieza de los respiraderos, la correcta selección y frecuencia de cambio de filtros.

A continuación se detallan las principales consecuencias sobre la superficie metálica, según el tipo de contaminante.

Tipo de contaminante	**Efectos sobre la superficie de la maquinaria**
Partículas	Desgaste superficial por abrasión y fatiga
Agua	Herrumbre, rayado
Combustible	Incremento Del desgaste, por perdida de resistencia de la partícula lubricante
Aire	Cavitación
Calor	Formación de barniz. Incremento del desgaste, por perdida de resistencia de la película lubricante

Los aceites sufren un mecanismo de envejecimiento natural que va alterando sus propiedades físicas: la densidad, la viscosidad, y las propiedades químicas, que disminuye su vida útil, a través los siguientes mecanismos:

- Oxidación
- Polimerización
- Ruptura
- Evaporación

Al disminuir la contaminación con agua, con aire, con partículas, con calor, no sólo se estará disminuyendo el desgaste de la maquinaria, sino también extendiendo la vida útil del aceite.

Pruebas que comúnmente se realizan a aceites hidráulicos:

- Espectroscopia de Metales: Hierro, Cobre, Plomo, Aluminio, Cromo, y Níquel
- Espectroscopia de Silicio
- Medida de Viscosidad cinemática
- Contenido de Agua
- Medición del TAN
- Oxidación
- Conteo de partículas

Las estadísticas prueban que del 75 al 85% de todas las fallas en sistemas hidráulicos son resultado directo de la contaminación del fluido.

Los contaminantes transportados en el aceite afectan a los distintos componentes del circuito; bombas, motores, válvulas, y cilindros hidráulicos por la corrosión producida por los ácidos que se forman debido a la oxidación del aceite y la contaminación con agua. También se pueden producir atascamientos de válvulas por presencia de partículas, más en circuitos que posean bombas y motores de pistones y válvulas proporcionales.

Según la clase de bombas y válvulas que componen el circuito hidráulico, y la presión de trabajo de las mismas, se puede definir el objetivo de limpieza según el código ISO 4406. Se deben seleccionar los filtros hidráulicos necesarios según la eficiencia de filtrado requerida.

Resulta fundamental para que el Plan de Mantenimiento sea exitoso, tanto la selección adecuada de los sistemas o componentes a monitorear, como el correcto establecimiento de límites y objetivos de limpieza.

Elementos detectados y cuantificados por el análisis de aceite.

El sistema de extracción más comúnmente usado en E.A.A. es la combinación de APDC con Matilisobutilcetona (MIBK). Alrededor de 30 elementos forman quelatos estables con APDC en un amplio rango de pH y éstos pueden extraerse con MIBK. Algunos elementos (ver figura N°12) con sus rangos correspondientes de pH son:

ELEMENTO	pH
Bi	1 – 6
Cd	1 – 6
Cr	3 – 9
Co	2 – 4
Cu	0.1 – 8
Fe	2 – 5
Pb	0.1 – 6
Mn	2 – 4
Mo	3 – 4
Ni	2 – 4
V	4
Zn	2 - 6

Algunos elementos con sus rangos de PH

El cobre es el elemento que más ha sido estudiado en extracción por solventes, probablemente debido a la facilidad con que es extraído cuantitativamente con MIBK sobre un amplio rango de pH. De hecho, frecuentemente se agrega cobre a la muestra y luego se extrae con el metal de interés a modo de “patrón interno" cuando se ensayan sistemas de extracción por solventes.

Para los procedimientos de extracción por solventes pueden utilizarse materiales de vidrio corriente, tales como tubos de ensayos, tubos de centrífuga, embudos de de-cantación, etc., y el procedimiento de trabajo requerido para la extracción de la mayoría de los metales es muy simple. Después de ajustar el pH de la muestra al rango deseado, se transfiere una alícuota de ella al recipiente de extracci6n. Luego se agrega el APDC como solución acuosa al 2 - 5% y una cantidad exactamente medida de MIBK. Se agita con la mano y se dejan separar ambas fases. A veces para una mejor separación puede ser necesaria una centrifugación. Luego se aspira la copa superior de MIBK que contiene el metal.

Utilizando esta técnica, recientemente la Perkin-Elmar aumentó la lista anterior para el sistema APDC/MIBK **(Ver tabla N°1).**

ELEMENTO	pH
As	2 – 6
In	2 – 9
Pd	4 – 6
Pt	3
Se	3 – 6
Te	4
Tl	3 - 10

Tabla 1

Tabla N°1: PH de algunos elementos

En los mismos ensayos se encontró que la extracción no es cuantitativa para algunos otros elementos. Así, a pH = 4 se extrae sólo un 80 – 90% del antimonio, un 70 – 80% del galio, y un 50 – 70% del oro, plata y radio. A pH = 4, el estaño se extrae sólo en un 25%, pero a pH = 0,5 la extracción aumenta a un 75%. Elementos tales como renio, barilio, niobio y vanadio, sólo se extraen hasta un 10%.

El análisis no puede detectar

- Una falla catastrófica.
- Análisis de falla
- Marca o clasificación API del aceite
- Hacer prueba de combustible o fluido de frenos
- Expectativa de vida útil del aceite

El análisis S·O·S puede detectar

- Desgaste anormal (y desgaste normal)
- Fugas de refrigerante
- Contaminación del agua
- Ingreso de escombros
- Dilución del combustible
- Estado del aceite
- Transferencia de fluido

Cuatro aspectos del análisis de aceite

- Análisis del régimen de desgaste
- Análisis del estado del aceite
- Análisis de limpieza del aceite
- Análisis de la contaminación del aceite (detección de combustible, agua o anticongelante/refrigerante)

Análisis del régimen de desgaste

- Realiza seguimiento y cuantifica los elementos de desgaste
- Diagrama régimen de aumento de elementos de desgaste
- Tendencias de desgaste
- Las combinaciones de elementos permiten la interpretación específica de componentes
- Espectrofotómetros (AA, ICP o DCP)
- Cuantifica elementos de desgaste de metal de los componentes en "partes / millón" (PPM) Cobre, hierro, cromo, plomo, estaño, aluminio, molibdeno
- Cualifica las tendencias del régimen de desgaste

Análisis de la tasa de desgaste

- Normas de nivel de desgaste - Tablas de desgaste de modelo/compartimiento
- Metales de desgaste: cobre (Cu), hierro (Fe), cromo (Cr), plomo (Pb), estaño (Sn), aluminio (Al), molibdeno (Mo)
- Ingreso de escombros: silicio (Si)
- Ingreso de agua (refrigerante) : sodio, potasio (Na, K)
- Combinaciones clásicas
- Elementos añadidos en el aceite: Calcio, magnesio, cinc y fósforo

Análisis de la condición del aceite

- El análisis infrarrojo utiliza longitudes de onda ópticas para evaluar los cambios en el aceite:
    - Compara aceite viejo con nuevo
    - Asegura que el aceite en uso está aún protegiendo su equipo

- El análisis infrarrojo determina los niveles de:
    - Oxidación
    - Hollín: El hollín causa el espesamiento del aceite y acorta la vida útil del motor debido a la lubricación ineficaz

- Las condiciones que causan el hollín
    - Elemento de filtro de aire obstruido
    - Marcha excesiva en vacío
    - Temperaturas bajas del motor
    - Escape de gases
    - Aceleración excesiva/rápida
    - Ensayo de viscosidad

Punto de quiebre del aceite

- La determinación de tendencias es la clave para determinar el período óptimo para el cambio de aceite
    - Aumentar intervalos de cambio de aceite en 50 horas a la vez
    - 250 horas, 300 horas, luego 350 horas, etc.

- Observaremos cuidadosamente para determinar el punto de quiebra del aceite
    - Una disminución brusca de la condición del aceite y,
    - Un aumento brusco de metales de desgaste

- A este punto de quiebre ... reducir 50 horas = Intervalo óptimo de cambio de aceite

Análisis de limpieza del aceite

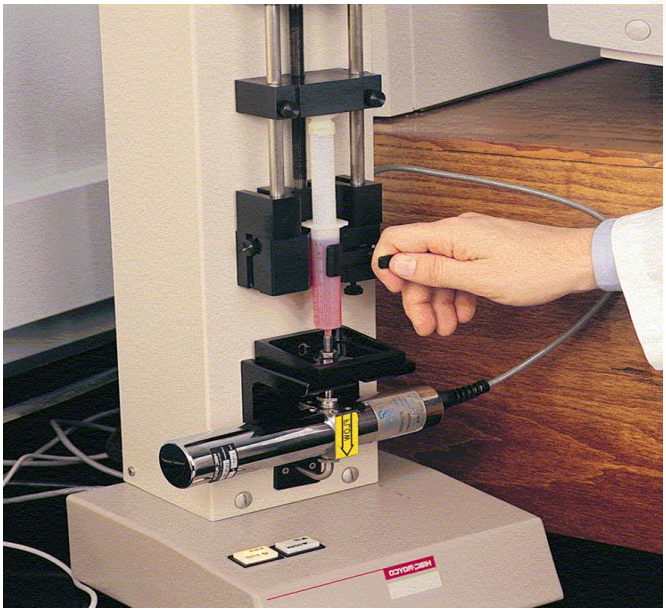


Figura 107

Equipo de análisis

- Utiliza conteo de partículas (CP)
- Cuenta por gama de tamaño de partículas presentes en el aceite (metálicas o no)
- Detecta señales adicionales de desgaste anormal
- Se utiliza para compartimientos que no son del motor
- Partículas metálicas y no-metálicas contadas
- 70% - 85% de las fallas hidráulicas son causadas por los contaminantes
- La advertencia temprana de la presencia de contaminantes es imperativo

El análisis de limpieza puede ayudar a detectar fallas potenciales que otros ensayos pueden no haber detectado.

- Fallas de engranajes
- Fallas de cojinetes de rodillos
- Cojinetes de manguitos
- Materiales sintéticos

Se puede complementar por medio de la observación microscópica

- La buena interpretación se compone de dos partes:
    - La evaluación (información conocida)
    - La recomendación (la acción del cliente)

- Tres evaluaciones globales:
    - No se requiere acción
    - Control de compartimiento
    - Se requiere acción

La necesidad de muestras adicionales:

- Para comprobar la transferencia de aceite
- Compartimiento equivocado
- Verificar tendencia
- Para adquirir una "muestra" línea base
- Se sospecha que la muestra original estaba contaminada
- Volumen demasiado pequeño de muestra original

2.4 Códigos de limpieza del aceite

Determinación del N° de código ISO
Los métodos de análisis descriptos en la norma ISO 3938 son los aplicados para el conteo de partículas. Se le asigna un número de escala al número de partículas mayores a 5 micrones. Un segundo número de la escala ISO le es aplicado al número de partículas mayores a 15 micrones.
Los dos números son informados escritos, y separados por una raya oblicua.

Por ejemplo, el código 18/13 significa que el conteo a determinado el número de partículas superior a 5 micrones ha sido entre 1.300 y 2.500, y que la cantidad de partículas de tamaño superior a 15 micrones fue entre 40 y 80.

El código de limpieza ISO suele representarse de acuerdo a una representación gráfica que indica la norma. Estas tablas pueden verse en la norma ISO 4406.

Para aceites nuevos los códigos que más frecuentemente son especificados por los usuarios de aceites hidráulicos son los 14/12 y 13/ 16, siendo este último más difícil de cumplir ya que especifica un menor número de partículas menores a 5 micrones aun cuando la tolerancia es mayor para partículas mayores de 15 micrones que son filtradas con mayor facilidad.

Operadores experimentados trabajan sobre 25 cm3 de aceite como muestra para realizar el conteo. Las partículas más frecuentemente encontradas son de naturaleza sílice, orgánica, óxidos o metales. La naturaleza de las partículas permite hacer consideraciones relativas al origen de la contaminación según que se trate de un aceite nuevo o usado e implementar medidas de corrección según corresponda.
El código ISO correspondiente a un determinado nivel de contaminación hace referencia a dos números que permiten la diferenciación de la dimensión y la distribución de las mismas como sigue:

- Los primeros números de la escala representan el n° de partículas más grandes que 5 micrones en 1 cm3 de fluido.
- los segundos números de la escala representan el n° de partículas más grandes que 15 micrones en 1 cm3 de fluido.

A cada número de la escala ISO le corresponde un rango de número de partículas contadas mayores de 5 y 15 micrones respectivamente. Simultáneamente, para que los rangos ISO tengan significación, se los define de a dos en dos.

La tabla siguiente permitirá identificar mejor los primeros dos números de la escala.
Escala ISO para clasificar nivel de contaminación con partículas de un aceite

Número de partículas por cm3		Número de Escala
Más de	Inclusive hasta	
80.000	160.000	24
40.000	80.000	23
20.000	40.000	22
10.000	20.000	21
5.000	10.000	20
2.500	5.000	19
1.300	2.500	18
640	1.300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,005	0,01	0
0,0025	0,005	0,9

Tabla 2

A los efectos de ilustrar con qué tipo de contaminación puede encontrase en la práctica puede decirse que los aceites hidráulicos que son comercializados sin haber sido filtrados tienen un nivel de contaminación como el que define el código ISO 19/17.

En el caso de un aceite usado el código ISO puede subir hasta 22/20 como un valor que se genera como consecuencia de oxidación o partículas metálicas provenientes de desgaste. Si se desea mantener las propiedades del fluido es necesario re filtrarlo.

Los filtros elegidos para los sistemas hidráulicos toman en consideración la capacidad de retención de impurezas cuantitativa, la resistencia al flujo, y el grado de filtración establecido por el tamaño de los poros de los filtros. Este grado de filtración queda definido en micrones y se lo llama grado de filtración absoluto siendo la mayor partícula que puede pasar por el filtro. En general los fabricantes definen el grado de filtración absoluto con precisión del 98%, lo cual significa que por lo menos el 98% de las partículas por encima del tamaño indicado son retenidas.

2.5 Proceso de micro filtrado

Diálisis de estanques hidráulicos para maquinaria y equipo.
El mantenimiento del sistema hidráulico es fundamental para mantener la capacidad operativa. El aceite hidráulico, por doctrina, debe ser cambiado regularmente, para evitar la pérdida de sus características físico-químicas, lo que sin duda llevaría a provocar severas fallas con el consiguiente desperdicio de recursos económicos, obligando, además, a la paralización de la maquinaria.

Ahora podemos evitar la degradación del aceite por uso y contaminación, si regularmente micro filtramos el estanque y lo mantenemos libre de humedad y óxido.

La experiencia ha demostrado que el tradicional cambio de aceite puede ser eliminado como procedimiento normal de mantenimiento preventivo, si aplicamos un eficiente proceso de micro filtrado y este, a su vez, es adecuadamente atendido para evitar la obstrucción o saturación, impidiendo el paso de aceite.

“Cuando el lubricante es mantenido 10 veces más limpio, la vida de una bomba hidráulica puede ser extendida hasta 50 veces” (Oklahoma State University)

Del 70 al 80 % de los daños de los componentes de un sistema hidráulico se deben a la presencia de partículas en el aceite.

Para medir el nivel de limpieza de los lubricantes hidráulicos se han establecido varias normas internacionales, entre las cuales una de las más conocidas es la ISO 4406 que toma como base el número de partículas > 4 micras, > 6 micras y > 14 micras presentes en 1 mililitro de aceite.

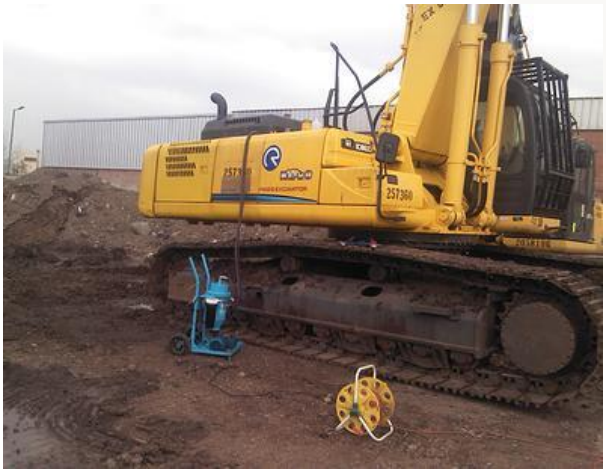


Figura 117

Micro filtrado en equipo de movimiento de tierra

La intensa presión competitiva en el mercado internacional está forzando a los responsables del mantenimiento a realizar la transición de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia componentes, a una unidad de alto nivel que asegura capacidad de producción. Es necesario darse cuenta que el mantenimiento produce un producto y este producto es capacidad de producción.

Antes de entrar en el tema de fondo, es necesario, primero, dar un contexto general sobre las causas que producen fallas en los equipos que es lo que nos interesa, siendo la contaminación del aceite uno de los factores más importantes.

En forma global, se puede entender por contaminación todo el exceso, falta de energía o de materia que tenga una influencia negativa en el buen funcionamiento, vida útil y confiabilidad del sistema.

La contaminación, indiscutiblemente, es un factor fundamental en la vida útil de la máquina y del aceite, siendo la causa número uno de fallas y por consiguiente su eliminación debe ser la meta de cualquier programa serio de mantención.

Para encontrar soluciones eficientes al problema de la contaminación, primero se deben conocer y entender sus orígenes:

Aceite contaminado

1) Aceite nuevo contaminado: Las líneas de transporte que llevan el aceite hasta los tambores donde es almacenado, lo contaminan con caucho, metales, etc., así también, los tambores contienen laminillas y descascaramiento. Los estanques de almacenamiento también son un problema real ya que el agua se condensa creando partículas de corrosión.
2) Contaminación impregnada: Este tipo de contaminación se refiere a la que traen los componentes desde su proceso de fabricación y ensamblaje. Lo

más común a encontrar es: polvo, fibras, soldadura, humedad, sílice entre otros.

3) Contaminación ingresada: Como su nombre lo indica, es la contaminación que puede ingresar a la maquina desde el medio ambiente, siendo los accesos más comunes los respiraderos, sellos de los cilindros, sellos de los ejes y durante la mantención.
4) Contaminación generada internamente: Este tipo de contaminación es la más dañina para el sistema. Estas partículas se endurecen un nivel mayor que el material del cual provienen, por lo cual son muy agresivas y aceleran el desgaste de la máquina.

Sí en un sistema este tipo de partículas no son rápidamente removidos, la elevada contaminación causará que partículas adicionales sean creadas a un grado muy acelerado, aumentando drásticamente el proceso de desgaste.

Así como es importante conocer los diferentes tipos de contaminación, también lo es conocer sus causas. Como se dijo anteriormente, el tipo de contaminación más perjudicial para los sistemas es el producido internamente, por lo cual, es el que recibirá la mayor atención.

Diferentes tipos de desgaste de piezas

a) Abrasivo: Partículas entre superficies en movimiento.
b) Erosivo: Partículas y altas velocidades de flujo.
c) Corrosivo: Superficies ya dañadas por las partículas son sometidas a nuevas tensiones por efecto de la presencia de humedad o ácidos.
d) Fatiga: La película de aceite está intacta pero el movimiento relativo continuo entre las fuerzas, causa el desgaste.
e) Adhesivo: Contacto de metal a metal (pérdida la de película de aceite).

El mecanismo de desgaste por abrasión causado por partículas sólidas que cortan y erosionan las superficies de los sistemas, es lejos el más dañino. Este tipo de desgaste es el responsable de un 90% de las averías causadas por la contaminación.

En general, como se ha podido apreciar, existe una estrecha relación entre el desgaste de los equipos y la limpieza de los aceites.

Impacto de las partículas contaminantes

Las partículas contaminantes pueden separarse en tres categorías según su tamaño:

- Partículas de O - 5 micrones (Silt-sedimento).
- Partículas de 6 - 15 micrones (Chips).
- Partículas mayores de 15 micrones (generalmente relacionadas con proceso de desgaste).

Al contrario de lo que se podría pensar, las partículas menores de 5 micrones (sedimentos), son, por lo general, las causantes del mayor número de averías. Además de que son responsables de los cambios en la composición química del aceite, lo que conlleva a una menor vida útil, y a ser cambiado con mayor frecuencia.

Este tipo de partículas, producto de su tamaño, son capaces de ingresar a los puntos de menor tolerancia cubriéndolos o contribuyendo al desgaste de piezas y componentes por su acción abrasiva. Por esta razón, es necesario disminuir su presencia al máximo por medio de un filtro adecuado.

Sí se consideran las partes en movimiento, traslación, rotación, etc., estas partículas se convierten en una verdadera “lija" que ataca continuamente las superficies en cuestión. Si a esto sumamos, que no es solo una la partícula en cuestión, sino millones de ellas, se podrá comprender el efecto dañino que tiene contra los equipos (continuas mantenciones, pérdida de productividad y considerables gastos de operación), y porque es tan necesario mantenerlas bajo control.

Si bien es cierto, la contaminación física (partículas), es de gran relevancia en el desgaste de un sistema hidráulico, también se debe considerar la contaminación paralela que se lleva a cabo y cuya interacción crea serios problemas de corrosión y degradación de todas las partes, componentes y aceite del sistema.

Entre los componentes que inciden en estas reacciones químicas, tenemos el agua, aíre, sales en general, solventes clorados, posible ingreso de combustible, etc.

Estas reacciones químicas conllevan al desgaste interno y a la liberación de partículas que aumentan la contaminación ya existente. En esta etapa no solo las partículas atacan los componentes, el aceite en estas condiciones es altamente corrosivo.

Otro aspecto importante es la oxidación del aceite, que provoca una disminución de la viscosidad, y por lo mismo, un aumento en el desgaste general de las piezas debido a la perdida de protección.

Tabla de correlaciones de los niveles de limpieza

Código ISO	Partículas por mililitro >10 um	Nivel gravimétrico ACFTD* mg/L	Norma militar 1246A (1967)	NAS 1638 (1964)	Nivel "SAE" no aceptado (1963)
26/23	140,000	1,000			
25/23	85,000		1,000		
23/20	14,000	100	700		
21/18	4,500			12	
20/18	2,400		500		
20/17	2,300			11	
20/16	1,400	10			
19/16	1,200			10	
18/15	580			9	6
17/14	280		300	8	5
16/13	140	1		7	4
15/12	70			6	3
14/12	40		200		
14/11	35			5	2
13/10	14	0/1		4	1
12/9	9			3	0
11/8	5			2	
10/8	3		100		
10/7	2.3			1	
10/6	1.4	0.01			
9/6	1.2			0	
8/5	0.6			00	
7/5	0.3		50		
6/3	0.14	0.001			
5/2	0.04		25		
2/0.8	0.01		10		

Tabla 3

Tabla de Numero de Intervalos ISO

CONCENTRACION DE PARTICULAS (PARTICULAS POR MILILITRO)	NUMERO DE INTERVALO
10,000,000	30
5,000,000	29
2,500,000	28
1,300,000	27
640,000	26
320,000	25
160,000	24
80,000	23
40,000	22
20,000	21
10,000	20
5,000	19
2,500	18
1,300	17
640	16
320	15
160	14
80	13

CONCENTRACION DE PARTICULAS (PARTICULAS POR MILILITRO)	NUMERO DE INTERVALO
40	12
20	11
10	10
5.0	9
2.5	8
1.3	7
0.64	6
0.32	5
0.16	4
0.08	3
0.04	2
0.02	1
0.01	0.9
0.005	0.8
0.0025	0.7

Tabla 4

Si el contaje acumulativo de partículas está comprendido entre dos concentraciones adyacentes, el número de intervalo adecuado requiere formular aquella parte del código de contaminación ISO que se halla opuesta a la concentración mayor de partículas.

Recomendaciones de los fabricantes de equipos

- Normalmente todo fabricante de equipos serio recomienda en los manuales el "nivel de limpieza mínimo" para cada componente.
- Si el usuario de un equipo no sigue esta recomendación el resultado será la reducción del tiempo de vida útil del mismo.
- Lamentablemente es normal es que NO se siga la recomendación de los fabricantes, casi siempre porque se desconoce la información.

Claridades típicas de los componentes de los sistemas hidráulicos.

- Bombas de engranajes..... 0,5 a 5 micras
- Bombas de paletas..... 0,1 a 5 micras
- Bombas de pistones..... 5 a 40 micras
- Servo válvulas..... 1 a 5 micras
- Nivel de visibilidad del ojo humano: 40 micras

Niveles de limpieza ISO mínimos recomendados Sistemas hidráulicos

- Servo válvulas.....15/13/11 (1500-2500 psi)
- V. proporcionales.....16/14/12 "
- Bombas f. variable.....17/15/12 "
- Válvulas cartucho.....17/16/13 "
- B. pistones.....17/16/13
- B. paletas.....18/16/14 "
- B. piñones.....18/16/14 "
- aceite nuevo..... 20/18/16 "

Según estudios realizados por la compañía PARKER en los Estados Unidos, el nivel de limpieza promedio de un lubricante nuevo en ese país es ISO 20/18/16.
El aceite nuevo NO es suficientemente limpio.

- Si el promedio de limpieza de un aceite nuevo es ISO20/18/16, significa que ningún aceite nuevo es suficientemente limpio para casi todas las aplicaciones antes mencionadas, por lo cual debe micro filtrarse antes de ser usado.

Equipo de filtrado en paralelo, portátil

Los parámetros más importantes para el diseño de un equipo de filtrado son:

- viscosidad a la temperatura de trabajo,
- caudal-capacidad del depósito de aceite
- niveles de limpieza inicial y final.

¿Por qué se hace indispensable el micro filtrado en paralelo?

- El aceite usado en el depósito del sistema puede llegar a niveles de limpieza tan malos como ISO 24/23/20.
- Una servo válvula necesita por lo menos ISO15/12/10.
- En este caso el filtrado en línea no puede lograr este objetivo.

Ventajas del filtrado en paralelo

- Puede mejorar el nivel de limpieza del aceite por encima del producto nuevo.
- Puede manejar caudales superiores al filtrado en línea, logrando así mejor resultado en menos tiempo.
- Permite realizar flushing a todo el circuito de lubricación.
- No requiere que se detenga la operación de la máquina.

Lamentablemente en la mayoría de los casos se trabaja por debajo de los niveles de limpieza mínimos de lubricante recomendados por los fabricantes de equipos, lo cual trae como consecuencia gastos enormes por efecto de:

- Lucro cesante
- Paradas no programadas.
- Gastos en repuestos.
- Gastos en mano de obra.
- Gastos extra en lubricante.

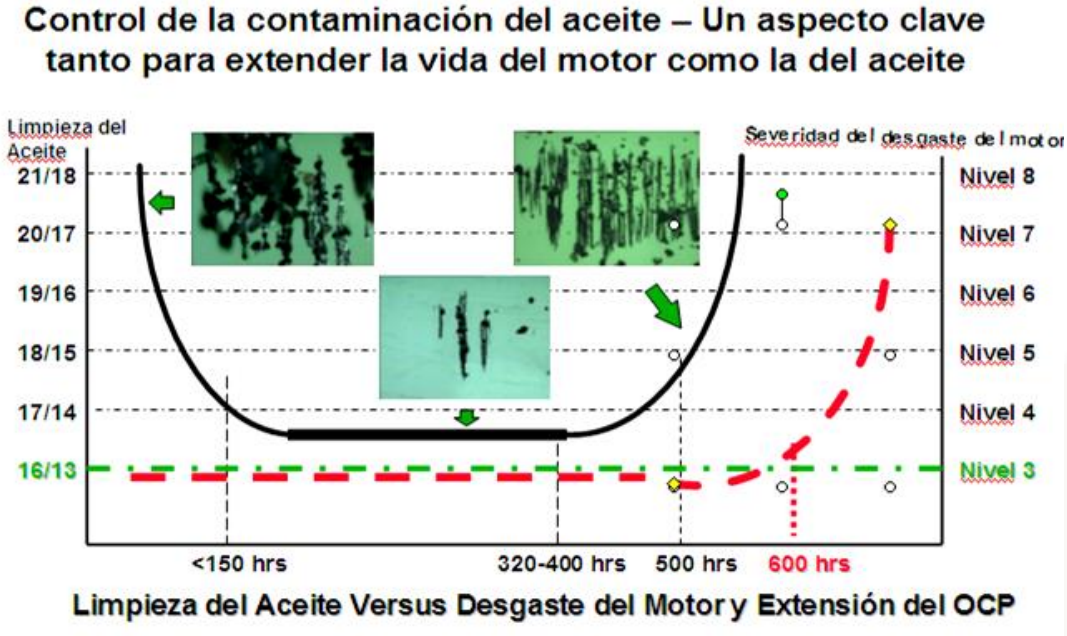


Figura 108

Ejemplo de malas prácticas en la manipulación de fluidos

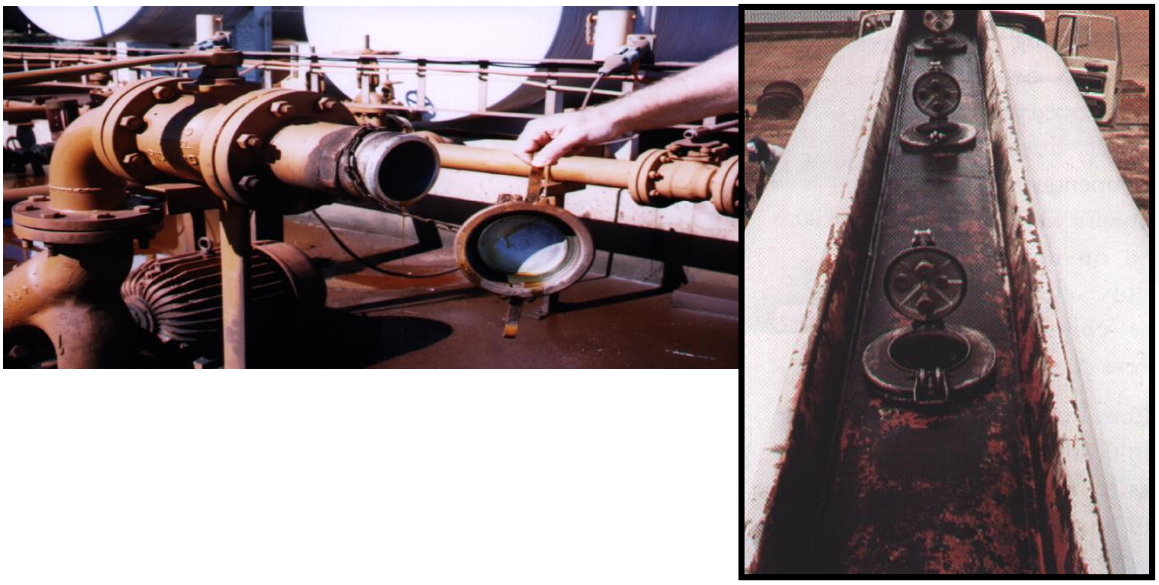


Figura 109

Traslado de fluidos en camión cisterna, con tapas abiertas y cañería abierta sin tapa instalada.

Malas prácticas de almacenamiento de filtros

Figura 110

Figura 111

En la imagen anterior se puede ver filtros mal almacenados expuestos a la contaminación.

Efectos del agua en la vida de los componentes

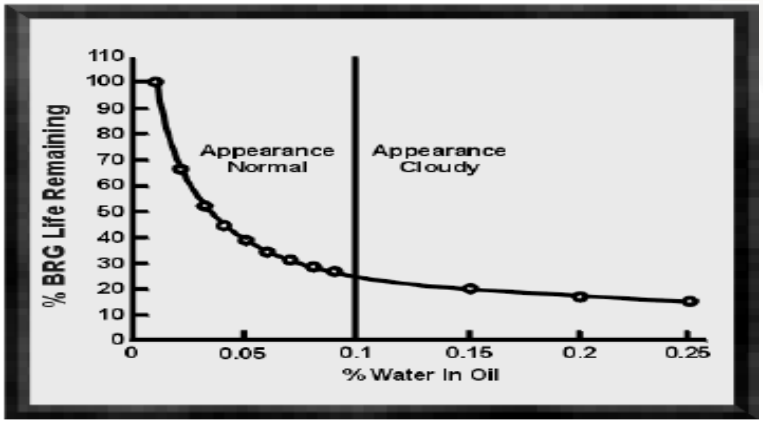


Figura 112

Los Rodamientos de Rodillos pueden perder el 75% de su vida debido al agua, antes de que el aceite se ponga turbio.

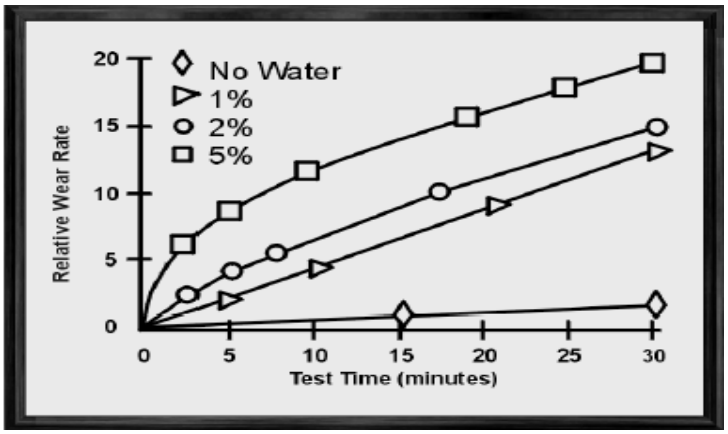


Figura 113

En la imagen anterior se observa una muestra sin agua versus 1% de agua se traduce en más de un 10× de extensión de la vida.

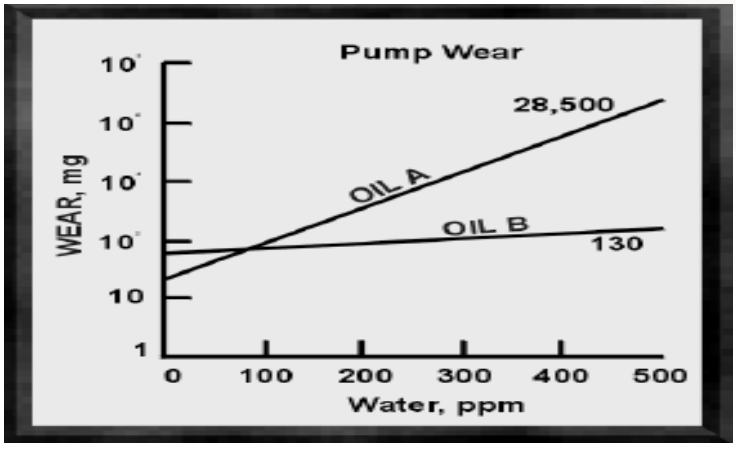


Figura 114

En el caso de las bombas Hidráulicas, en la imagen anterior se observa 100 ppm de agua versus 500 ppm de agua se traduce en más de 100× de extensión de vida (Aceite B).Ahorros por cambio de la práctica de mantención

Revista Forbes - ¡Uno de cada tres dólares se pierde en Mantención Preventiva! Experiencia de la Industria de Energía.

Estrategia de Mantención	Costo por HP por año, US$
Proactiva	$0,1
Predictiva	$8
Preventiva	$13
Parada por Falla	$18

Tabla 5

¿Qué opinión tienen los fabricantes?
Más del 95% de los problemas de lubricación son causados por:

1. Particulado Sólido
2. Humedad
3. Calor
4. Aire

Los 2 principales problemas pueden ser disminuidos en gran medida gracias al sistema de micro filtrado y a un correcto monitoreo del estado de los aceites.

Ejemplo de Índice de fallas en sistema hidráulico camiones con y sin sistema de micro filtrado

- **CAEX 302M**
- **Sin sistema de micro filtrado**

HORAS	200	400	600	800	1000	1200
FALLAS	1	2	3	4	0	2
INDICE	0,005	0,0075	0,01	0,0125	0,01	0,01

Tabla 6

- **CAEX 302M**
- **Con sistema de micro filtrado**

HORAS	200	400	600	800	1000	1200
FALLAS	0	0	1	0	3	2
INDICE	0	0	0,00166	0,00125	0,004	0,005

Tabla 7

- **CAEX 303M**
- **Sin sistema de micro filtrado**

HORAS	200	400	600	800	1000	1200
FALLAS	2	1	3	0	1	7
INDICE	0,01	0,0075	0,01	0,0075	0,007	0,0116
HORAS	1400	1600	1800	2000	2200	
FALLAS	6	3	0	2	13	
INDICE	0,0143	0,0143	0,0128	0,0125	0,0173	

Tabla 8

- **CAEX 303M**
- **Con sistema de micro filtrado**

HORAS	200	400	600
FALLAS	0	1	4
INDICE	0	0,0025	0,0083

Tabla 9

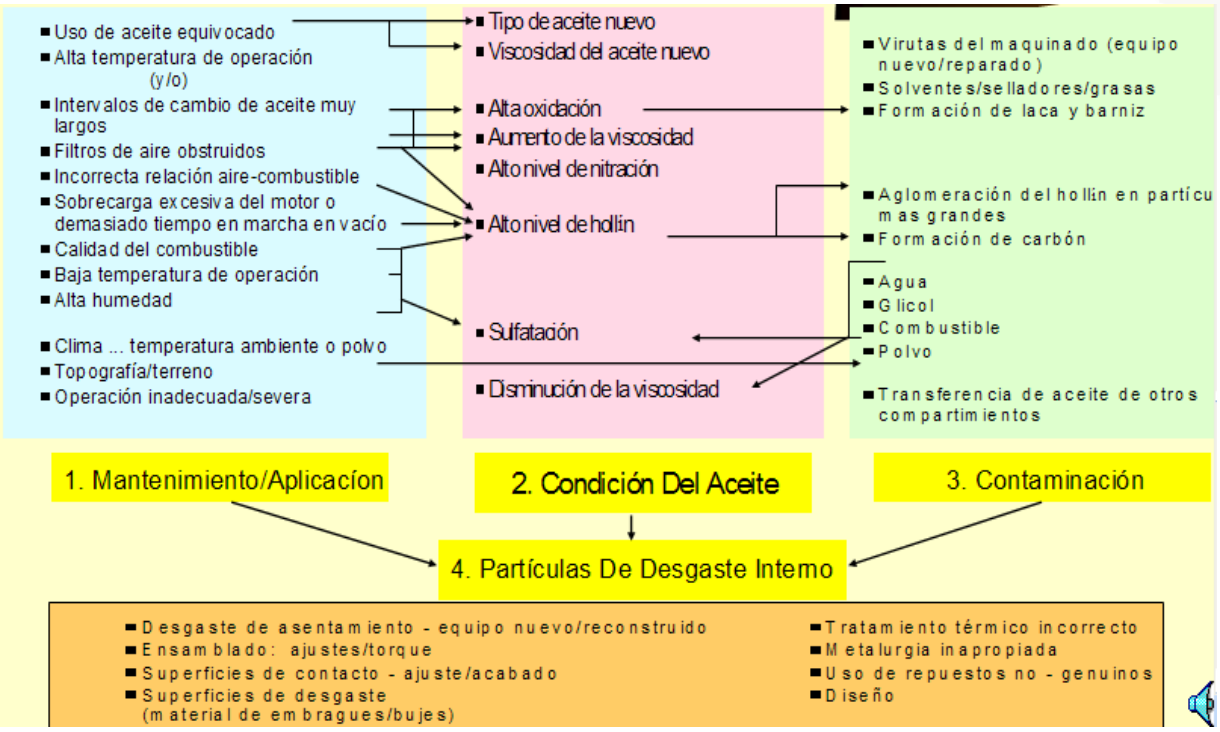


Figura 115

Factores determinantes

2.6 Interpretación de resultados del análisis de aceite del sistema hidráulico

Cu	Fugas del núcleo del enfriador si está muy alto si está solo
Fe, Cr	Cilindros (con Si = Tierra ... vea si hay rallas en los vástagos de cilindros, tierra en los sellos de rodillo)
Fe, Cr	Si no hay Si, puede ser la bomba o el motor de agua (el Cr proviene de los cojinetes de la bomba)
Cu, Fe, Si	Problema de entrada de tierra a la bomba o el motor (el Cr también puede aumentar) Bomba de paletas = Cu+Cr, Fe Bomba de pistones = Cu + Fe (+AL = desgaste de cojinetes de plancha giratoria) Bomba de engranajes = Cu, Fe, o AL (caja)
Na, Cu, Si	Refrigerante o glicol en el aceite …DEAC (Motor/Diésel Anticongelante / Refrigerante)
K, Cu, Na, Si	Refrigerante o glicol en el aceite …ELC (Extended /Life/Coolant)
Al	Posible desgaste de cojinetes de la plancha giratoria en la bomba de pistones

Tabla 10

2.7 Límites condenatorios de referencia

La siguiente tabla muestra el nivel de severidad junto a la probabilidad según la columna, presentes en la tabla de desgaste.

Probabilidad	**85%**	**97.5%**	**Sobre 97.5%**
Elemento	**No requiere acción**	**Monitorear**	**Tomar acciones**

Tabla 11

Ejemplo de tabla de desgaste, entregada por fabricante (usar solo como referencia.)

Equipo	Camión de extracción Caterpillar		
modelo	793D		
componente	Sistema de dirección		
Muestras validas	702		
Equipos validados	113		
Horas validas del fluido	2000 horas		
Elemento	**No requiere acción**	**Monitorear**	**Tomar acciones**
Cobre	0 a 50	51 a 68	sobre 68
Hierro	0 a 6	7 a 8	sobre 8
Cromo	0 a 2	3 a 4	sobre 4
Aluminio	0 a 3	4 a 5	sobre 5
Plomo	0 a 29	30 a 39	sobre 39
Silicio	0 a 7	8 a 9	sobre 9
Estaño	0 a 2	3 a 4	sobre 4

Tabla 12

Ejemplo de tabla de desgaste, entregada por fabricante (usar solo como referencia).

Equipo	**Camión de extracción**		
modelo	**793D**		
componente	**Sistema Hidráulico**		
Muestras validas	436		
Equipos validados	99		
Horas validas del fluido	**2000 horas**		
Elemento	**No requiere acción**	**Monitorear**	**Tomar acciones**
Cobre	0 a 4	5 a 6	sobre 6
Hierro	0 a 10	11 a 13	sobre 13
Cromo	0 a 2	3 a 4	sobre 4
Aluminio	0 a 4	5 a 6	sobre 6
Plomo	0 a 2	3 a 4	sobre 4
Silicio	0 a 16	17 a 20	sobre 20
Estaño	0 a 2	3 a 4	sobre 4

Tabla 13

Tabla característica para un mismo modelo de camión pero una versión más antigua 793C observe la diferencia de los datos referenciales.

Equipo	**Camión de extracción**		
modelo	**793C**		
componente	**Sistema Hidráulico**		
Muestras validas	**238**		
Equipos validados	**54**		
Horas validas del fluido	**2000 horas**		
Elemento	**No requiere acción**	**Monitorear**	**Tomar acciones**
Cobre	**0 a 41**	**42 a 54**	**sobre 54**
Hierro	**0 a 21**	**22 a 26**	**sobre 26**
Cromo	**0 a 2**	**2 a 2**	**sobre 2**
Aluminio	**0 a 4**	**5 a 6**	**sobre 6**
Plomo	**0 a 2**	**3 a 3**	**sobre 3**
Silicio	**0 a 20**	**21 a 25**	**sobre 25**
Estaño	**0 a 3**	**4 a 4**	**sobre 4**

Tabla 14

Nomenclatura anexa a los elementos típicos.

SUL	**Nivel de sulfatación (degradación de aceite)**
ST	**Hollín (degradación)**
OXI	**Oxidación (degradación de aceite)**
NIT	**Nitración del aceite**
PQI	**Índice de desgaste particulado mayor**
W	**Presencia de agua**
V100	**Viscosidad a 100°**
F	**Presencia de combustible**

Tabla 15

2.8 Análisis de resultado, tendencias y recomendaciones

Según las tablas anteriores cada empresa dueña de los equipos se podrá basar en esta información entregada por el fabricante o modificar los criterios según los resultados de las mejores prácticas, obtenidos con la experiencia.

Ejemplo práctico 1

Sample Date	Equipment Hours	Hours On Fluid	Evaluations	Overall Evaluation	OXI	ST	SUL	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	Zn	V100	W	ISO	PQI
26-09-2013	48931	696	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	3108	0	0	3	0	9	0	0	1	1055	1	6	0	1	0	0	1324	6,1	N	19/17/14	16
23-10-2013	49440	1205	LECTURAS NOR	No Action Required				4	0	2846	0	3	3	0	13	0	0	5	1019	1	9	0	3	1	0	1229	6	N	181714	12
05-11-2013	49672	1437	RESULTADOS A	No Action Required				2	0	2919	0	1	3	0	9	0	0	3	1004	1	6	0	2	0	0	1254	6,1	N	20/18/14	9
19-11-2013	49918	1683	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2881	0	1	3	0	9	0	0	5	1016	2	7	0	2	0	0	1251	6,1	N	18/17/13	12
02-12-2013	50183	1948	LECTURAS ACE	No Action Required				2	0	2818	1	1	3	1	8	0	0	4	1009	1	8	0	1	0	0	1297	6,1	N	201813	2
16-12-2013	50447	2212	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	3086	1	1	3	3	10	0	0	6	1060	2	8	0	4	0	0	1275		6,1	N		13
30-12-2013	50706	2471	LEVES GRANU	Monitor Compartment				3	0	2810	1	1	5	0	9	0	0	5	997	0	9	0	2	0	0	1257	6,1	N	G-NM1	8
12-01-2014	50940	234	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2933	0	0	3	0	9	0	0	3	988	1	4	0	3	0	0	1238	6,1		171512	2
26-01-2014	51192	486	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2874	1	0	3	0	8	0	0	4	1052	1	6	0	2	1	0	1281	6,1	N	181713	5
09-02-2014	51412	706	PARTICULADO	Monitor Compartment				2	0	2640	0	1	2	0	4	0	0	3	906	0	12	0	0	0	0	1157	6,1	N	G-NM1	7
24-02-2014	51655	949	PARTICULADO	Monitor Compartment				2	0	2946	0	0	5	0	9	0	0	2	1041	1	7	0	2	0	0	0	7,4	N	21/19/16	2
28-02-2014	51718	63	PARTICULADO	Monitor Compartment				2	0	2795	0	0	5	0	9	0	0	2	983	1	8	0	2	0	0	0	6,5	N	212016	5
17-03-2014	51909	1203	LECTURAS ACE	No Action Required				1	0	2794	1	0	3	0	7	0	0	1	957	1	8	0	3	0	0	1160	6,3		N	17
31-03-2014	52166	1460	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2836	0	0	3	0	9	0	0	1	987	1	6	0	2	0	0	1167	6,2	N	18/17/13	124
17-04-2014	52436	1730	PRESENCIA DE	Monitor Compartment				1	0	2957	1	0	2	0	8	0	0	1	1049	1	9	0	2	0	0	1229	6,1	N	S-NM	23
01-05-2014	52662	1956	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2848	0	0	4	0	8	0	0	2	1029	1	11	0	2	0	0	1241	6,5	N	20/17/15	11
15-05-2014	52878	2172	LECTURAS NOR	No Action Required				1	0	2880	0	0	2	0	9	0	0	1	1026	1	10	0	1	0	0	1232	6,2	N	19/16/13	16
29-05-2014	53131	2425	LECTURAS EN	No Action Required				2	0	2848	0	0	3	0	9	0	0	1	1010	1	11	0	1	0	0	1215	6,1	N	19/17/14	11
11-06-2014	53366	2660	LEVE PRESEN	Monitor Compartment				2	0	2964	0	0	0	2	1	10	0	0	1044	1	12	0	4	0	0	1229	6,2	N	G-NM1	13
25-06-2014	53587	2881	CODIGO ISO M	Monitor Compartment				2	0	2764	0	0	2	0	8	0	0	1	973	1	11	0	1	0	0	1137	6,1	N	212016	10
09-07-2014	53845	258	CODIGO ISO M	Monitor Compartment				1	0	2888	0	0	2	0	9	0	0	1	1018	1	8	0	1	0	0	1186	6,1	N	222219	12
02-08-2014	54090	500	RESULTADOS S	No Action Required				1	0	2828	0	0	3	0	9	0	0	1	996	1	8	0	2	0	0	1194	6,5	N	19/18/14	14

Camión1 (Caterpillar 793C)

Análisis

- Resultados se encuentran normales

Recomendaciones

- Seguir con programa normal de monitoreo

Análisis

- Código ISO mayor a 6-14u alto
- El resto de lecturas son aceptables

Recomendaciones

- Controlar parámetros operacionales del sistema
- Revisar particulado en filtro de aceite y/o mediante test de parche
- Inspeccionar por posibles fugas perdidas de aceite
- Considerar dializar el aceite y enviar nueva muestra para control

Ejemplo práctico 2

Sample Date	Equipment Hours	Hours On Fluid	Evaluations	Overall Evaluation	OXI	ST	SUL	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	Zn	V100	W	ISO	PQI
08-12-2013	50217	1742	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				3	0	2881	1	0	4	0	8	0	0	5	1019	1	7	0	2	0	0	1262	6,5	N	212019	23
22-12-2013	50489	2014	LECTURAS NORMALES	No Action Required				0	0	2915	0	2	4	0	12	0	0	0	1069	0	11	0	4	0	0	1268	6,1	N	20/18/15	5
05-01-2014	50740	2265	LECTURAS NORMALES	No Action Required				3	0	2745	1	0	4	0	9	0	0	6	968	1	9	0	2	0	0	1211	6,2	N	201713	15
19-01-2014	50989	2514	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				3	0	2639	1	0	4	0	9	0	0	6	946	1	9	0	2	0	0	1148	6,1	N	211916	3
02-02-2014	51236	2761	LEVES GRANULOS NO MAGN	Monitor Compartment				4	0	3663	1	0	5	0	10	0	0	5	1234	1	10	0	1	1	0	1502	6,1	N	G-NM1	10
02-02-2014	51236	2761	LEVES GRANULOS NO MAGN	Monitor Compartment				4	0	3663	1	0	5	0	10	0	0	5	1234	1	10	0	1	1	0	1502	6,1	N	G-NM1	10
15-02-2014	51448	2973	SE RETOMA NIVEL DE ADITIV	No Action Required				3	0	2786	0	0	3	0	8	0	0	4	995	1	7	0	2	0	0	1212	6,1	N	18/16/13	18
01-03-2014	51680	232	LECTURAS ACEPTABLES/	No Action Required				3	0	2941	0	0	3	0	10	0	0	4	1023	1	7	0	3	0	0	0	6,1	N	201815	7
14-03-2014	51911	463	LECTURAS NORMALES	No Action Required				2	0	2924	1	1	3	0	12	0	0	3	1049	1	6	0	2	0	0	1238	6,3	N	20/18/13	9
28-03-2014	52177	729	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				2	0	2871	1	0	3	0	9	0	0	4	1034	1	7	0	2	0	0	1220	6,1	N	21/20/17	6
11-04-2014	52433	985	CODIGO ISO SE MUESTRA LE	No Action Required				3	0	2771	0	0	3	0	8	0	0	5	987	1	7	0	2	0	0	0	6,1		20/19/15	7
25-04-2014	52681	1233	LECTURAS ACEPTABLES/	No Action Required				3	0	2731	1	0	4	0	8	0	0	5	986	1	8	0	1	0	0	1192	6,2	N	20/18/15	11
09-05-2014	52926	1478	PARTICULADO MAYOR A 6u L	No Action Required				3	0	2961	1	0	4	0	8	0	0	6	1051	1	9	0	2	0	0	1235	6,2	N	20/19/15	19
23-05-2014	53165	1886	LECTURAS NORMALES	No Action Required				3	0	2707	1	0	4	0	9	0	0	6	979	2	10	0	1	0	0	1192	6,2	N	20/18/15	15
06-06-2014	53248	2141	PARTICULADO MAYOR 6u LEV	No Action Required				4	0	2791	1	0	4	0	8	0	0	7	1015	1	10	0	1	0	0	1224	6,1	N	211914	7
04-07-2014	53884	2600	PARTICULADO MAYOR SE EN	Monitor Compartment				4	0	3298	2	1	2	2	9	0	0	9	1152	2	12	0	3	0	0	1343	6,2	N	G-NM1	19
18-07-2014	54123	2836	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				4	0	2871	1	1	5	0	9	0	0	7	1030	1	11	0	1	0	0	1207	6,5	N	21/20/16	16
02-08-2014	54409	3122	PARTICULADO MAYOR SE EN	Monitor Compartment				4	0	2879	1	1	5	0	9	0	0	9	1034	2	11	0	2	0	0	1241	6,2	N	G-NM1	10

Camión2 (Caterpillar 793C)

Análisis:

- Particulado mayor se encuentra alto
- Leve Particulado granular no magnético es visible en esta muestra
- Otros parámetros se encuentran normales
- Posible contaminación en la toma de muestra

Recomendaciones:

- chequear particulado en filtro de aceite
- controlar proceso de muestreo
- seguidas recomendaciones enviar una nueva muestra para verificar tendencias

Análisis

- Leves gránulos no magnéticos visibles
- posible contaminación en la toma de muestra o ingreso de contaminantes
- otros valores normales

Recomendaciones

- Seguir con programa normal de monitoreo
- Controlar parámetros operacionales
- Revisar particulado en filtro de aceite
- Controlar técnicas de muestreo de aceite
- Controlar buenas prácticas de control de contaminantes
- Enviar nueva muestra para evaluar tendencias

Actividad N° 4

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán observar una serie de imágenes, conceptos y gráficas que se muestran a continuación, para posteriormente escribir sus características con el apoyo del cuaderno del alumno.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a conceptos específicos de la contaminación en equipos y componentes, que afectan de manera significativa el rendimiento y productividad.

El objetivo de esta actividad es familiarizar al participante con el proceso requerido para poder interpretar la información entregada por las pruebas realizadas a los sistemas hidráulicos.

Otro objetivo es que el participante defina una serie de conceptos e identifique las condiciones que provocan el ingreso de la contaminación a los sistemas.

Aprendizaje esperado que desarrolla

El participante identifica los distintos contaminantes y su fuente de origen.
El participante interpreta los datos arrojados por el análisis de aceite del sistema hidráulico, indicando las acciones a seguir y entregando sus recomendaciones

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 en la medida que explica los distintos conceptos y ejemplos mediante imágenes.

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

Materiales y recursos

- Manual
- Lápiz grafito
- Computador
- Parlantes
- Proyector multimedia
- Telón para proyectar imágenes

Desarrollo de la actividad

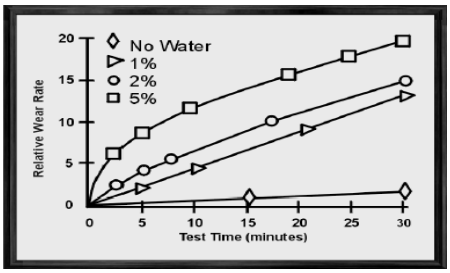
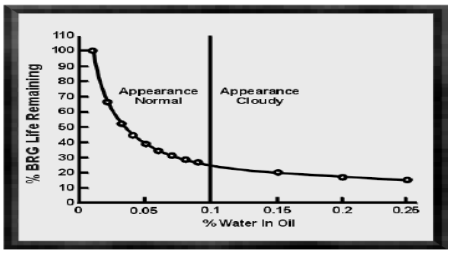
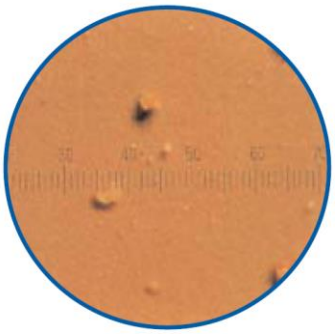
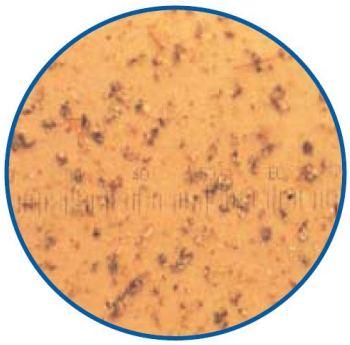
El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.
El instructor deberá realizar preguntas a l participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.
En la etapa de explicación de las características de las imágenes, se deberá realizar utilizando el manual del alumno.
Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.
Los criterios de evaluación para realizar el análisis deben ser extraídos del manual del participante

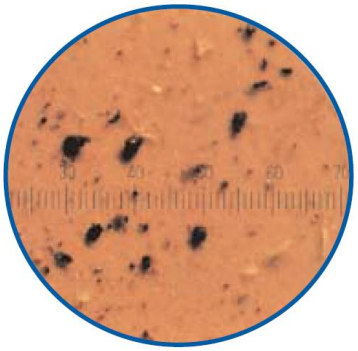
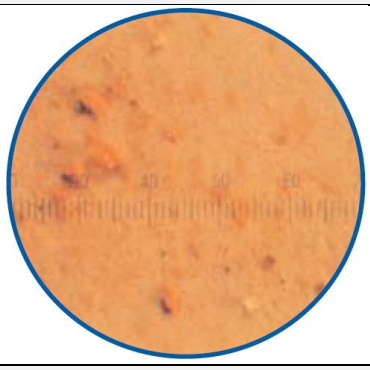
Seguridad
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- 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.

Participantes: **1.** **2.** **3.** **4.**	
1. Concepto	Definición
Aceite nuevo contaminado:	Las líneas de transporte que llevan el aceite hasta los tambores donde es almacenado, lo contaminan con caucho, metales, etc., así también, los tambores contienen laminillas y descascaramiento. Los estanques de almacenamiento también son un problema real

	ya que el agua se condensa creando partículas de corrosión.
2. Concepto	Definición
Contaminación impregnada	Este tipo de contaminación se refiere a la que traen los componentes desde su proceso de fabricación y ensamblaje. Lo más común a encontrar es: polvo, fibras, soldadura, humedad, sílice entre otros.
3. Concepto	Definición
Contaminación ingresada	Como su nombre lo indica, es la contaminación que puede ingresar a la maquina desde el medio ambiente, siendo los accesos más comunes los respiraderos, sellos de los cilindros, sellos de los ejes y durante la mantención.
4. Concepto	Definición
Contaminación generada internamente:	Este tipo de contaminación es la más dañina para el sistema. Estas partículas se endurecen un nivel mayor que el material del cual provienen, por lo cual son muy agresivas y aceleran el desgaste de la máquina.
5. Imagen	Comente la imagen:
	Mala práctica en la manipulación de fluidos. Traslado de fluidos en camión cisterna, con tapas abiertas.
6. Imagen	Comente la imagen:
	Práctica inadecuada de almacenamiento de filtros

7. Gráfica	Interprete la siguiente gráfica:
	Tasa de desgaste relativo v/s tiempo de prueba en minutos. En la imagen anterior se observa una muestra sin agua versus 1% de agua se traduce en más de un 10× de extensión de la vida.
8. Gráfica	Interprete la siguiente gráfica:
	Vida restante del rodamiento v/s % de agua en el aceite. Los Rodamientos de Rodillos pueden perder el 75% de su vida debido al agua, antes de que el aceite se ponga turbio.
8. Imagen	Explique la imagen:
	Sílice Partículas duras y translúcidas asociadas, a menudo, con la contaminación atmosférica y ambiental: arena, polvo, etc.
9. Imagen	Explique la imagen:
	Metal brillante Partículas metálicas brillantes, habitualmente, de color plata u oro, generadas dentro del sistema. Los contaminantes generados son producto del desgaste y causan, a menudo, el desgaste adicional del componente y la descomposición acelerada del fluido.

10. Imagen	Explique la imagen:
	Metal negro Metal férrico oxidado inherente a la mayoría de sistemas hidráulicos y lubricantes; contaminante integrado y generado dentro del sistema debido al desgaste.
11. Imagen	Explique la imagen:
	**Óxido** Partículas color naranja/marrón opacas que aparecen, habitualmente, en el aceite de los sistemas donde puede haber agua, p. e., tanques de almacenamiento de aceite.
12. Imagen	Explique la imagen:
	Fibras Contaminantes generados muy comúnmente por papel y tejidos, p. e., trapos de talleres.

Tipo de contaminantes	Efectos sobre la superficie de las piezas
13. Partículas	Desgaste superficial por abrasión y fatiga
14. Agua	Herrumbre, rayado
15. Combustible	Incremento Del desgaste, por perdida de resistencia de la partícula lubricante y rompimiento de esta
16. Aire	Cavitación
17. Calor	Formación de barniz. Incremento del desgaste, por perdida de resistencia de la película lubricante

Interpretar la siguiente información, escribiendo su análisis y recomendaciones basado en criterios de evaluación, tomando en cuenta solo fechas significativas

Camion1 Modelo 793C CAT Sistema Hidráulico

Sample Date	Equipment Hours	Hours On Fluid	Evaluations	Overall Evaluation	OXI	ST	SUL	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	Zn	V100	W	ISO	PQI
08-12-2013	50217	1742	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				3	0	2881	1	0	4	0	8	0	0	5	1019	1	7	0	2	0	0	1262	6,5	N	212019	23
22-12-2013	50489	2014	LECTURAS NORMALES	No Action Required				0	0	2915	0	2	4	0	12	0	0	0	1069	0	11	0	4	0	0	1268	6,1	N	20/18/15	5
05-01-2014	50740	2265	LECTURAS NORMALES	No Action Required				3	0	2745	1	0	4	0	9	0	0	6	968	1	9	0	2	0	0	1211	6,2	N	201713	15
19-01-2014	50989	2514	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				3	0	2639	1	0	4	0	9	0	0	6	946	1	9	0	2	0	0	1148	6,1	N	211916	3
02-02-2014	51236	2761	LEVES GRANULOS NO MAGN	Monitor Compartment				4	0	3663	1	0	5	0	10	0	0	5	1234	1	10	0	1	1	0	1502	6,1	N	G-NM1	10
02-02-2014	51236	2761	LEVES GRANULOS NO MAGN	Monitor Compartment				4	0	3663	1	0	5	0	10	0	0	5	1234	1	10	0	1	1	0	1502	6,1	N	G-NM1	10
15-02-2014	51448	2973	SE RETOMA NIVEL DE ADITIV	No Action Required				3	0	2786	0	0	3	0	8	0	0	4	995	1	7	0	2	0	0	1212	6,1	N	18/16/13	18
01-03-2014	51680	232	LECTURAS ACEPTABLES/	No Action Required				3	0	2941	0	0	3	0	10	0	0	4	1023	1	7	0	3	0	0	0	6,1	N	201815	7
14-03-2014	51911	463	LECTURAS NORMALES	No Action Required				2	0	2924	1	1	3	0	12	0	0	3	1049	1	6	0	2	0	0	1238	6,3	N	20/18/13	9
28-03-2014	52177	729	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				2	0	2871	1	0	3	0	9	0	0	4	1034	1	7	0	2	0	0	1220	6,1	N	21/20/17	6
11-04-2014	52433	985	CODIGO ISO SE MUESTRA LE	No Action Required				3	0	2771	0	0	3	0	8	0	0	5	987	1	7	0	2	0	0	0	6,1		20/19/15	7
25-04-2014	52681	1233	LECTURAS ACEPTABLES/	No Action Required				3	0	2731	1	0	4	0	8	0	0	5	986	1	8	0	1	0	0	1192	6,2	N	20/18/15	11
09-05-2014	52926	1478	PARTICULADO MAYOR A 6u L	No Action Required				3	0	2961	1	0	4	0	8	0	0	6	1051	1	9	0	2	0	0	1235	6,2	N	20/19/15	19
23-05-2014	53165	1886	LECTURAS NORMALES	No Action Required				3	0	2707	1	0	4	0	9	0	0	6	979	2	10	0	1	0	0	1192	6,2	N	20/18/15	15
06-06-2014	53248	2141	PARTICULADO MAYOR 6u LEV	No Action Required				4	0	2791	1	0	4	0	8	0	0	7	1015	1	10	0	1	0	0	1224	6,1	N	211914	7
04-07-2014	53884	2600	PARTICULADO MAYOR SE EN	Monitor Compartment				4	0	3298	2	1	2	2	9	0	0	9	1152	2	12	0	3	0	0	1343	6,2	N	G-NM1	19
18-07-2014	54123	2836	PARTICULADO MAYOR A 6-14	Monitor Compartment				4	0	2871	1	1	5	0	9	0	0	7	1030	1	11	0	1	0	0	1207	6,5	N	21/20/16	16
02-08-2014	54409	3122	PARTICULADO MAYOR SE EN	Monitor Compartment				4	0	2879	1	1	5	0	9	0	0	9	1034	2	11	0	2	0	0	1241	6,2	N	G-NM1	10

Fecha: 02-08-2014, Hora de equipo 54409

Análisis:

- Particulado mayor se encuentra alto
- Leve Particulado granular no magnético es visible en esta muestra
- Otros parámetros se encuentran normales
- Posible contaminación en la toma de muestra

Recomendaciones:

- chequear particulado en filtro de aceite
- controlar proceso de muestreo
- seguidas recomendaciones enviar una nueva muestra para verificar tendencias

Fecha: 02-02-2014 Hora de equipo 51236

Análisis

- Leves gránulos no magnéticos visibles
- posible contaminación en la toma de muestra o ingreso de contaminantes
- otros valores normales

Recomendaciones:

- Seguir con programa normal de monitoreo
- Controlar parámetros operacionales
- Revisar particulado en filtro de aceite
- Controlar técnicas de muestreo de aceite
- Controlar buenas prácticas de control de contaminantes
- Enviar nueva muestra para evaluar tendencias

Camion2 Modelo 793C CAT Sistema Hidráulico

Sample Date	Equipment Hours	Hours On Fluid	Evaluations	Overall Evaluation	OXI	ST	SUL	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	Zn	V100	W	ISO	PQI
26-09-2013	48931	696	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	3108	0	0	3	0	9	0	0	1	1055	1	6	0	1	0	0	1324	6,1	N	19/17/14	16
23-10-2013	49440	1205	LECTURAS NOR	No Action Required				4	0	2846	0	3	3	0	13	0	0	5	1019	1	9	0	3	1	0	1229	6	N	181714	12
05-11-2013	49672	1437	RESULTADOS A	No Action Required				2	0	2919	0	1	3	0	9	0	0	3	1004	1	6	0	2	0	0	1254	6,1	N	20/18/14	9
19-11-2013	49918	1683	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2881	0	1	3	0	9	0	0	5	1016	2	7	0	2	0	0	1251	6,1	N	18/17/13	12
02-12-2013	50183	1948	LECTURAS ACE	No Action Required				2	0	2818	1	1	3	1	8	0	0	4	1009	1	8	0	1	0	0	1297	6,1	N	201813	2
16-12-2013	50447	2212	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	3086	1	1	3	3	10	0	0	6	1060	2	8	0	4	0	0	1275		6,1	N	13
30-12-2013	50706	2471	LEVES GRANU	Monitor Compartment				3	0	2810	1	1	5	0	9	0	0	5	997	0	9	0	2	0	0	1257	6,1	N	G-NM1	8
12-01-2014	50940	234	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2933	0	0	3	0	9	0	0	3	988	1	4	0	3	0	0	1238	6,1		171512	2
26-01-2014	51192	486	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2874	1	0	3	0	8	0	0	4	1052	1	6	0	2	1	0	1281	6,1	N	181713	5
09-02-2014	51412	706	PARTICULADO	Monitor Compartment				2	0	2640	0	1	2	0	4	0	0	3	906	0	12	0	0	0	0	1157	6,1	N	G-NM1	7
24-02-2014	51655	949	PARTICULADO	Monitor Compartment				2	0	2946	0	0	5	0	9	0	0	2	1041	1	7	0	2	0	0	0	7,4	N	21/19/16	2
28-02-2014	51718	63	PARTICULADO	Monitor Compartment				2	0	2795	0	0	5	0	9	0	0	2	983	1	8	0	2	0	0	0	6,5	N	212016	5
17-03-2014	51909	1203	LECTURAS ACE	No Action Required				1	0	2794	1	0	3	0	7	0	0	1	957	1	8	0	3	0	0	1160	6,3		N	17
31-03-2014	52166	1460	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2836	0	0	3	0	9	0	0	1	987	1	6	0	2	0	0	1167	6,2	N	18/17/13	124
17-04-2014	52436	1730	PRESENCIA DE	Monitor Compartment				1	0	2957	1	0	2	0	8	0	0	1	1049	1	9	0	2	0	0	1229	6,1	N	S-NM	23
01-05-2014	52662	1956	LECTURAS NOR	No Action Required				2	0	2848	0	0	4	0	8	0	0	2	1029	1	11	0	2	0	0	1241	6,5	N	20/17/15	11
15-05-2014	52878	2172	LECTURAS NOR	No Action Required				1	0	2880	0	0	2	0	9	0	0	1	1026	1	10	0	1	0	0	1232	6,2	N	19/16/13	16
29-05-2014	53131	2425	LECTURAS EN	No Action Required				2	0	2848	0	0	3	0	9	0	0	1	1010	1	11	0	1	0	0	1215	6,1	N	19/17/14	11
11-06-2014	53366	2660	LEVE PRESENC	Monitor Compartment				2	0	2964	0	0	0	2	1	10	0	0	1044	1	12	0	4	0	0	1229	6,2	N	G-NM1	13
25-06-2014	53587	2881	CODIGO ISO MA	Monitor Compartment				2	0	2764	0	0	2	0	8	0	0	1	973	1	11	0	1	0	0	1137	6,1	N	212016	10
09-07-2014	53845	258	CODIGO ISO MA	Monitor Compartment				1	0	2888	0	0	2	0	9	0	0	1	1018	1	8	0	1	0	0	1186	6,1	N	222219	12
02-08-2014	54090	500	RESULTADOS S	No Action Required				1	0	2828	0	0	3	0	9	0	0	1	996	1	8	0	2	0	0	1194	6,5	N	19/18/14	14

Fecha: 02-08-2014 Hora de equipo 54090

Análisis:

- Resultados se encuentran normales

Recomendaciones:

- Seguir con programa normal de monitoreo

Fecha: 09-07-2014 Hora de equipo 54409

Análisis:

- Código ISO mayor a 6-14u alto
- El resto de lecturas son aceptables

Recomendaciones:

- Controlar parámetros operacionales del sistema
- Revisar particulado en filtro de aceite y/o mediante test de parche
- Inspeccionar por posibles fugas perdidas de aceite
- Considerar dializar el aceite y enviar nueva muestra para control

Conclusiones finales del participante:		
Nombre del instructor	**Fecha**	**Firma**
Observaciones		

Cierre

El participante deberá exponer en la sala de clases las consecuencias que trabajar con aceite contaminado

El participante deberá comprender la importancia de las buenas prácticas para el control de contaminantes y del monitoreo constante de los equipos para tomar acciones antes de que se generen fallas catastróficas o se pierda gran parte del rendimiento del equipo.

El instructor deberá resaltar la importancia de la interpretación acertada de los datos recolectados y de las variables que pueden afectar los resultados de la muestras al hacerlas poco representativas.

El instructor deberá resaltar la importancia de tomar medidas simples en el control de la contaminación es mucho más barato y evitan gran parte de pérdidas y daños en equipos y procesos.

Actividad N° 5

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán observar un video que tiene como temática la contaminación y su impacto sobre el desempeño de equipos y procesos productivos.

Una vez visto el video se deberán responder una serie de preguntas referente a su contenido.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con las causas más comunes que disminuyen el rendimiento y la productividad de equipos y procesos además de la forma en que este proceso de deterioro se desarrolla.

Aprendizaje esperado que desarrolla

El video ayudara al participante en la interpretación de resultados de análisis de aceite al mostrar muchas de las fuentes de contaminación de los sistemas hidráulicos.
El participante identificara y explicara cómo se generan algunos de los modos de falla más comunes en sistemas hidráulicos.

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 en la medida que explica los distintos modos de fallas que pueden ocurrir en bombas y motores hidráulicos.

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

Materiales y recursos

- Manual
- Lápiz grafito
- Computador
- Parlantes
- Proyector multimedia
- Telón para proyectar imágenes

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 detener el video y realizar preguntas sobre el tema a la mitad y al final de la reproducción.
Luego de lo anterior se dará inicio a la actividad respondiendo las preguntas.

Seguridad
En todas las actividades en salas de clases el instructor 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.

Participantes: **1.** **2.** **3.** **4.**
Componente :   Contaminación del sistema hidráulico - CAT.mp4 https://www.youtube.com/watch?v=2uwNpTXPjwk

Preguntas	Respuestas
1. ¿Cómo se comporta un equipo que tiene perdida de eficiencia?	Los tiempos que demoran los ciclos de trabajo, aumentan y el equipo se vuelve más lento
2. ¿Cómo responde la industria cuando el cliente requiere más potencia y ciclo de trabajo más cortos?	Responde con presiones más altas, tolerancias menores o más ajustadas, pero esto implica trabajar con fluidos más limpios.
3. ¿Cuál es el tamaño de las partículas visibles? y ¿cuál es el tamaño de las partículas que generan daño en los sistemas hidráulicos?	40 micrones es el tamaño de las partículas que podemos ver. 5 micrones son las partículas que pueden dañar un sistema hidráulico
4. ¿Cómo se define contaminación?	Es todo aquello que no forma parte del sistema
5. ¿Nombre los distintos tipos de contaminantes?	Polvo, arena, pintura partículas metálicas, fibras de trapos
6. ¿En qué momento pueden entrar las partículas pequeñas al sistema hidráulico del equipo?	• Durante el armado • Durante el almacenamiento o el transporte • Durante el mantenimiento o el servicio, cuando el sistema se abre para cambiar o rellenar aceite • Durante la operación de la maquina a través de vástagos golpeados o sellos guarda polvo dañad • Cuando se cambian acoples para cambio de accesorios o implementos.
7. ¿Qué partes se ven más dañada por las partículas contaminantes?	Se dañan más, las piezas móviles, donde las tolerancias son más pequeñas 3-4 micrones, se dañan, se pueden trabar o desgastar en exceso, generando fugas.
8. ¿Qué señales en el equipo, son indicadores de que un sistema hidráulico se encuentra contaminado?	• Corrimiento del cilindro • Dirección brusca • Rendimiento más lento • Funcionamiento errático • Intervalo de servicio más seguido • Aumento de los costos de operación • Pérdida de productividad • Riesgo de falla catastrófica

9. Que otros sistemas puede afectar la contaminación	• Sistema de transmisión afectando sus válvulas de control de la modulación de los cambios, trabando las válvulas o tapando orificios • La contaminación remanente, si no se limpia antes de instalar componentes nuevos, puede afectar el diferencial o el mando final.
10. ¿Qué tolerancias tienen los sistemas de combustibles?	2 micrones
11. ¿Como se genera perdida de potencia en el motor, producto de la contaminación?	Se genera al taparse los orificios de las toberas de inyección, esto deja menos orificios inyectando, por lo que se limita la cantidad de combustible inyectado, perdiendo potencia.
12. ¿Qué medidas podemos tomar para dar inicio al control de contaminantes?	• Mantener limpios los pisos y áreas de trabajo • Proteger las piezas durante el armado y almacenamiento. • Limpiar mangueras durante el armado. • Almacenar adecuadamente los fluidos • Filtrar todos los fluidos • Proteger las maquinas durante la operación y durante el mantenimiento preventivo. • Tomar muestras de aceite a los intervalos recomendados usando las técnicas adecuas.
Conclusiones finales del participante:	

Nombre del instructor	**Fecha**	**Firma**

Observaciones

Cierre

El participante deberá exponer en la sala de clases las consecuencias que provoca la contaminación en el proceso productivo

El participante deberá comprender la importancia de las buenas prácticas para el control de contaminantes y del monitoreo constante de los equipos para tomar acciones antes de que se generen fallas catastróficas o se pierda gran parte del rendimiento del equipo.

El instructor deberá resaltar la importancia de que tomar medidas simples en el control de la contaminación es mucho más barato y evitan gran parte de pérdidas y daños en equipos y procesos.

3. Solución de Averías en Sistemas Hidráulicos

3.1 Guía de solución de averías de sistemas hidráulicos

Probablemente, la ayuda mayor para la localización de averías proviene de la confianza que da el conocimiento del sistema. Puesto que cada uno de sus componentes tiene una finalidad determinada, debe entenderse completamente su construcción y características de funcionamiento. Por ejemplo, el saber que una electroválvula distribuidora puede ser accionada manualmente puede ahorrar un tiempo considerable en el desmontaje del solenoide defectuoso.

Es también importante conocer las capacidades del sistema. Cada uno de sus componentes tiene un caudal, par, o presión nominales máximos. Si se hace funcionar el sistema a valores más elevados, se aumenta muchísimo la posibilidad de fallos.

Deben conocerse y comprobarse siempre con un manómetro, las presiones correctas de funcionamiento del sistema. El esquema del circuito hidráulico debe llevar siempre anotadas estas presiones. En caso negativo, hay que suponer que la presión correcta de funcionamiento es la más baja que permita un funcionamiento adecuado del sistema y sea inferior a la presión nominal máxima de los componentes y de la máquina. Una vez hayan sido establecidas las presiones correctas, hay que anotarlas en el esquema hidráulico para futuras referencias.

La comprensión del sistema incluye también el conocimiento adecuado de las señales de mando y niveles de realimentación, así como los ajustes del dithcr y de las ganancias en los sistemas con servo válvulas.

Ocasionalmente, un proceso que no parece complicado como volver a colocar un sistema o el cambio de una pieza de un componente puede originar problemas. Los puntos que se comentan a continuación pueden ayudar a evitar complicaciones innecesarias.

- Cada componente del sistema debe ser compatible con los otros elementos del mismo. Como ejemplo, colocar un colador no adecuado a la entrada de una bomba puede originar cavitación con el daño consiguiente para la máquina.
- Todas las tuberías deben dimensionarse correctamente y estar libres de curvaturas restrictivas. Una tubería subdimensionada o con restricciones origina una pérdida de presión.
- Algunos componentes deben instalarse en una posición específica, con relación a otros componentes o tuberías. Por ejemplo, la carcasa de una bomba de

pistones en línea, debe de estar siempre llena de fluido para fines de lubrificación.

- Aunque no es esencial para el funcionamiento del sistema, la colocación de puntos adecuados de comprobación para lecturas de manómetro, facilita también la localización de averías.

La capacidad para reconocer indicadores de problemas en un sistema determinado se adquiere usualmente mediante experiencia. Para ayudar a este proceso hay que analizar el sistema y desarrollar una secuencia lógica para los ajustes de las válvulas, fines de carrera mecánicos, enclavamientos, y controles eléctricos. Frecuentemente, puede conseguirse el seguimiento de los caudales escuchando su paso por las tuberías o palpándolas para un calentamiento excesivo.

Trabajando regularmente con el sistema, puede desarrollarse una guía de causa y efecto de las averías, similar a las tablas que se presentan en este apéndice. El tiempo inicial invertido en este proyecto puede ahorrar posteriormente, muchas horas de paro del sistema.

Aunque la localización y reparación de las averías son una parte normal del funcionamiento de un sistema, el tiempo de parada puede minimizarse realizando regularmente un sistema sencillo de mantenimiento basado en los tres puntos que se exponen a continuación, con lo que puede mejorarse mucho el funcionamiento, rendimiento, y vida del sistema.

- Mantener una cantidad suficiente de fluido hidráulico correcto que esté limpio y tenga la viscosidad adecuada.
- Cambiar y limpiar frecuentemente los filtros y los coladores.
- Mantener las conexiones lo suficientemente apretadas de forma que el aire no pueda penetrar en el sistema, pero sin distorsionarlas.

Cualquiera que sea el sistema de localización ·de averías que se realice, la consideración más importante es siempre la seguridad. Aunque la mayoría de las prácticas adecuadas de seguridad son sentido comunes, la tensión debida a una situación de averías puede originar que se pase por alto un riesgo potencial. Por este motivo, es una buena idea establecer un proceso regular de parada.

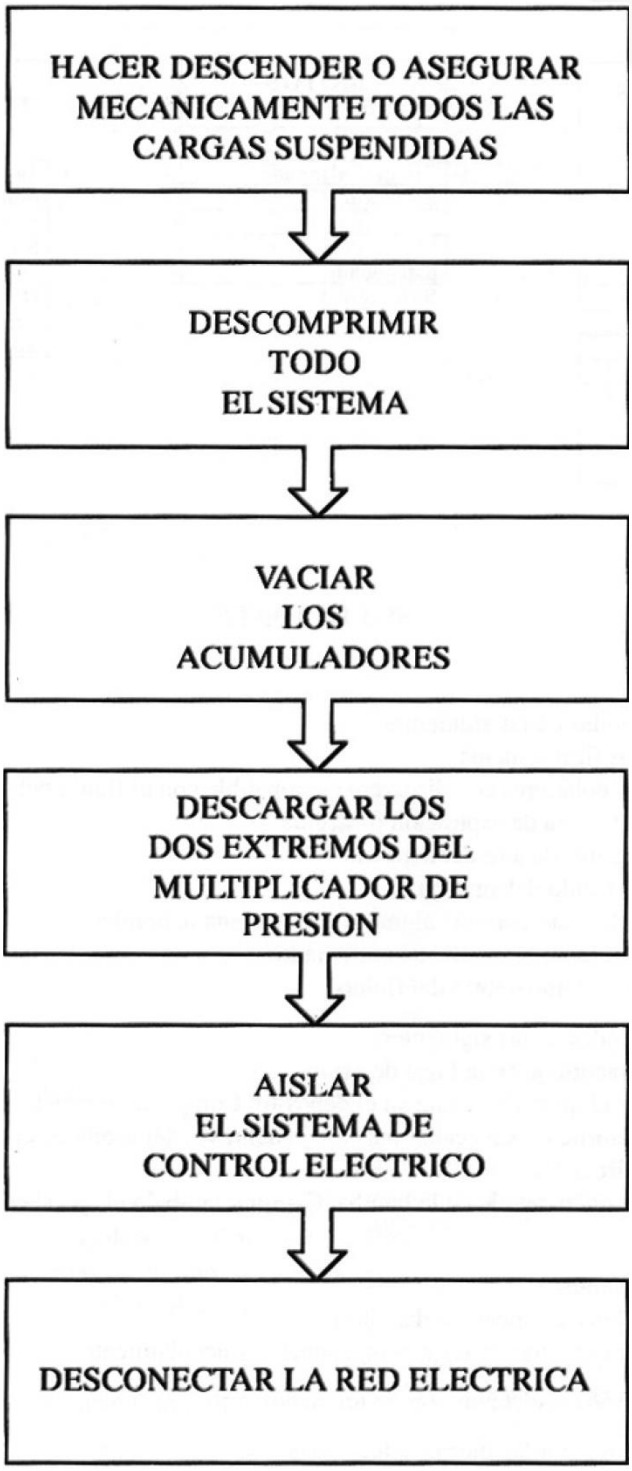


Figura 116

Pasos para la detención de equipos hidráulicos.

Para la localización de averías debido a ruidos excesivos

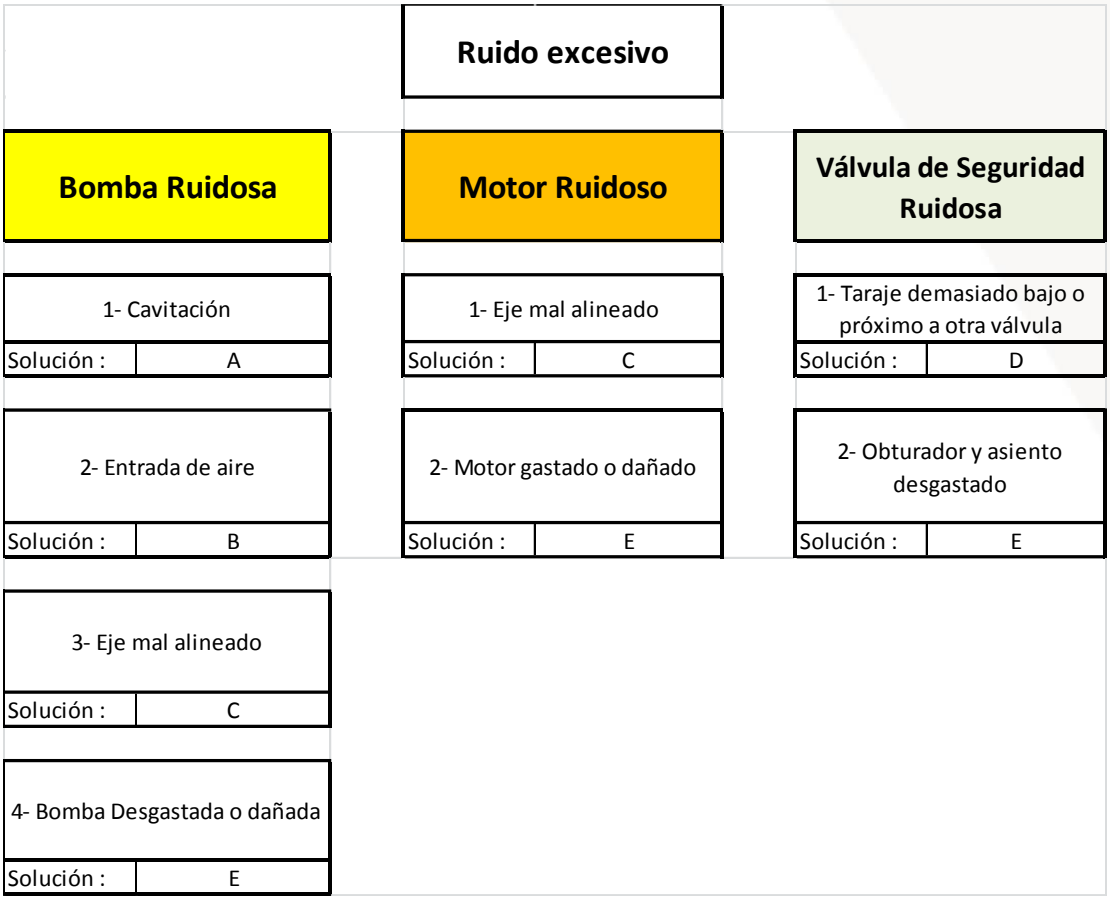


Figura 117

Soluciones 1

A. Cualquiera o todas de las siguientes:

- Cambiar los filtros sucios
- Limpiar los coladores con disolvente compatible con el fluido del sistema
- Limpiar la tubería de aspiración obstruida
- Limpiar el filtro de aire del depósito
- Cambiar el fluido del sistema
- Poner la velocidad correcta al motor que acciona la bomba
- Cambiar o reparar la bomba de pre llenado
- Comprobar la temperatura del fluido

B. Cualquiera o todas de las siguientes:

- Ajustar los racores en la línea de aspiración
- Comprobar el nivel del aceite en el depósito. Con pocas excepciones, todas las líneas de retorno deben acabar muy abajo del nivel del aceite en el depósito
- Purgar el aire del sistema

- Cambiar el retén del eje de la bomba. Cambiar también el eje, si está gastado, y la junta

C. Todas las siguientes:
   - Hacer una buena alineación del eje
   - Comprobar el estado de las juntas, cojinetes y acoplamiento

D. Ajustar a presión cometa utilizando un manómetro

E. Reemplazar o reparar las piezas defectuosas

Para la localización de averías debidas a un calentamiento excesivo

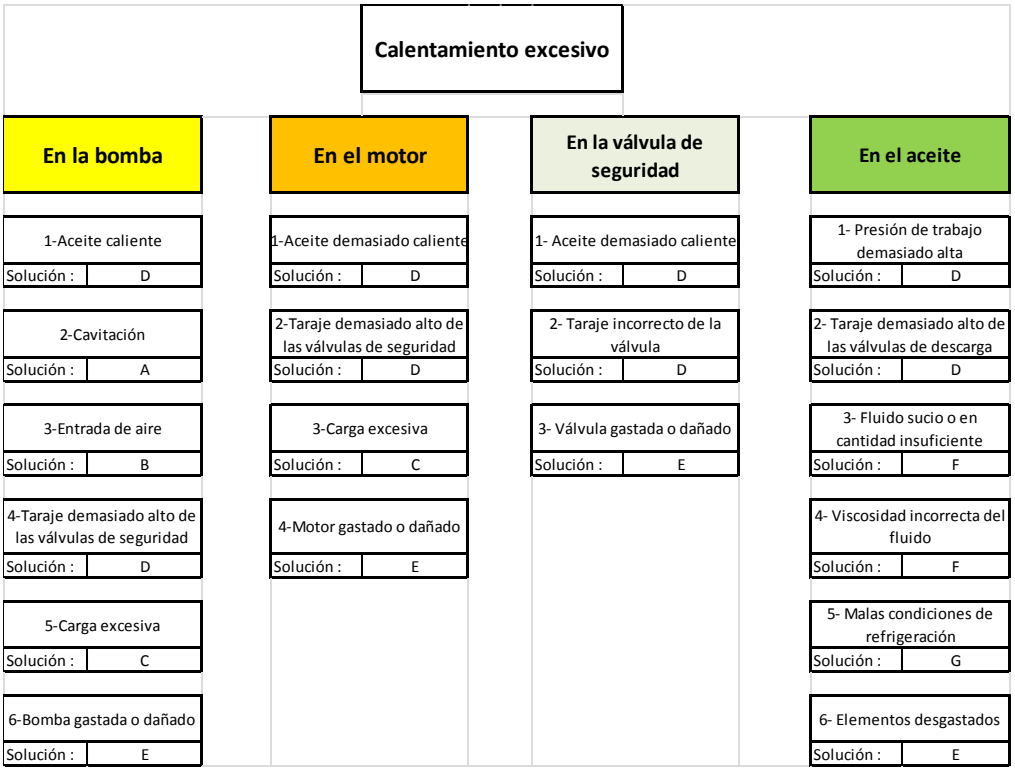


Figura 118

Soluciones 2

A. Cualquiera o todas de las siguientes:
   - Cambiar los filtros sucios
   - Limpiar el colador obturado Limpiar el filtro de aire
   - Cambiar el fluido del sistema
   - Poner la velocidad adecuada de la bomba
   - Reemplazar o reparar la bomba de pre llenado

B. Cualquiera o todas de las siguientes:
    - Ajustar los racores en la línea de aspiración
    - Comprobar el nivel del aceite en el depósito. Con pocas excepciones, todas las líneas de retomo deben acabar más abajo del nivel del aceite en el depósito
    - Purgar el aire del sistema
    - Cambiar el retén del eje de la bomba. Cambiar también el eje, si está gastado, o la junta

C. Todas las siguientes:
    - Hacer una buena alineación del eje
    - Comprobar el estado de las juntas, cojinetes y acoplamiento
    - Localizar o corregir las uniones mecánicas
    - Comprobar si las cargas de trabajo exceden del desafío del sistema

D. Instalar y ajustar el manómetro. Mantener como mínimo, una diferencia de presiones de 125 psi entre el taraje de las válvulas
E. Reemplazar o reparar las piezas defectuosas
F. Cambiar los filtros
    - Comprobar la viscosidad del fluido del sistema.
      Cambiarlo si es necesario
    - Llenar el depósito hasta el nivel adecuado

G. Limpiar el enfriador y/o el colador
    - Reemplazar la válvula de control del refrigerador
    - Reparar o reemplazar el enfriador

Para la localización de averías debidas a un caudal incorrecto

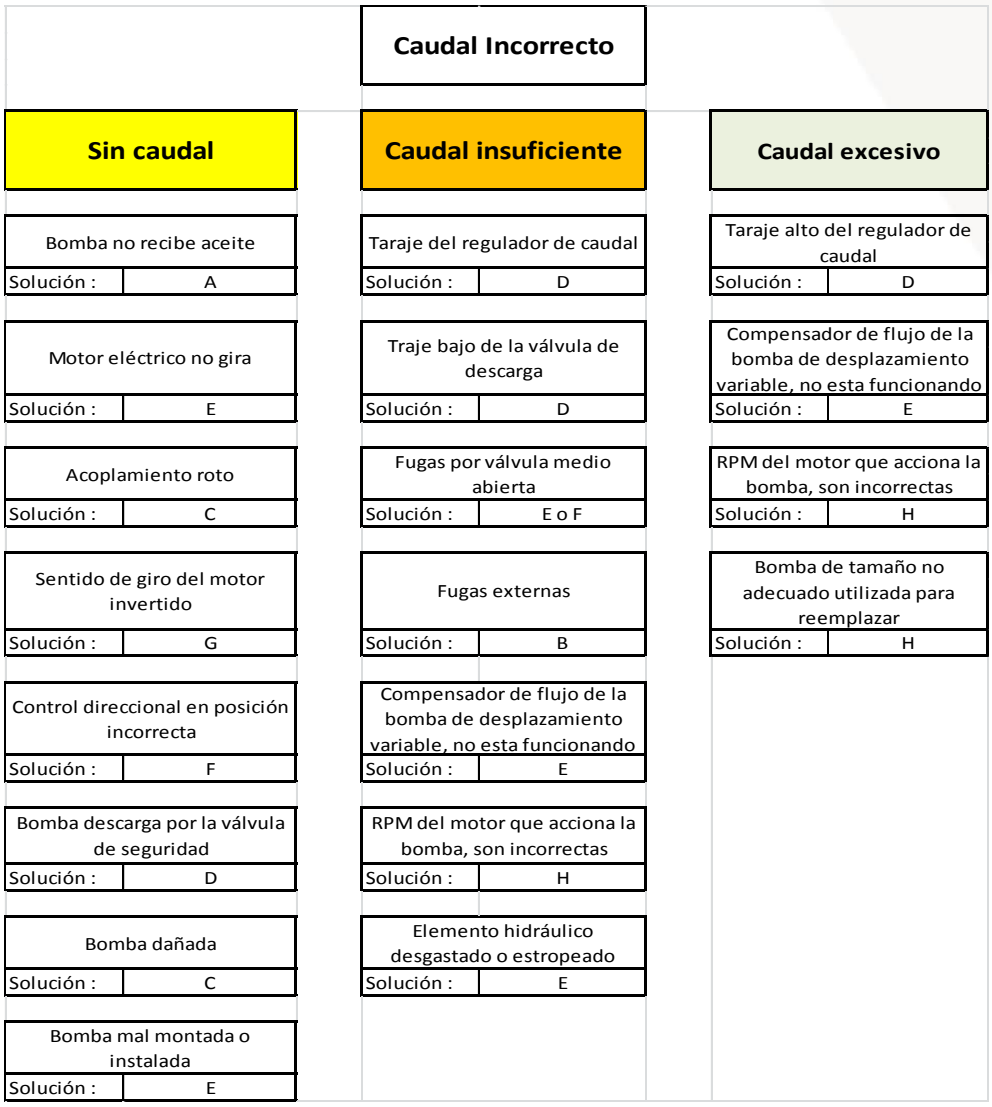


Figura 119

Soluciones 3

A. Cualquiera o todas de las siguientes:
   - Cambiar los filtros sucios
   - Limpiar el colador obturado
   - Limpiar el filtro de aire
   - Llenar el depósito hasta el nivel adecuado
   - Reemplazar o reparar la bomba de pre llenado

B. Ajustar los acoples en la línea de aspiración

- Purgar el aire del sistema

C. Comprobar si la bomba o su motor de accionamiento están dañados
   - Reemplazar y alinear el acoplamiento
D. Ajustar adecuadamente
E. Reemplazar o reparar la pieza correspondiente
F. Cualquiera o todas de las siguientes:
   - Comprobar la posición de los controles accionados manualmente
   - Comprobar el circuito eléctrico de los controles accionados por solenoides
   - Reemplazar o reparar la bomba de presión piloto
G. Invertir el sentido de rotación
H. Reemplazar con la unidad correcta

Para la localización de averías debidas a presiones incorrectas

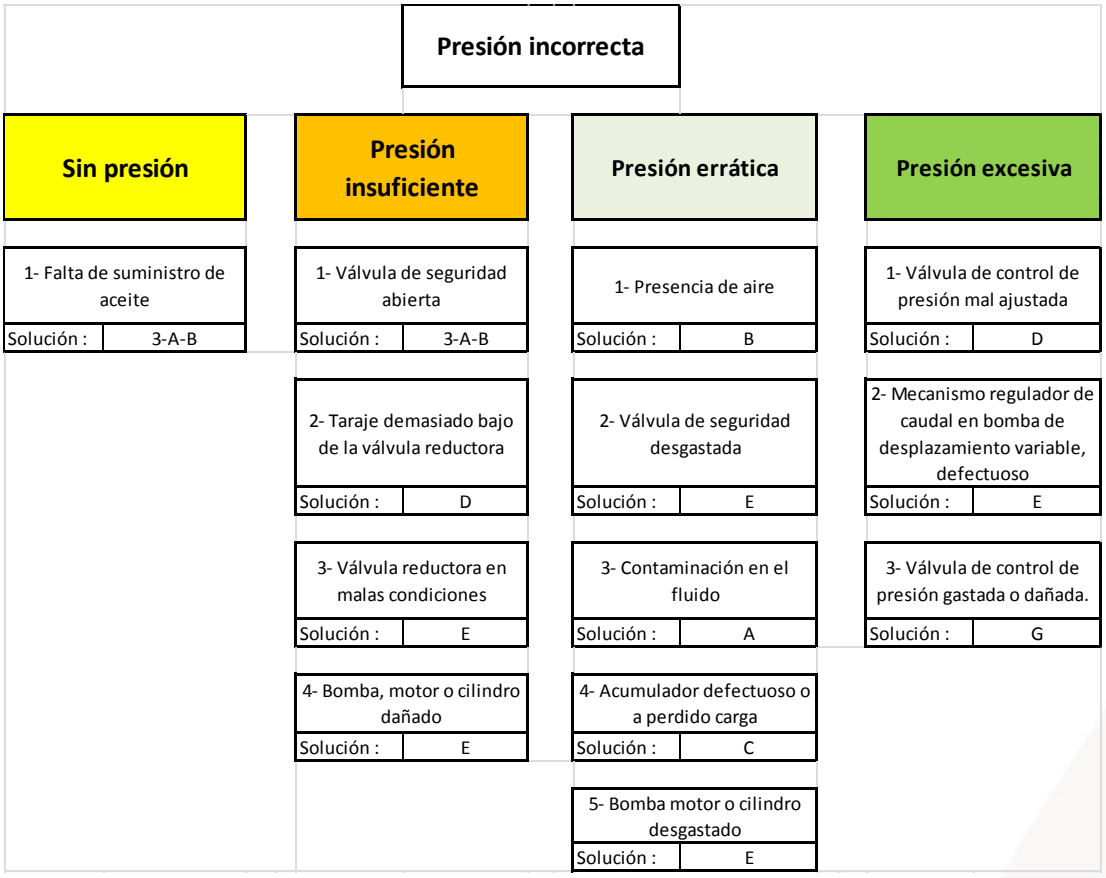


Figura 120

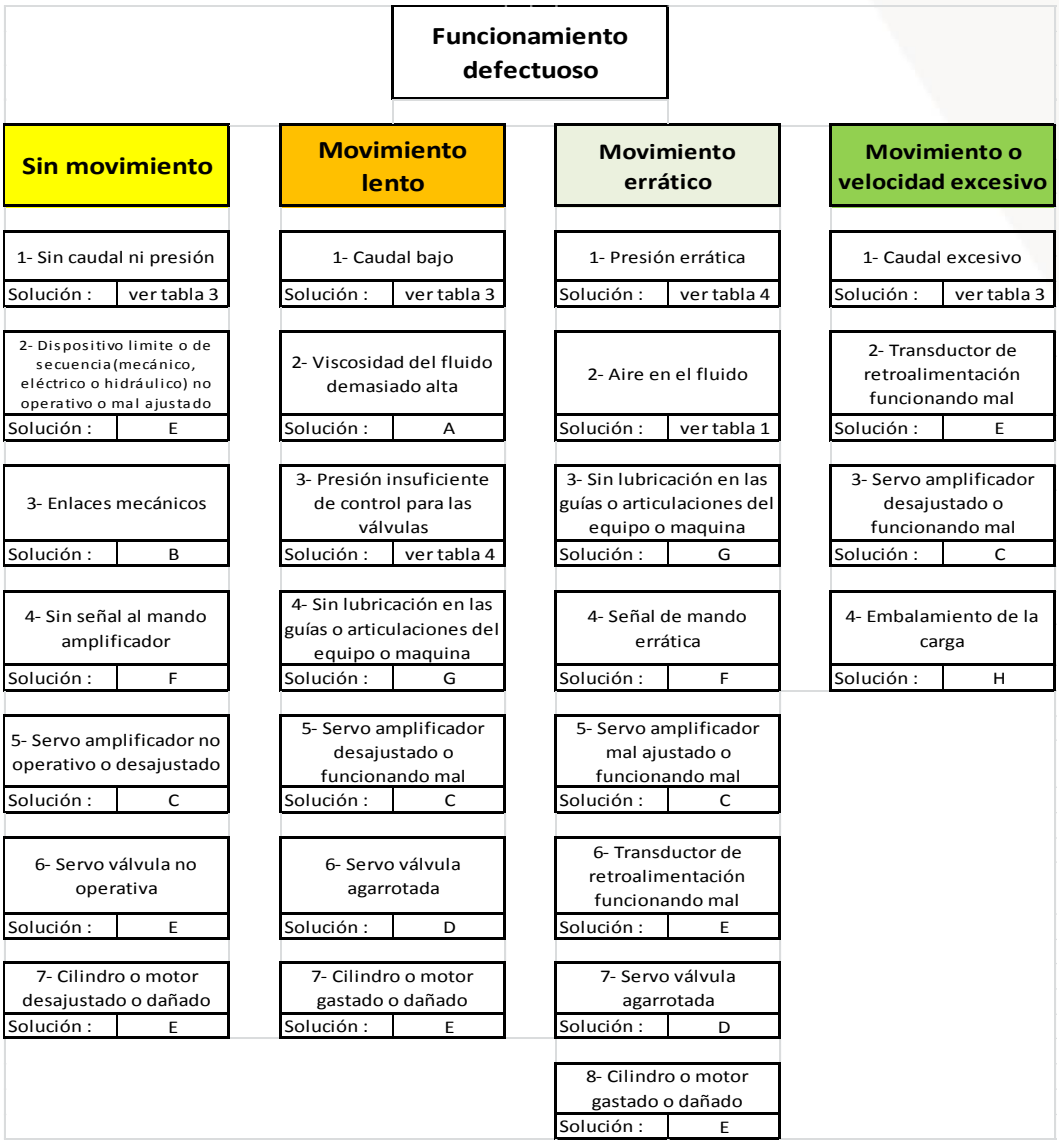
Solución 4

A. Reemplazar los filtros sucios y el fluido del sistema
B. Apretar los racores flojos
    - Llenar el depósito al nivel adecuado y purgar el aire del sistema

C. Comprobar si hay fugas por la válvula de gas
    - Cargar a la presión correcta
    - Reparar si hay defectos

D. Ajustar el valor correcto
E. Reemplazar o reparar la pieza correspondiente

Para la localización de averías debidas a un funcionamiento defectuoso



Soluciones 5

A. Comprobar la temperatura del fluido
    - Comprobar la viscosidad del fluido. Cambiarlo si es necesario

B. Localizar las uniones mecánicas y repararlas
C. Ajustar, reparar o reemplazar la pieza correspondiente
D. Limpiar y ajustar o reemplazar la pieza correspondiente
    - Comprobar el estado del fluido y de los filtros del sistema

E. Reparar o reemplazar 1pieza
F. Reparar la consola de mando o los cables de interconexión
G. Lubrificar
H. Ajustar, reparar, o reemplazar la válvula de equilibrio.

Actividad N° 6

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán completar una serie de tablas, las cuales están encabezadas por un problema significativo y común dentro de los sistemas hidráulicos, estas tablas deberán ser completadas con las causas más probables basándose en manual del participante

El objetivo de esta actividad es familiarizar al participante con las causas más comunes de problemas en los sistemas hidráulicos.

Junto a lo anterior se busca que el participante entienda que para solucionar averías existe una secuencia lógica para la solución, que va desde lo más sencillo a lo más complejo.

Aprendizaje esperado que desarrolla

Diagnosticar las fallas más comunes de los sistemas hidráulicos, utilizando guías de solución de averías y planos del equipo.

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 en la medida que explica los distintos conceptos y ejemplos mediante imágenes.

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

Materiales y recursos

- Manual
- Lápiz grafito
- Computador
- Parlantes
- Proyector multimedia
- Telón para proyectar imágenes
- Pizarra
- Sala

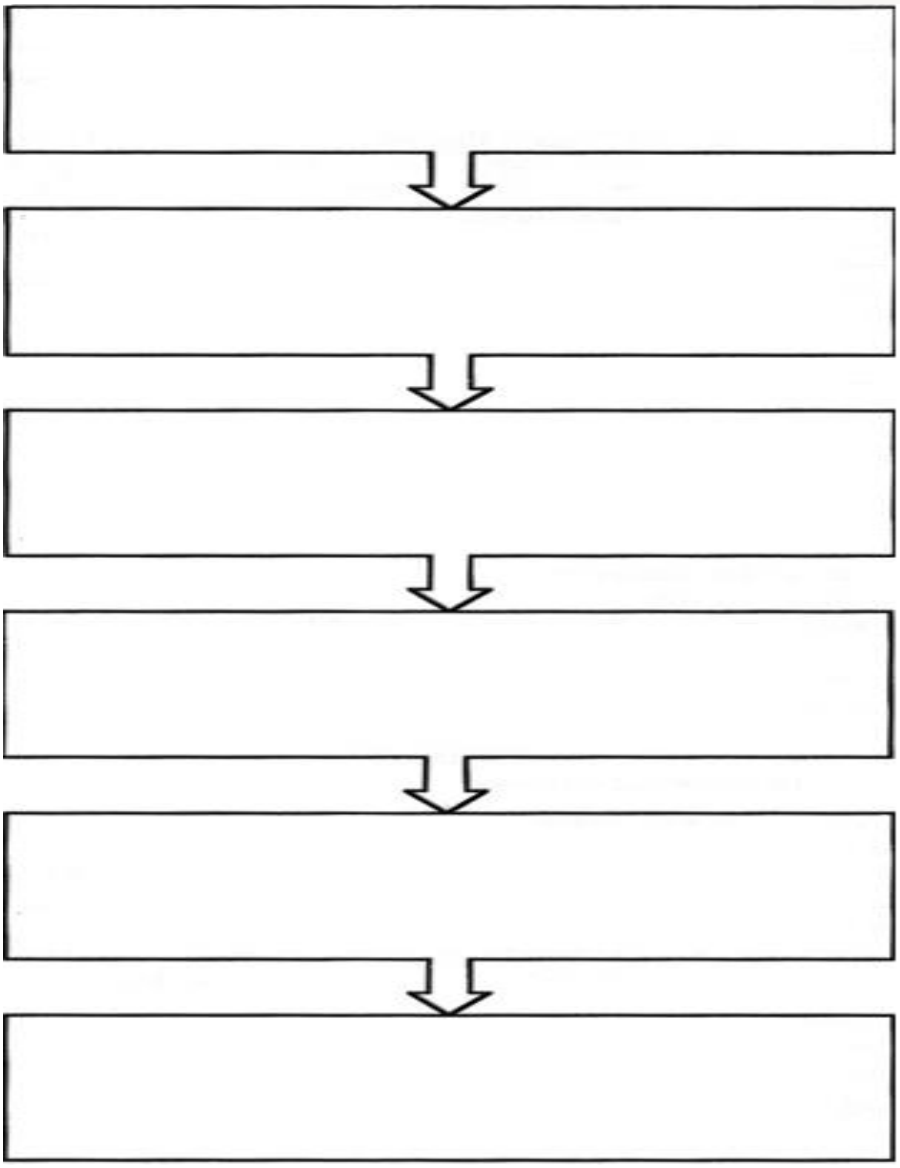
Desarrollo de la actividad

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.
La etapa que requiere completar de posibles causas, se deberá realizar utilizando el manual del alumno.
Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

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.

1. **Nombre los pasos necesarios para la detención de equipos hidráulicos**



Respuesta en orden descendente:

- Hacer descender o asegurar mecánicamente todas las cargas suspendidas
- Descomprimir todo el sistema
- Vaciar los acumuladores
- Descargar los dos extremos del multiplicador de presión
- Aislar el sistema de control eléctrico
- Desconectar la red eléctrica

2. Complete la siguiente tabla, referida a posibles averías que puedan generar ruidos excesivos

Ruido Excesivo		
Bomba ruidosa	**Motor ruidoso**	**Válvula de seguridad ruidosa**
Cavitación	Eje mal alineado	Taraje demasiado bajo o próximo a la otra válvula.
Entrada de aire	Motor gastado o dañado	Obturador y asiento desgastado
Eje mal alineado		
Bomba desgastada o dañada		

3. Complete la siguiente tabla, referida a posibles averías que puedan generar ruidos excesivos.

Calentamiento excesivo			
En la bomba	**En el motor**	**En la válvula de seguridad**	**En el aceite**
Aceite caliente	Aceite demasiado caliente	Aceite demasiado caliente	Presión de trabajo demasiado alto
Cavitación	Taraje demasiado alto de la válvula de seguridad	Taraje incorrecto de la válvula	Taraje demasiado alto de las válvulas de descarga
Entrada de aire	Carga excesiva	Válvula gastada o dañada	Fluido sucio o en cantidad insuficiente
Taraje demasiado alto de la válvula de seguridad	Motor gastado o dañado		Viscosidad incorrecta del fluido

Carga excesiva			Malas condiciones de refrigeración
Bomba gastada o dañada			Elementos desgastados

4. Complete la siguiente tabla, referida a posibles averías que puedan generar caudales incorrectos.

Caudal incorrecto		
Sin caudal	**Caudal insuficiente**	**Caudal excesivo**
Bomba no recibe aceite	Tarje del regulador de caudal	Taraje alto del regulador de caudal
Motor eléctrico no gira	Taraje bajo de la válvula de descarga	Compensador de flujo de la bomba de desplazamiento variable no está funcionando
Acoplamiento roto	Fugas por válvulas medio abiertas	RPM del motor que acciona la bomba son incorrectas.
Sentido de giro del motor invertido	Fugas externas	Bomba de tamaño no adecuado utilizada para el reemplazo.
Control direccional en posición incorrecta	Compensador de flujo de la bomba de desplazamiento variable no está funcionando	
Bomba descarga por la válvula de seguridad	RPM del motor que acciona la bomba son incorrectas.	
Bomba dañada	Elemento hidráulico desgastado o dañado.	

Bomba mal montada

5. Complete la siguiente tabla, referida a posibles averías que puedan generar presión incorrecta.

Presión incorrecta			
Sin presión	**Presión insuficiente**	**Presión errática**	**Presión excesiva**
Falta suministro de aceite	Válvula de seguridad abierta	Presencia de aire	Válvula de control de presión mal ajustada
	Taraje demasiado bajo de la válvula reductora	Válvula de seguridad desgastada	Mecanismo regulador de caudal en bomba de desplazamiento variable se encuentra defectuoso
	Válvula reductora en malas condiciones	Contaminación en el fluido	Válvula de control de presión, gastada o dañada
	Bomba motor o cilindro dañado	Acumulador defectuoso o con pérdida de carga	
		Bomba motor o cilindro desgastado	

6.

7. Complete la siguiente tabla, referida a posibles averías que puedan generar funcionamiento defectuoso.

Funcionamiento defectuoso			
Sin movimiento	**Movimiento lento**	**Movimiento errático**	**Movimiento o velocidad excesivo**
Sin caudal ni presión	Caudal bajo	Presión errática	Caudal excesivo
Límite de carrera del actuador defectuoso	Viscosidad del fluido muy alta	Aire en el fluido	Transductor de retroalimentación funcionando mal
Enlaces mecánicos	Presión de control de las válvulas insuficiente	Sin lubricación en guías correderas o articulaciones.	Servo amplificador desajustado o funcionando mal
Señal al mando amplificador	Sin lubricación en guías correderas o articulaciones.	Señal de mando errática	Embalamiento de la carga.
Amplificador no operativo o desajustado	Servo amplificador desajustado o funcionando mal	Servo amplificador mal ajustado o funcionando mal	
Servo válvula no operativa	Servo válvula agarrotada	Transductor de retroalimentación funcionando mal	
Cilindro o motor desajustado o dañado	Cilindro o motor gastado o dañado	Servo válvula agarrotada.	
		Cilindro o motor gastado o dañado	

Cierre:

El participante deberá preparar un informe ejecutivo utilizando un plano hidráulico de maquinaria, sobre él se aplicara el método de búsqueda de averías visto y estudiado, en este informe nombrara un mínimo de 10 componentes presentes en el plano, a cada uno se le asignaran 3 modos de falla y se explicara las consecuencias en el sistema hidráulico del equipo.

Ejemplo a partir de un plano seleccionado:

Componente	**Modos de falla**	**Síntoma en el equipo**
Válvula de alivio (10)	Válvula desregulada o abierta	Falta de presión en consecuencia falta de fuerza, el actuador no se moverá.
	Válvula mal ajustada	Sobre presión en el sistema
	Válvula gastada	Presión errática en consecuencia la fuerza en el implemento es errática

4.1 Planos Eléctricos asociados al Sistema Hidráulico

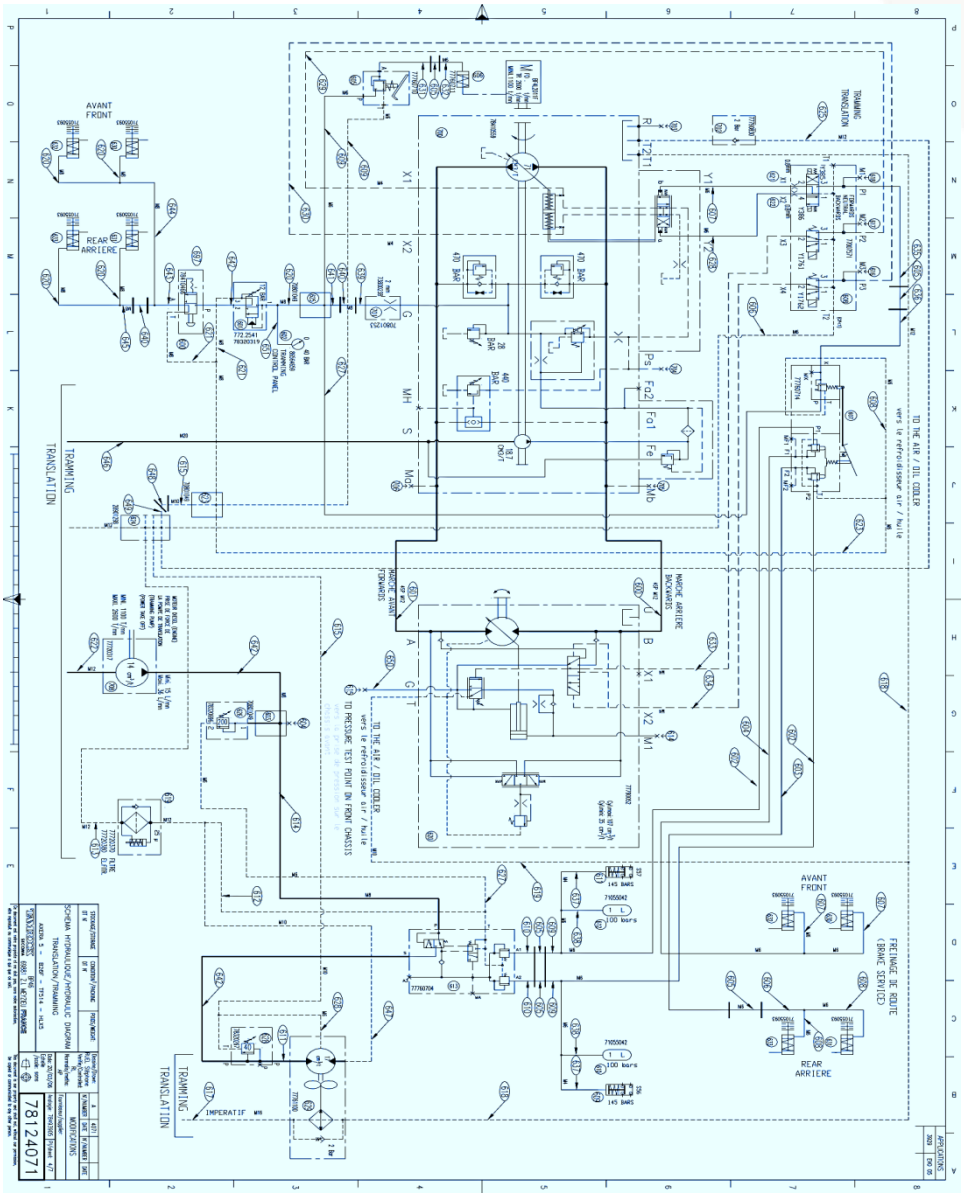


Figura 121

(Por gentileza de Sandvik)

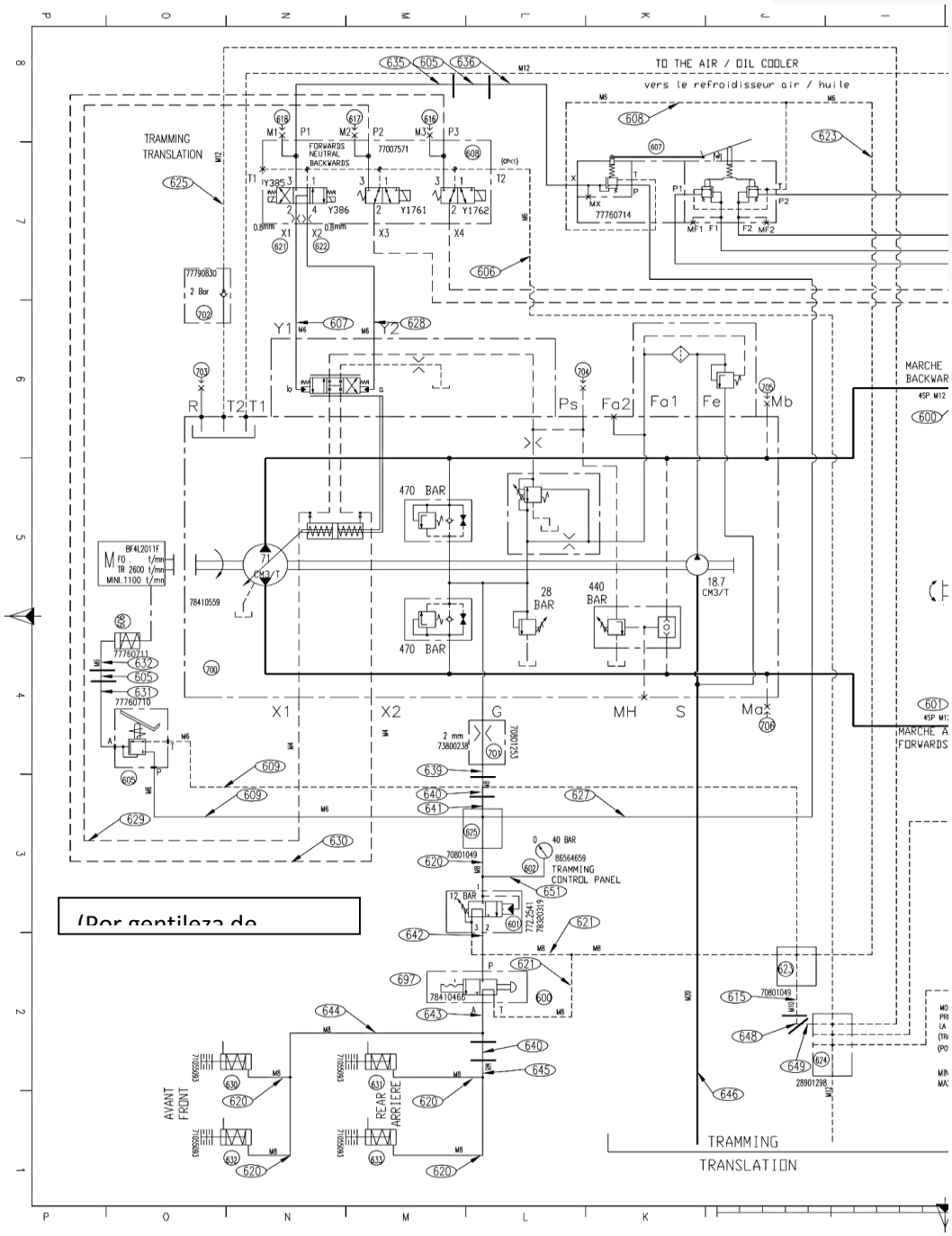

TO THE AIR / OIL COOLER
vers le refroidisseur air / huile
TRAMMING
TRANSLATION
FORWARDS
NEUTRAL
BACKWARDS
77007571
77760714
77790830
2 Bar
Y1
Y2
R
T2
T1
Ps
Fa2
Fa1
Fe
Mb
MARCHE
BACKWAR
470 BAR
440
BAR
28
BAR
18.7
CM3/T
X1
X2
G
MH
S
Ma
MARCHE A
FORWARDS
40 BAR
86564659
TRAMMING
CONTROL PANEL
AVANT
FRONT
REAR
ARRIERE
TRAMMING
TRANSLATION

Figura 122

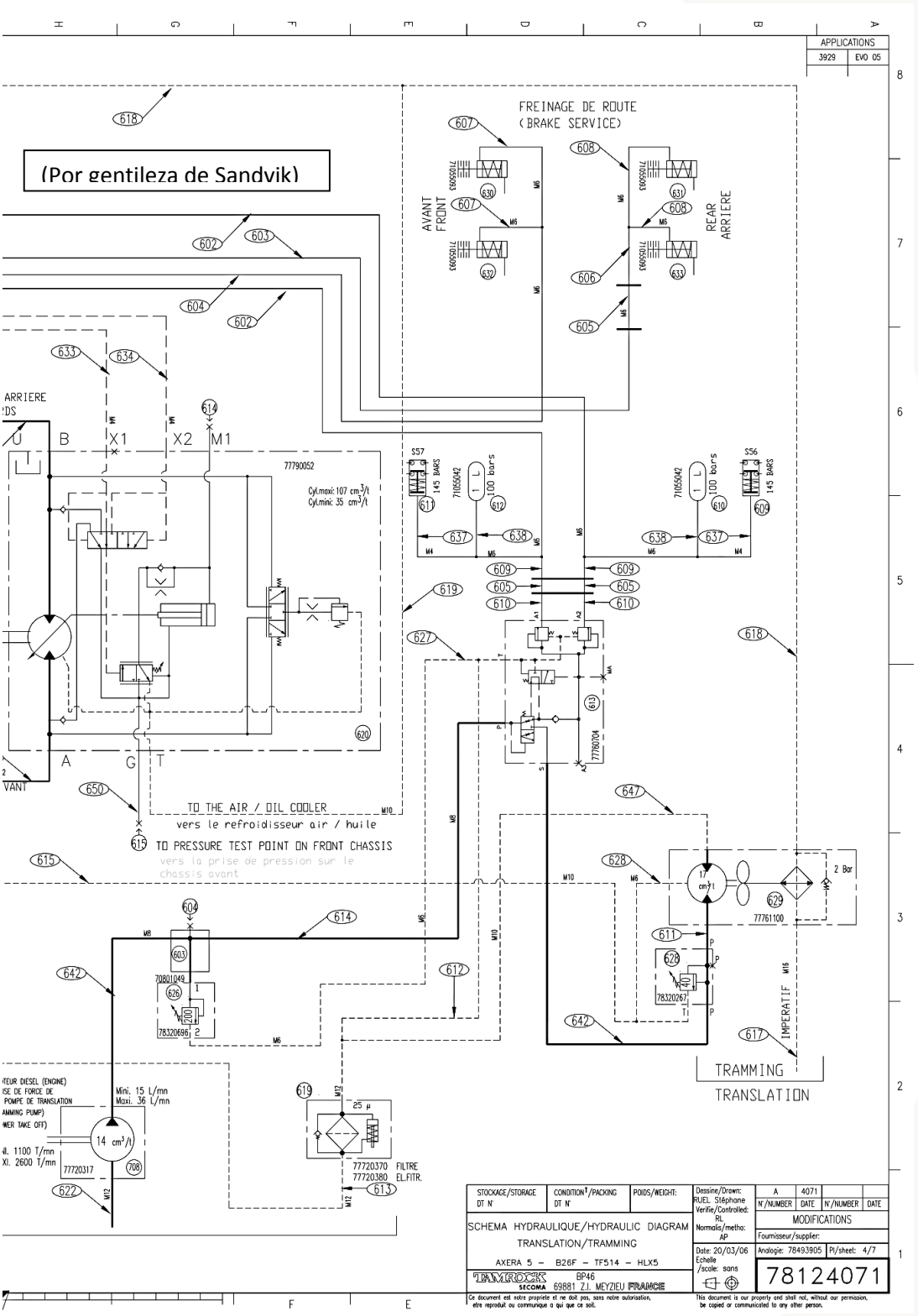

(Por gentileza de Sandvik)
FREINAGE DE ROUTE
(BRAKE SERVICE)
AVANT
FRONT
REAR
ARRIERE
TO THE AIR / OIL COOLER
vers le refroidisseur air / huile
TO PRESSURE TEST POINT ON FRONT CHASSIS
vers la prise de pression sur le chassis avant
TRAMMING
TRANSLATION
IMPERATIF
SCHEMA HYDRAULIQUE/HYDRAULIC DIAGRAM
TRANSLATION/TRAMMING
AXERA 5 – B26F – TF514 – HLX5
78124071

Figura 123

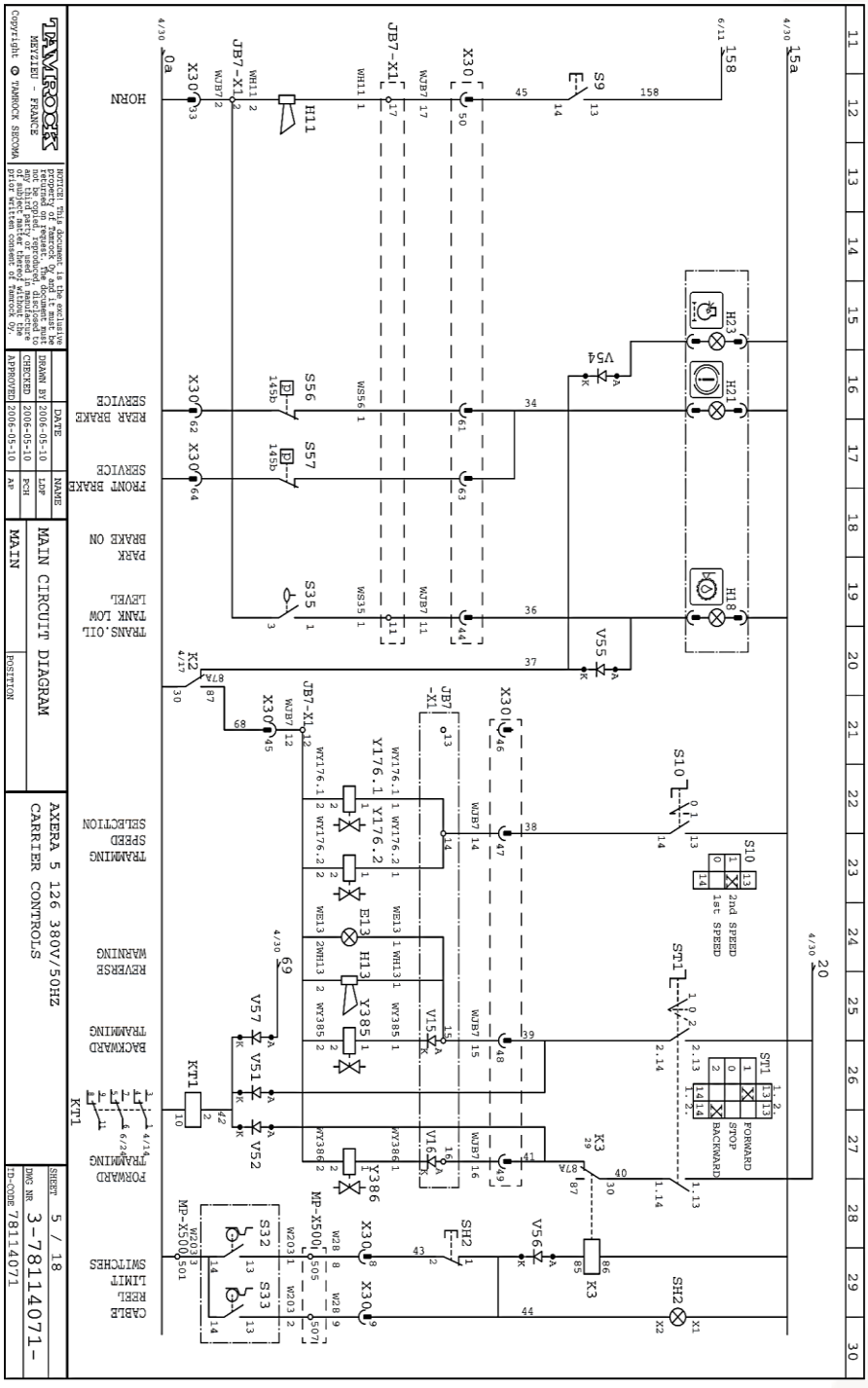

TAMROCK
MEYZIEU - FRANCE
MAIN CIRCUIT DIAGRAM
MAIN
AXERA 5 126 380V/50HZ
CARRIER CONTROLS
3-78114071-
SHEET 5 / 18
DWG NR
ED-CODE 78114071
DRAWN BY
CHECKED
APPROVED
DATE
2006-05-10
NAME
LDP
PCH
AP
HORN
REAR BRAKE SERVICE
FRONT BRAKE SERVICE
PARK BRAKE ON
TRANS.OIL TANK LOW LEVEL
TRAMMING SPEED SELECTION
REVERSE WARNING
BACKWARD TRAMMING
FORWARD TRAMMING
CABLE REEL LIMIT SWITCHES
H11
S56
S57
S35
H13
H18
H21
H23
S9
S10
ST1
S32
S33
V51
V52
V54
V55
V56
V57
KT1
K2
K3
SH2
MP-X500
Y176.1
Y176.2
Y385
Y386
E13
JB7-X1
X30
Copyright © TAMROCK SICOMA
HOTTER! This document is the exclusive property of Tamrock Oy and is meant to be used only by the parties to which it is not be copied, reproduced, disclosed to any third party or published in any way or part of subject matter thereof without the prior written consent of Tamrock Oy.

Figura 124

Actividad N° 7

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán en primer lugar analizar planos eléctricos e hidráulicos y relacionarlos entre sí, para posteriormente escribir las características de sus componentes principales.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas de falla en el equipo que podrían traer consecuencias para el funcionamiento del equipo

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con las distintas condiciones de falla que pueden presentar los sistemas hidráulicos basándose en planos eléctricos e hidráulicos para realizar esta actividad.

Aprendizaje esperado que desarrolla

El participante diagnostica fallas utilizando para ello planos hidráulicos y eléctricos de equipos móviles

El participante explica el funcionamiento de planos hidráulico y eléctrico de un mismo sistema.

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 en la medida que explica los distintos modos de fallas que pueden ocurrir en bombas y motores hidráulicos.

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

Materiales y recursos

- Manual
- Lápiz grafito
- Proyector multimedia
- Telón para proyectar imágenes
- Pizarra
- Sala

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.

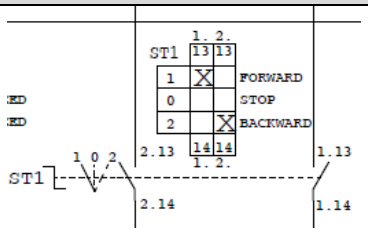
El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

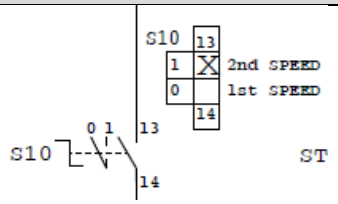
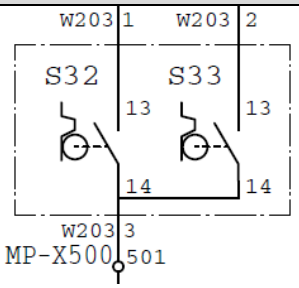
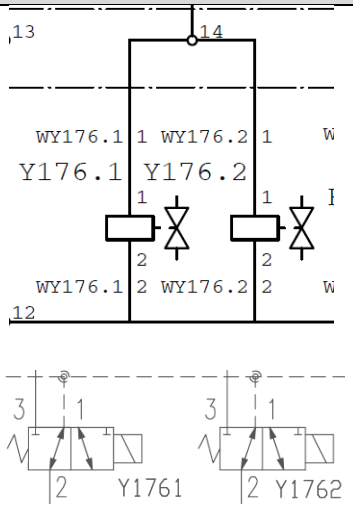
En la etapa de explicación de las características de las imágenes, se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor.

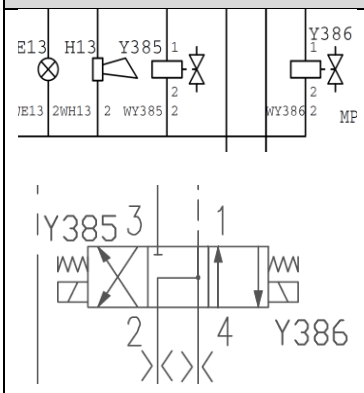
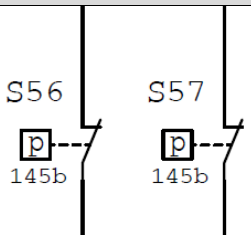
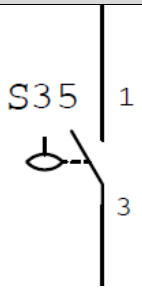
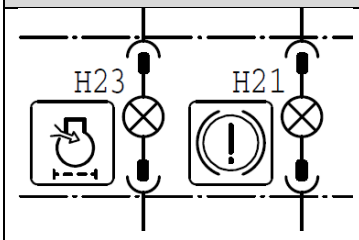
Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar el funcionamiento del circuito hidráulico y eléctrico.

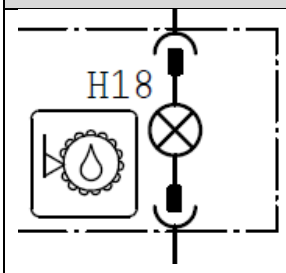
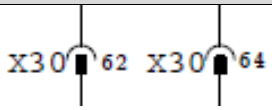
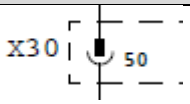
Seguridad
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

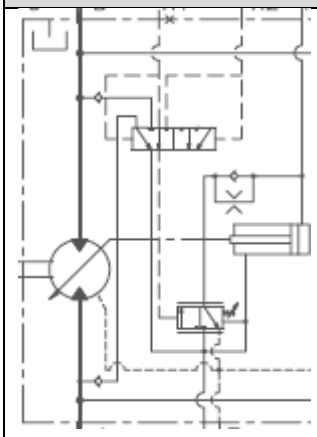
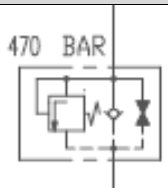
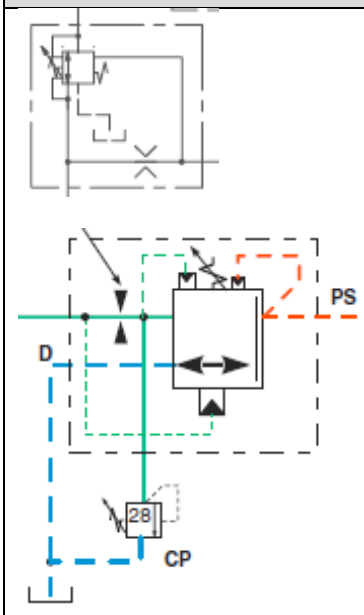
- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

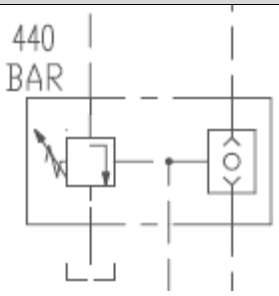
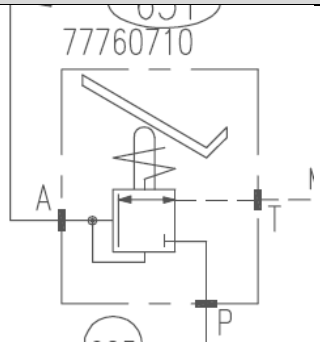
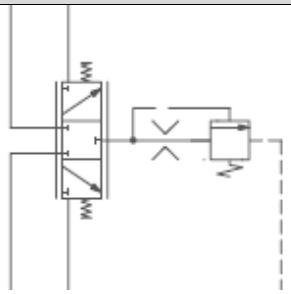
Indique la función de los siguientes imágenes presentes en el plano eléctrico	
1. Imagen	Descripción
	Interruptor de tres posiciones (detención, adelante, detención, atrás). Dependiendo de esto, se energiza el solenoide Y386 o el Y385 presentes en plano hidráulico y eléctrico. Si se elige la posición 2 del interruptor en el cuadro, los contactos 2.13 y 2.14 se conectan energizando la válvula y385 junto a una alarma y una luz de retroceso, quedando conectada la marcha atrás. En el plano hidráulico la bomba

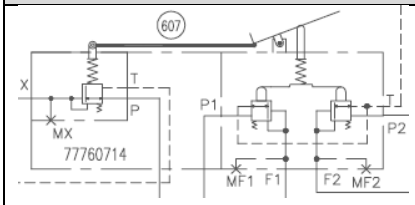
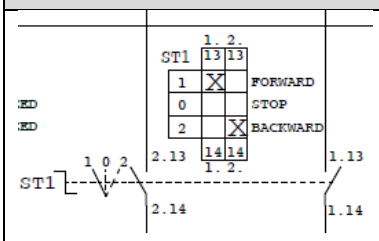
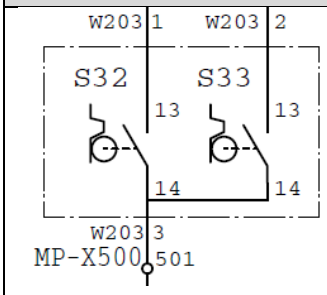
	bidireccional pasa de un ángulo cero, a un ángulo negativo.
2. Imagen	Descripción
	Interruptor de dos posiciones utilizado para el cambio de velocidades (primera y segunda), cuando este se encuentra en posición 1 de segunda velocidad, los contactos 13 y 14 se unen dejando pasar corriente al mismo tiempo a las electroválvulas Y176.1 e Y176.2 conectando la segunda velocidad.
3. Imagen	Descripción
	S32 y S33 son fines de carrera del tambor enrollador de cables de la perforadora, cuando está quedando poco cable se activa primero S32 encendiendo una luz indicadora en el panel del operador que indicara que queda poco cable para seguir avanzando y también se energiza el relé K3 quitando la energía a Y386 cortando la propulsión, pulsando la botonera SH2 se puede seguir avanzando al des energizar k3 pero solo hasta que se active S33 ya que no existe la opción de anular K3 con una botonera
4. Imagen	Descripción
	Y176.1 e Y176.2 dependiendo del interruptor de marchas ambas están energizadas o no lo están, sin embargo en el plano hidráulico solo por una de estas válvulas pasara o no pasara aceite dependiendo si se encuentra en marcha hacia adelante o atrás, a través de los puertos X1 o X2.

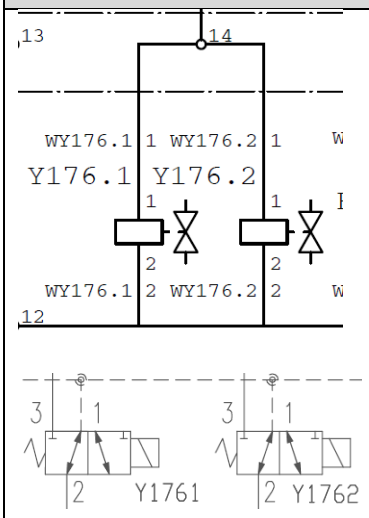
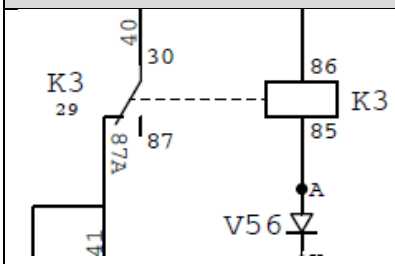
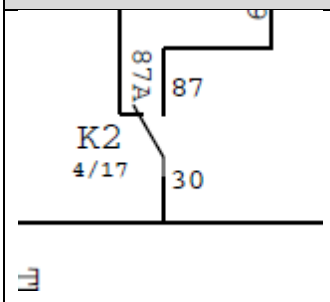
5. Imagen	Descripción
	Y386 e Y385 corresponden a las electroválvulas que controlan las marchas adelante y atrás, la electroválvula Y385 corresponde a la de marcha atrás, al mismo tiempo que es energizada se energiza la alarma marcha atrás y la luz de retroceso
6. Imagen	Descripción
	Switch de presión S56 y S57 estos switch permiten que los circuitos independientes de frenos delanteros y traseros en caso de caídas de presión, el operador sea advertido a través de la luz piloto H21 ubicada en la línea 16 del plano.
7. Imagen	Descripción
	S35 corresponde a un switch de bajo nivel de aceite de la transmisión, cuando este conmute se encenderá una luz piloto H18 cada vez que el nivel de aceite se encuentre bajo.
8. Imagen	Descripción
	Luces piloto de baja presión de frenos y saturación de filtro de aire.

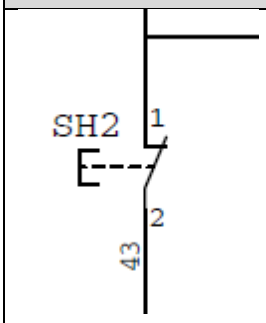
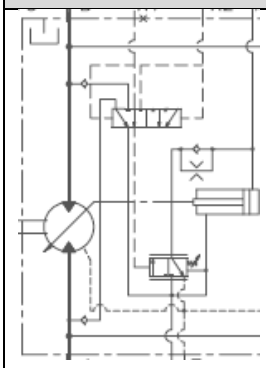
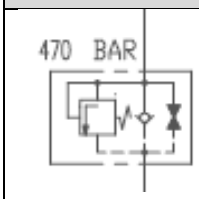
9. Imagen	Descripción
	Luz piloto indicadora de bajo nivel de aceite de transmisión
10. Imagen	Descripción
	Simbología utilizada para los conectores
11. Imagen	Descripción
	Regleta X30 con conector 50

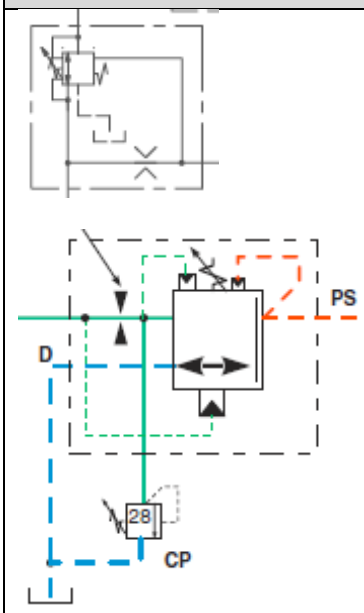
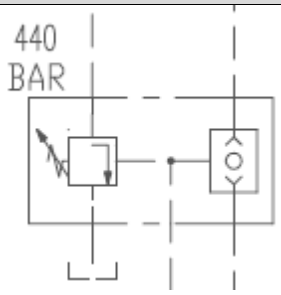
Indique la función de los siguientes imágenes presentes en el plano hidráulico	
12. Imagen	Descripción
	Motor hidráulico con capacidad de variar el desplazamiento y con ello la relación de transmisión, esto dependerá si llegan pilotajes por el puerto X1 o X2 , por cuál de estos últimos llega el pilotaje dependerá si el equipo está en marcha hacia adelante o en reversa.
13. Imagen	Descripción
	Válvula multifunción, esta válvula se caracteriza por tener una válvula anti cavitación (check), una válvula de alivio de 470 bar y una llave de paso que puede ser abierta en caso que el equipo necesite ser remolcado.
14. Imagen	Descripción
	**Válvula DA** está encargada de aumentar o disminuir la presión de control PS a la salida de la válvula según las RPM del motor diésel, como la presión de control es la que alimenta el servo cilindro que cambia la bomba a ángulos positivos o negativos es decir provoca el cambio de dirección adelante o atrás del equipo. Al ser las RPM bajas, los resortes que centran el servo cilindro mantienen en ángulo de la bomba en cero es decir en condición de detención, para vencer los resortes debemos aumentar las rpm de motor para aumentar la presión de control PS y obtener adelante o atrás.

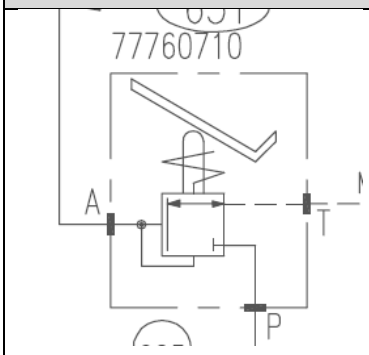
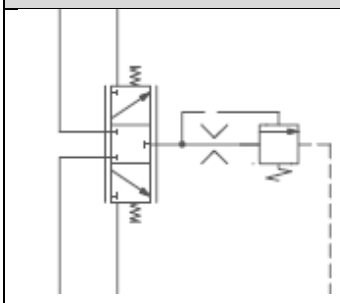
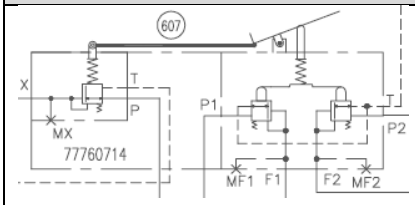
	Para regular esta válvula se debe tener el equipo con los estabilizadores puestos y ver a qué rpm de motor las ruedas se comienzan a mover.
15. Imagen	Descripción
	Válvula limitadora de presión de control, cuando esta válvula abre a los 440 bar, el servo cilindro se centra generando condición de detención.
16. Imagen	Descripción
	Pedal de acelerador de motor diésel de accionamiento hidráulico.
17. Imagen	Descripción
	Válvula de aceite caliente, como la transmisión hidrostática de este equipo es de circuito cerrado, gran parte del aceite se mantiene en el circuito, en consecuencia se calentaría especialmente en tramos de camino largos, esta válvula asegura sacar una mayor cantidad de aceite y mandarla a los enfriadores.

18. Imagen	Descripción
	Válvula de freno, esta válvula de freno se caracteriza por tener un freno convencional más un freno hidrostático ambos unidos mecánicamente para su activación, el freno hidrostático cuando se acciona provoca que caiga la presión piloto que llega al servo cilindro por los puertos Y1 e Y2,cuando el freno es aplicado.
Indique las posibles consecuencias en el equipo, generadas por los problemas descritos a continuación.	
19. Problema	Descripción del problema en el equipo
	Contacto 1.13 y 1.14 falla en condición abierta El equipo queda sin marcha hacia adelante
20. Imagen	Descripción del problema en el equipo
	Fin de carrera S32 falla, no pudiendo cerrar contacto Existe la posibilidad de que al no funcionar el segundo fin de carrera que corta la propulsión, existe la posibilidad de dañar el cable eléctrico de alimentación con los riesgos que esta condición acarrea.

21. Imagen	Descripción del problema en el equipo
	Electro válvula Y176.2 se daña y no funciona No tendríamos segunda velocidad, solo en marcha adelante
22. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Relé K3 deja se daña y deja de funcionar Al accionarse el fin de carrera S32 el relé no cortara la propulsión existiendo posibilidad de cortar el cable de alimentación si no se tiene el cuidado suficiente
23. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Falla el relé K2 El sistema de propulsión y cambio de marchas quedan inhabilitadas las luces piloto H23 y H18 quedaran prendidas.

24. Imagen	Descripción del problema en el equipo
	El pulsador SH2 se daña Este pulsador al accionarse, permite desenergizar K3, cuando esta accionado S32 y tener un poco más de avance, pero solo hasta que se accione S33. Un problema es este pulsador en condición abierta permitiría que la detención por poco cable dependa solo de S33 En caso de fallar en condición cerrado la detención dependería solo de S32 y no tendría la opción de desenrollar un poco más de cable.
25. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Motor con desgaste excesivo Aumento de temperatura del motor debido a las fugas, aumento de drenaje de caja, perdida de velocidad por perdida de caudal.
26. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Llaves de paso quedan abiertas La transmisión hidrostática no gira ya que el sistema queda en by-pass

27. Imagen	Descripción del problema en el equipo
	Resorte de la válvula con poca tensión de regulación Las ruedas se mueven sin que el operador acelere generando una condición riesgosa, para regular se debe tener el equipo sobre los estabilizadores en sin acelerar no se deberían mover las ruedas
28. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Doble check se desarma quedando comunicado todos los caminos. El pilotaje que abre la válvula queda expuesto a la menor presión no pudiendo accionar la válvula ya que el fluido se ira por el camino más fácil

29. Imagen	Descripción del problema en el equipo
	El resorte de la válvula se daña No podríamos acelerar el motor lo suficiente.
30. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Restricción tapada El equipo se calienta por la disminución de aceite que ira a la refrigeración.
31. Imagen	**Descripción del problema en el equipo**
	Válvula de freno hidrostático se traba en condición actual. Tendríamos freno y propulsión al mismo tiempo cuando pisamos el pedal de freno.

Cierre

El participante deberá exponer en la sala de clases sus resultados y defender su punto de vista frente a los demás alumnos realizando un juego de roles entre empresa y cliente

El instructor deberá resaltar la importancia de la lectura de planos como ayuda para el diagnóstico de fallas al igual que el uso del manual de servicio.

Actividad N° 8

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán realizar pruebas de evaluación del funcionamiento del sistema hidráulico siguiendo paso a paso la literatura técnica del fabricante del equipo.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con los procedimientos de evaluación de los sistemas hidráulicos, generación de informes técnicos y recomendaciones.

Aprendizaje esperado que desarrolla

El participante evaluara el sistema hidráulico, siguiendo procedimientos

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	✓
Taller de Trabajo	✓

Materiales y recursos

- 2 Equipos de apoyo
- 2Manual de servicio del equipo
- 2Flexómetro
- 2Cronómetro
- 2Cartel de trabajos con equipo energizado
- Pinzas y tarjetas de bloqueo por participante
- Cuñas y conos por equipo
- Taller o patio con superficie plana

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 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

Ejemplo evaluación de sistema hidráulico en cargador frontal 994F (utilizar solo como referencia)

Se pueden usar las comprobaciones de operación para encontrar fugas en el sistema y para encontrar una válvula o una bomba averiada. La velocidad de las varillas durante movimiento del cilindro se puede usar como indicación del estado del cilindro y de la bomba.

Mueva repetidamente el cucharón a las posiciones de LEVANTAMIENTO, BAJADA, DESCARGA e INCLINACIÓN.

1. Observe los cilindros durante la extensión y retracción. El movimiento del cilindro debe ser suave y regular.
2. Escuche si hay ruido proveniente de la bomba.
3. Escuche el sonido de las válvulas de alivio de la tubería. Las válvulas de alivio de la tubería deben abrirse sólo durante la extensión o retracción total de los

cilindros. Las válvulas de alivio de la tubería deben abrirse sólo cuando el cucharón está vacío.

4. Observe la operación del posicionador del cucharón y desconexión de levantamiento.

La palanca de control de levantamiento tiene topes en la posición de LEVANTAMIENTO y en la posición LIBRE.

La palanca de control de inclinación tiene un tope en la posición de INCLINACION cuando el cucharón está entre la descarga total y el ángulo necesario de excavación.

Pruebas de corrimiento de los cilindros de levantamiento y los cilindros de inclinación

Los regímenes de corrimiento cambiarán según las diferentes condiciones de los componentes hidráulicos. Los regímenes de corrimiento cambiarán también como resultado de la operación, un cucharón vacío o cargado, la temperatura del aceite hidráulico y otras condiciones.

Los valores que se muestran son para un cucharón vacío. Antes de que se mida el corrimiento en la varilla de cilindro, se deben extender los cilindros. Verifique la temperatura del aceite.

Para verificar el circuito de levantamiento, el cucharón se debe levantar a la altura máxima y la palanca de control se debe poner en la posición FIJA. Mida la distancia de retracción por los cilindros. Verifique el tiempo que transcurrió. Haga una comparación con la tabla.

Nota: Las distancias de corrimiento en la tabla son para máquinas nuevas.

Corrimiento del cilindro de levantamiento (solo referencia)		
Corrimiento máximo	**Temperatura del aceite**	**Tiempo en minutos**
20,0 mm (0,8 pulg)	38 a 49°C (100 a 120°F)	5,0
20,0 mm (0,8 pulg)	49 a 66°C (120 a 150°F)	2,7
20,0 mm (0,8 pulg)	66°C (150°F)	1,7

Para verificar el circuito de inclinación, levante el cucharón a la altura máxima. Ponga la palanca de control de levantamiento en la posición FIJA. Active el circuito de inclinación hasta que el cucharón esté en el ángulo necesario de excavación. Ponga la palanca de control de inclinación en la posición FIJA. Mida la distancia de retracción por los cilindros. Verifique el tiempo que transcurrió. Haga una comparación con la tabla.

Corrimiento del cilindro de levantamiento (solo referencia)		
Corrimiento máximo	**Temperatura del aceite**	**Tiempo en minutos**
25,0 mm (1,0 pulg)	38 a 49°C (100 a 120°F)	5,0
25,0 mm (1,0 pulg)	49 a 66°C (120 a 150°F)	2,7
25,0 mm (1,0 pulg)	66°C (150°F)	1,7

Si los regímenes de corrimiento no son correctos, realice las siguientes verificaciones:

1. Verifique las válvulas de compensación en las secciones de válvula de control.
2. Verifique las válvulas de alivio de la tubería en la válvula de control.
3. Verifique el estado de los vástagos de válvula en las secciones de válvula de control.
4. Verifique los sellos de pistón en los cilindros.

Prueba de velocidad de los cilindros de levantamiento y de inclinación (solo referencia)

Arranque el motor. Opere el motor a rpm altas en vacío. Levante y baje repetidamente los brazos para aumentar la temperatura del aceite hidráulico. La temperatura del aceite hidráulico debe ser de más de 38°C (100°F).

Use un cronómetro para medir la cantidad de tiempo que transcurre mientras los brazos de levantamiento se mueven hacia arriba y hacia abajo. Mida el tiempo que transcurre mientras el cucharón se inclina en cualquiera de los dos sentidos.

Cuando el cucharón vacío se ha bajado al suelo y el motor está en rpm altas en vacío, mueva la palanca de control de levantamiento a la posición de tope de LEVANTAMIENTO. Los brazos de levantamiento requieren 12 a 13 segundos para alcanzar la parte superior de la altura de desconexión automática.

Levante el cucharón hasta que los brazos de levantamiento estén paralelos al suelo. Ponga el cucharón en la posición de INCLINACION total. Con el motor a rpm altas en vacío, mueva la palanca a la posición de DESCARGA. Mantenga la palanca en esa posición. El cucharón requiere 3,6 a 4,5 segundos para alcanzar los topes.

Si los tiempos de desplazamiento no son correctos, realice las siguientes verificaciones:

1. Verifique la eficiencia de la bomba.
2. Verifique el ajuste de las válvulas de alivio.
3. Verifique las válvulas de compensación en las secciones de válvula de control.
4. Verifique los vástagos de válvula en las secciones de válvula de control
5. Verifique los sellos de pistón en los cilindros.

Taller práctico

1. Con el manual de servicio de la serie que corresponda a su equipo específico, complete las siguientes tablas con las especificaciones.
2. Una vez terminada la evaluación proceda a completar las tablas con valores reales obtenidos.

Valores especificados por el fabricante

Corrimiento del cilindro de levantamiento		
Corrimiento máximo	**Temperatura del aceite**	**Tiempo en minutos**

Valores reales obtenidos de la evaluación

Corrimiento del cilindro de levantamiento		
Corrimiento máximo	**Temperatura del aceite**	**Tiempo en minutos**

Valores especificados por el fabricante

Corrimiento del cilindro de levantamiento		
Corrimiento máximo	**Temperatura del aceite**	**Tiempo en minutos**

Valores reales obtenidos de la evaluación

Corrimiento del cilindro de levantamiento		
Corrimiento máximo	**Temperatura del aceite**	**Tiempo en minutos**

Cierre

El participante deberá preparar un informe ejecutivo y exponer en la sala de clases los resultados obtenidos y las conclusiones referentes al estado del sistema hidráulico del equipo evaluado.

El informe debe contrastar los valores especificados con los valores reales obtenidos, a partir del análisis de los resultados el participante deberá entregar las recomendaciones necesarias para realizar otras pruebas de funcionamiento o simplemente indicar que el equipo se encuentra dentro de los parámetros normales de funcionamiento

El participante deberá comprender la importancia de este tipo de pruebas para poder visualizar posibles problemas en el sistema hidráulico y así poder tomar acciones con el tiempo suficiente.

El instructor deberá resaltar la importancia de realizar las evaluaciones del sistema hidráulico siguiendo las instrucciones al pie de la letra para no mal interpretar los resultados, como por ejemplo al no respetar la temperatura a la cual se realiza la prueba.

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