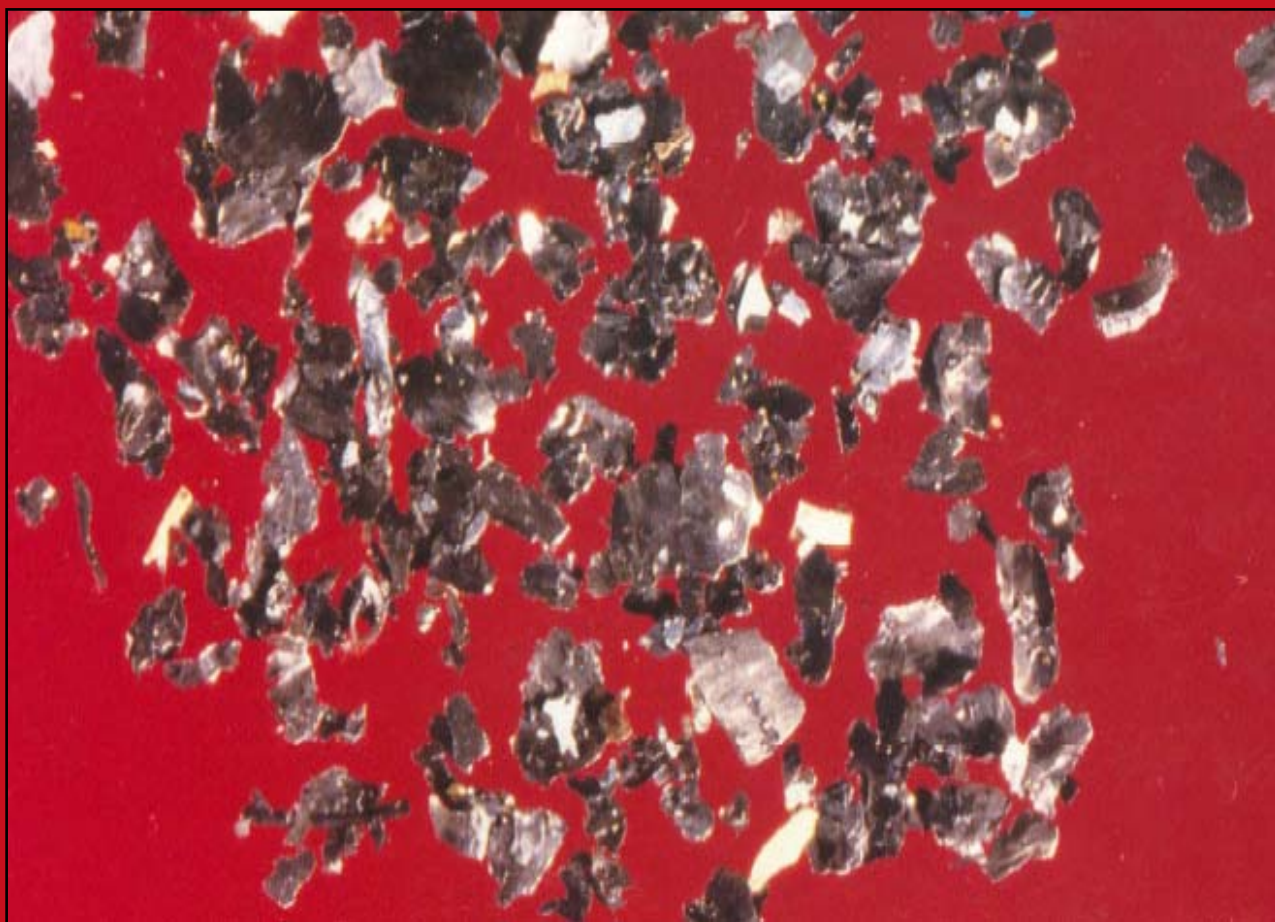


Principios de Desgaste

Análisis de Fallas
Aplicado



CATERPILLAR

LIBRO DE REFERENCIA

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	1,2
Siete Tipos de Desgaste	3
Desgaste Abrasivo	4
Desgaste Adhesivo	5
Desgaste Corrosivo	6, 7
Desgaste por Erosión	8
Erosión por Cavitación	9
Fatiga por Tensión de Contacto	10
Corrosión por Frotación	11
Conclusión	12

PREFACIO

Este cuadernillo contiene un resumen de conceptos y procedimientos claves para el análisis de desgaste. Se discuten e ilustran siete tipos de desgaste. El propósito de esta publicación es servir como material de referencia para aquellas personas que asistieron al curso de Análisis de Fallas Aplicado de Caterpillar. Si desea más información sobre el análisis de fallas aplicado, contáctese con su representante Caterpillar local.



INTRODUCCIÓN

Antes de que podamos analizar eficientemente las fallas por desgaste, necesitamos conocer a nuestros clientes, sus equipos, su aplicación, y sus procedimientos de mantenimiento y operación. Luego, cuando encontramos un desgaste anormal de determinada clase, estaremos en condiciones de entender físicamente como se produjo el desgaste y que acciones correctivas se necesitan.

Conozca a su Cliente

- Equipo
- Aplicación
- Operación
- Mantenimiento

Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado



1 Defina el problema clara y concisamente

2 Organice la recolección de información

3 Observe y registre los hechos

4 Piense lógicamente de acuerdo a los hechos

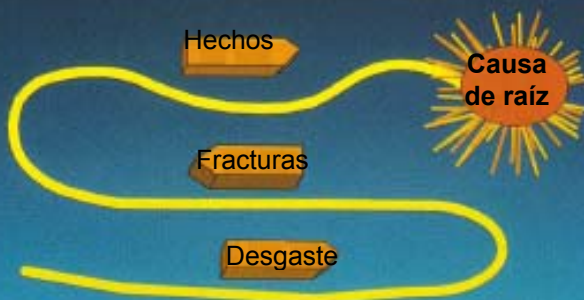
5 Identifique la causa de raíz más probable

6 Comuníquese con la parte responsable

7 Realice reparaciones de la manera indicada

Cuando se encuentra desgaste anormal, siempre es ventajoso usar un enfoque organizado para determinar la causa de raíz y satisfacer a los clientes. Hemos descubierto que los Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado nos ayuda a recordar el procedimiento para un buen análisis y a evitar ideas preconcebidas.

Siga las Señales



A medida que seguimos los ocho pasos, deberíamos recolectar información, identificar los tipos de desgaste y dejar que las señales nos conduzcan hacia la causa de raíz.

Obtenga Información sobre el Desgaste



- **Ubicación**
- **Tipo**
- **Carga**

Debemos tener especial cuidado de recolectar información acerca de la ubicación y el tipo de desgaste y la carga que ha sido aplicada para producir el desgaste. Esto nos ayudara a identificar un mal alineamiento y otros ambientes hostiles.

Obtenga información sobre el sistema



- **Materiales**
- **Temperaturas**
- **Presiones**
- **Lubricantes**

Muchas veces el desgaste anormal resulta de ambientes hostiles. Por lo tanto, siempre investigamos estas posibilidades y recolectamos información del sistema acerca de los materiales, temperaturas, presiones y lubricantes.

Obtenga Información sobre los Lubricantes



- **Calidad**
- **Cantidad**

Siempre deberíamos recolectar información sobre la cantidad y calidad de los lubricantes ¿Cuánto aceite había en el cárter? ¿Qué tipo de aceite fue usado? ¿Qué otro tipo de materiales identifico el informe de SOS?

SIETE TIPOS COMUNES DE DESGASTE

A pesar de que hay muchos, muchos tipos de desgaste, los siete tipos enumerados a continuación son responsables de la mayoría de las fallas. Proporcionaremos una breve descripción de cada tipo para ayudarnos a distinguir entre los tipos de desgaste. Las restantes páginas de este cuadernillo ilustraran la apariencia de cada tipo de desgaste. Mas adelante, cuando realicemos el análisis de fallas, nos deberíamos preguntar a nosotros mismos ¿Qué tipo de desgaste esta presente y como se produjo? A medida que estudiamos las partes falladas con una buena iluminación y ampliación, encontraremos las señales entre los hechos que nos ayudara a responder estas preguntas.

DESGASTE ABRASIVO: Es el tipo mas común de desgaste anormal- superficies rayadas, cortadas o ranuradas- las temperaturas de la superficie por lo general se mantienen frías gracias a los lubricantes. Hay muchos desechos secundarios auto generados. Siempre identifique el material abrasivo original.

DESGASTE ADHESIVO: Es el desgaste progresivo mas rápido- las temperaturas de las superficies no son controladas, con frecuencia no hay lubricante, las superficies desgastadas se derriten y se pegan. Si hay suficiente energía, el material es rasgado de la superficie de desgaste mas debilitada y se produce un desgaste abrasivo secundario.

DESGASTE CORROSIVO: Es el desgaste químico o electroquímico de las superficies del metal, la oxidación, picaduras y desastillado son características comunes. El desgaste general o las ranuras desgastadas también se pueden desarrollar en forma prematura cuando hay ambientes corrosivos hostiles.

DESGASTE POR EROSION: Es la remoción del material de la superficie, las partículas en movimiento golpean la superficie y la quiebran en pequeñas piezas. El desgaste por erosión es por lo general controlado por la filtración de fluidos para limitar el tamaño y la calidad de partículas erosivas.

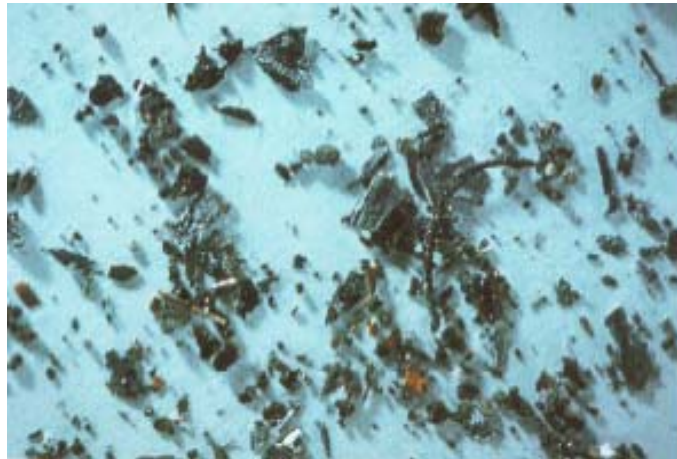
EROSION POR CAVITACION: Es la remoción del material de la superficie como resultado de la formación y colapso de burbujas de vapor en la superficie. El daño mas profundo se produce cuando las burbujas de vapor colapsan y los fluidos impactan en la superficie. El resultado final es la picadura de la superficie.

FATIGA POR TENSION DE CONTACTO: Flexión cíclica del material de la superficie (causada ya sea por las cargas de rodadura o deslizamiento), lo cual provoca el desarrollo de fracturas por fatiga. El resultado final es la picadura y desastillado de la superficie. Deberíamos controlar los excesos de carga, el mal alineamiento, los problemas de lubricación, etc...

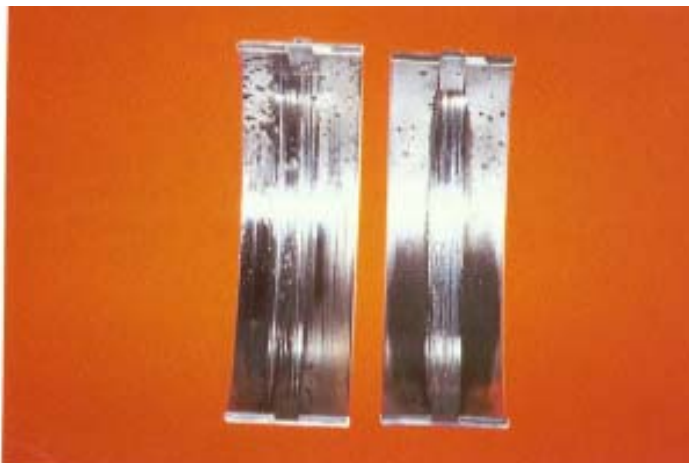
CORROSION POR FROTACION: Es el movimiento de dos superficies contra otra seguido por una micro soldadura de las asperezas de la superficie y la separación del metal. La corrosión por frotación por lo general se produce cuando las fuerzas de contacto de la superficie son altas, mientras que la frotación general se produce cuando las fuerzas de contacto de la superficie son bajas (las partes están sueltas). La corrosión por frotación, entonces, indicaría un encaje apretado pero con suficiente carga para provocar el movimiento de parte a parte. Por lo tanto, cuando encontramos corrosión por frotación necesitamos investigar una posible carga anormal, un torque bajo en los bulones de retención, etc.

SEÑALES DE DESGASTE ABRASIVO

En el desgaste abrasivo, las partículas externas sirven de puente con el grosor de la película de aceite, permitiendo la transferencia de carga desde una superficie a la otra. El calor generado es removido por los lubricantes, pero las superficies son cortadas y ranuradas, enviando desechos auto generados secundarios al sistema.



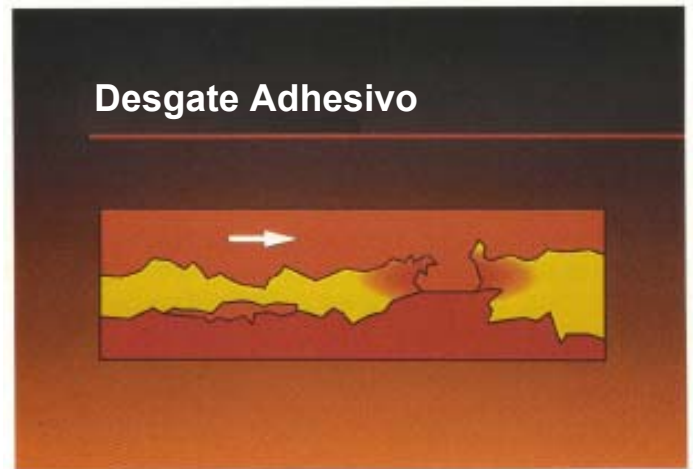
Las partículas externas grandes son introducidas comúnmente durante el ensamble y reparación, mientras que las partículas más pequeñas pueden ser introducidas durante las operaciones de mantenimiento. Los filtros siempre deberían ser abiertos e inspeccionados cuidadosamente cuando se encuentre desgaste abrasivo anormal.



Estos cojinetes presentan un desgaste abrasivo típico producido por material externo grande. Deberíamos identificar el material externo y su fuente.

DESGASTE ADHESIVO

Durante el desgaste adhesivo, las superficies hacen contacto físico y pequeños puntos de calor (asperezas) hacen contacto, generando calor y micro soldadura. Debido a que con frecuencia no hay lubricante, el calor continúa aumentando hasta que se desarrolla más derretimiento general y adhesión.



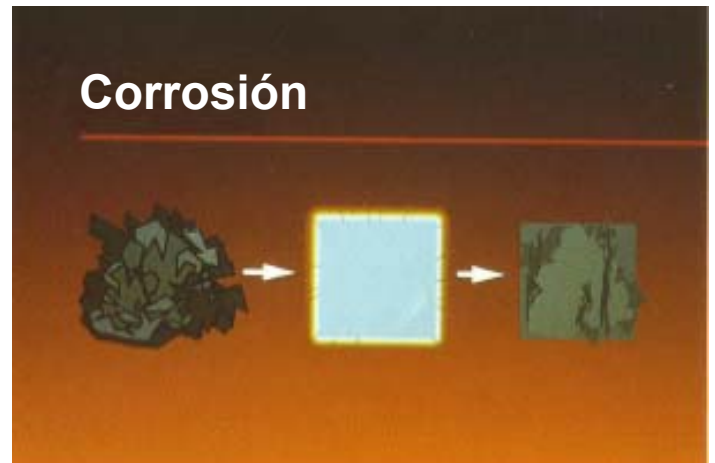
Cuando las superficies de los cojinetes están desgastadas o altamente pulidas, significa que estuvieron lo suficientemente calientes para derretir la capa de estaño- plomo. Esto indica una lubricación marginal (problemas de cantidad y calidad del aceite), un aumento en la generación de calor friccional, y una eliminación pobre del calor. Controle la información para descubrir por qué se produjo la lubricación marginal del sistema.



Las ubicaciones donde se produjeron el derretimiento y la adhesión eran físicamente mas calientes que otras áreas sin daños. Este faldón de pistón estaba caliente en los cuatro bordes, indicando sobrecalentamiento o instalación de interferencia. ¿Por qué estaba este faldón caliente? Recolecte la información sobre el lubricante, refrigerante y la instalación.

DESGASTE CORROSIVO

Cuando los metales son refinados, cambian de un estado oxidado estable a un estado refinado inestable. Tienden a regresar al estado oxidado más estable a través de la corrosión.



Tipos de Corrosión

- **General**
- **Galvanica**
- **De alta temperatura**

La corrosión puede ser general o galvanica, ambas son de naturaleza electroquímica y requieren la presencia de un electrólito. También podríamos considerar a la oxidación a alta temperatura como un tipo de corrosión ya que produce la oxidación de los metales, picaduras y desastillado.



La corrosión general se puede producir cuando el agua hace contacto con superficies del metal sin protección. La estructura cristalina de metal contiene muchos ánodos y cátodos y el agua actúa como un electrólito. El metal es removido de las áreas anódicas, produciendo picaduras.

La humedad creada durante la combustión puede formar gotitas en los vástagos de las válvulas (especialmente si las temperaturas de refrigeración son demasiado bajas), actúa como un electrolito e inician las picaduras corrosivas.



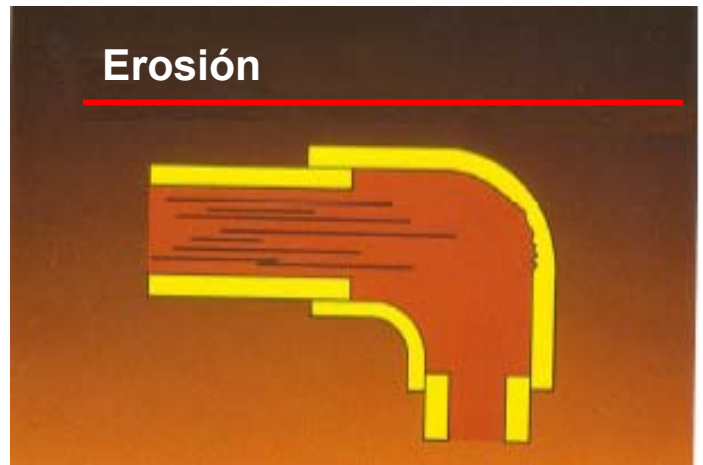
Las áreas de encaje apretado son lugares comunes para la corrosión, como vemos aquí donde una placa deflectora sostuvo este tubo enfriador de aceite. También, en casos donde un metal mas activo es usado con un metal menos activo, el metal mas activo se convertirá en el ánodo y presentara picaduras.



Las temperaturas altas hacen a los átomos de los metales mas activos y permiten que el oxígeno penetre rápida y profundamente. Las superficies calientes pueden desarrollar una cantidad significativa de óxido y picaduras en materia de minutos, especialmente cuando se alcanzan temperaturas de derretimiento del metal.

DESGASTE EROSIVO

El desgaste por erosión se encuentra en las restricciones o en los giros que fuerzan a las partículas en movimiento a cambiar de dirección.



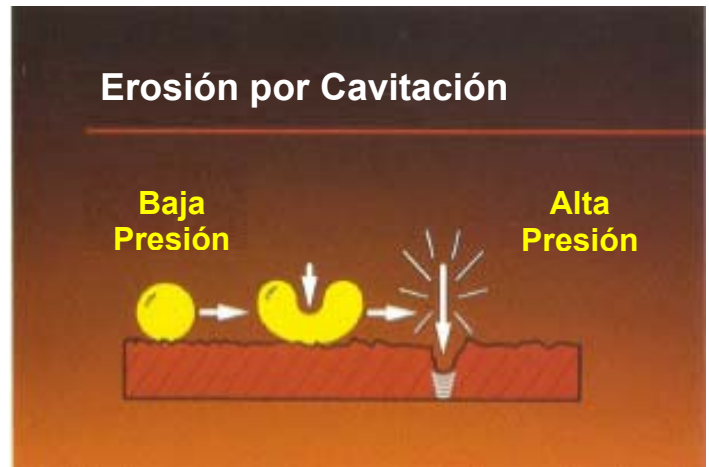
El desgaste por erosión se produjo por encima y por debajo del orificio pasador del pistón debido a que el pistón ha restringido el movimiento de algún objeto externo. Observe que el desgaste es mas severo por encima del orificio que por debajo, lo cual indica que la energía del material externo fue superior cuando impacto en la parte superior que cuando impacto en la parte inferior (la aceleración/ desaceleración del pistón es superior en la carrera hacia arriba que en la carrera hacia abajo). Debemos notar estas señales cuando estudiamos los hechos de desgaste.



Observe que el desgaste erosivo en este pistón es más profundo por encima de la pieza del aro que por debajo, lo cual también indica que un contacto más fuerte se produjo en la parte superior que en la parte inferior.

EROSION POR CAVITACION

El daño por erosión por cavitación se produce ya sea cuando se forman burbujas de vapor en áreas de baja presión, o cuando estas colapsan en áreas de alta presión. El daño mas severo se produce, sin embargo, cuando las burbujas colapsan. Las burbujas son influenciadas por el escape de aire de succión o restricciones, por niveles altos de fluidos (inclinación de partes en rotación) y fluidos aireados), por una carga severa, etc.



La erosión por cavitación puede provocar picaduras severas de los materiales de las superficies, escapes y/ o mal funcionamiento.



Este acercamiento de un cojinete Caterpillar revela que el recubrimiento de estaño- plomo ha sido quebrado lentamente por la erosión por cavitación. Debido a que hay algunas burbujas de vapor atrapadas en el aceite de lubricación, deberíamos esperar este desgaste después de muchas horas de servicio. La erosión por cavitación que rompe pedazos grandes de la capa de aluminio, sin embargo, debería ser considerada anormal.

FATIGA POR TENSION DE CONTACTO

En la fatiga por tensión de contacto, las fracturas por fatiga fina se desarrollan por debajo de la superficie y conducen a picaduras y desastillado. Esto puede ser causado por una sobrecarga del metal de la superficie, un mal alineamiento una lubricación pobre en cantidad y calidad, etc.

Fatiga por Tensión de Contacto

(Por deslizamiento o rodadura)

- Exceso de Carga
- Mal alineamiento
- Lubricación inadecuada

Deslizamiento



Con las cargas de deslizamiento, las fracturas empiezan en la superficie, progresan hacia abajo, se juntan y producen la picadura de la superficie. Observe que la picadura esta fuera del centro de este árbol de levas. A pesar de que se realiza una pequeña inclinación de la leva para rotar los levantadores de deslizamiento, las picaduras no deberían producirse. Controle los hechos de la lubricación (instalación y operación) y la información sobre el juego de las válvulas.

Rodadura



Con las cargas de rodadura, las fracturas empiezan por debajo de la superficie, con frecuencia entre la superficie dura y el núcleo mas blando. Las fracturas progresan hacia arriba a la superficie y pedazos grandes se separan, un proceso que se llama desastillado. Este cojinete presenta desastillado de un lado, lo cual indica un mal alineamiento que es probablemente el resultado de una pre carga baja

CORROSION POR FROTACION



La corrosión por frotación por lo general se presenta cuando dos partes que son sostenidas en forma apretada son forzadas a moverse una contra otra. Por lo general es un movimiento de alta frecuencia y de baja amplitud, y con frecuencia conduce a la micro soldadura de asperezas, a la separación del metal y a picaduras. También podemos encontrar polvo de ácido marrón rojizo o un aumento de óxido duro. Si este daño se produce en áreas de carga alta, las tensiones de trabajo pueden estar concentradas por la picadura o se pueden producir fracturas por fatiga, como se observa con este bulón de biela quebrado.



Una inspección minuciosa de la corrosión por frotación en la cara de partición de una biela nos ayuda a entender la micro soldadura y la separación que se produce.



La tapa del cojinete principal fue re usada con picadura por corrosión por frotación y ha sufrido una fractura por fatiga en el área de carga. La fractura comenzó en el fondo de la picadura por corrosión por frotación.

Las partes con picaduras en áreas de carga alta deberían ser re acondicionadas o reemplazadas para evitar fracturas por fatiga.

CONCLUSIÓN

Identifique las causas de la falla



- Piense- hechos
- Pregunta de Doble Control
- Obtenga la información ambiental
- Calor
- Carga
- Aplicación, Operación y Mantenimiento

Cada análisis de desgaste anormal debería ser perseguido hasta que se identifique la causa de raíz más probable del desgaste. Esto se realiza siguiendo un procedimiento de análisis ordenado, tal como los Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado, pensando de acuerdo a los hechos, y utilizando la pregunta de “doble control” ¿Hay alguna forma posible que otro factor pueda haber causado la falla? La pregunta de doble control nos ayuda a ampliar nuestra visión de las condiciones ambientales como calor, carga, aplicación, operación y mantenimiento, que con frecuencia son responsables de la causa de raíz.

Obtenga la Recompensa



- Comuníquese
- Realice reparaciones profesionales
- Realice un seguimiento

Si decimos que el trabajo esta terminado una vez que hemos identificado la causa de raíz, nos perdemos la recompensa- la mejora del cliente, distribuidor o fábrica con la necesidad, la satisfacción del cliente, y la nueva compra del producto, parte o servicio. Solo al comunicar la causa de raíz a las otras partes involucradas, a través de reparaciones profesionales y a través de un seguimiento con el cliente obtendremos la recompensa máxima.

OTROS LIBROS DE REFERENCIA

A continuación hay una lista de Libros de Referencia incluidos en la Serie de Analisis de Fallas Aplicado. Debido a que los libros sobre otros temas y componentes estan completados, seran anunciados de la manera usual

N° de Forma	Titulo
SEVB0549	Principios de Metalurgia
SEVB0554	Principios de Desgaste
SEVB0552	Principios de Fracturas
SEVB0547	Principios de Examinacion Visual
SEVB0545	Sujetadores Roscados
SEVB0546	Bielas
SEVB0548	Cigüeñales
SEVB0544	Cojinetes del Motor
SEVB0553	Pistones, Aros y Camisas
SEVB0551	Válvulas del Motor
SEVB0550	Turbocargadores
SEVB0561	Engranajes
SEVB0562	Conjinetes Anti- Friccion
SEVB0563	Motores y Bombas Hidraulicas
SEVB0564	Conjunto Completo de los Libros de Referencia antes enunciados