

Bielas

Análisis de Fallas
Aplicado



CATERPILLAR

LIBRO DE REFERENCIA

TABLA DE CONTENIDOS

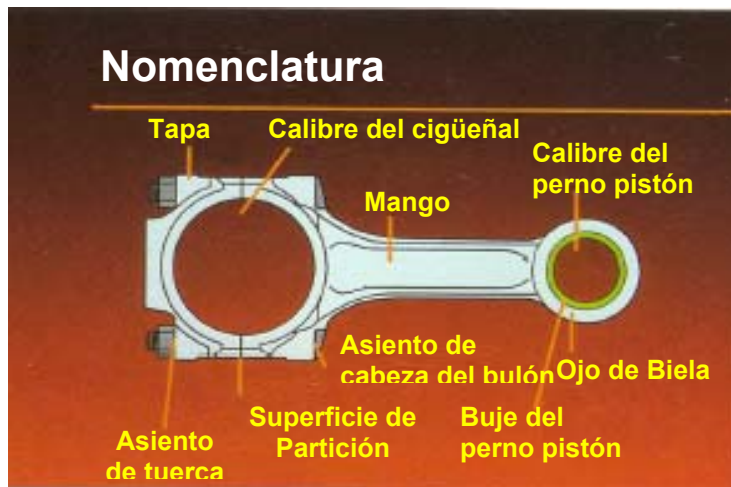
Nomenclatura	1
Carga	1
Estructura	2
Desarrollo del Análisis de Fallas	3
Condiciones Anormales	4
Fuerzas Externas	5
Fallas de Cojinetes	6
Errores de Reconstrucción	8
Bulones Flojos	9
Bulones Fracturados	10
Problemas de Bielas	11
Solapas de Forjado	11
Tratamiento Térmico	13
Maquinado/ Martillado	14
Armado	16
Conclusión del Análisis	17

PREFACIO

El propósito de este libro es explicar e ilustrar los principios básicos que serán usados en el análisis de fallas de bielas. La información está condensada del Seminario de Análisis de Fallas, el cual es más completo. Cualquier persona que desee más información sobre el Análisis de Fallas Aplicado debería contactar a su representante Caterpillar local.

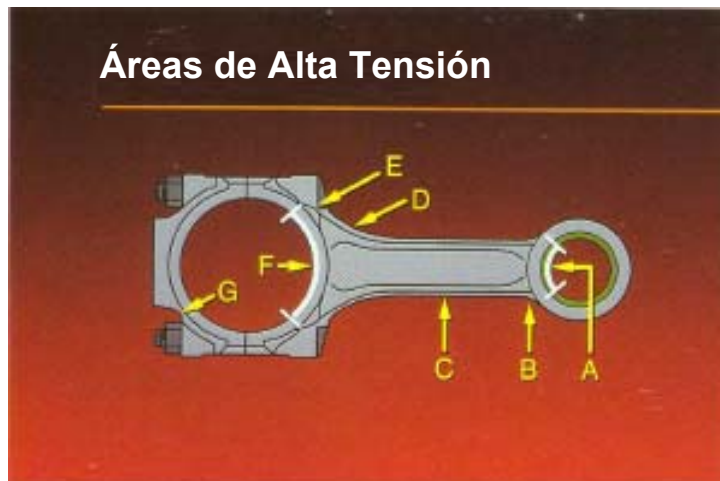


NOMENCLATURA



CARGA

La mayoría de las cargas de las bielas son tensiones cíclicas y de compresión en alineamiento con su longitud. Las bielas también están sometidas a cargas de flexión cíclica por la acción de inercia o vapuleo producida por la rotación del cigüeñal.



Arriba se muestran las áreas de concentración de alta tensión:

- A. Parte inferior 120° de la biela
- B. Combinación entre el mango y el ojo de la biela
- C. Mitad del Mango
- D. Combinación entre el mango y el calibre del cigüeñal
- E. Filetes cerca de los asientos de las cabezas de bulones.
- F. Parte superior 120° del calibre del cigüeñal.
- G. Filetes cerca de los asientos de la tuerca del bulon de la biela.

ESTRUCTURA

Las bielas son forjadas a través de un endurecimiento entre 28 a 32 RC, y la mayoría son martilladas para resistir la formación de fracturas



El proceso de forjado hace que el flujo de granos sea paralelo a las superficies de las áreas de alta tensión como se puede apreciar en las fotografías de arriba. Esta disposición del flujo de granos también ayuda a resistir la formación de fracturas.

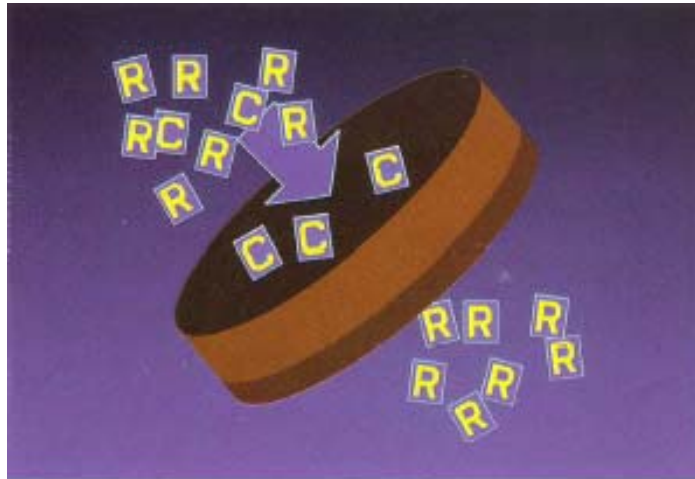
DESARROLLO DEL ANALISIS DE FALLAS



Como discutimos en el modulo de Administración del Análisis de Fallas Aplicado, el seguimiento de un enfoque organizado tal como los Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado es la forma mas rápida y segura de identificar la causa de raíz correcta de cada falla y de satisfacer a los clientes.

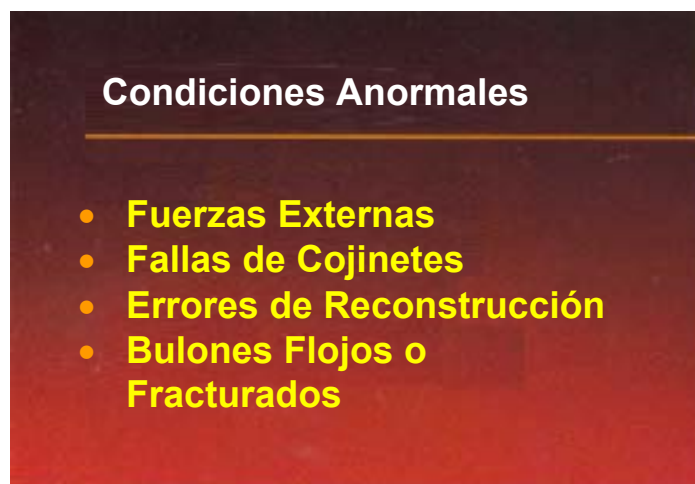


Los hechos de desgaste y de fractura deberían ser obtenidos a través de un análisis visual cuidadoso de las bielas falladas y de los componentes relacionados. Estos hechos actuaran como “señales” que nos guiaran hacia la causa de raíz correcta.



Las bielas Caterpillar son fabricadas muy cuidadosamente y casi nunca son la causa de raíz de una falla. Por lo tanto, cuando las bielas fallan, deberíamos separar cuidadosamente las causas de los resultados al identificar cualquier condición de operación anormal que puedan haber debilitado o sobrecargado las bielas y al clasificar los tipos de fracturas y de desgaste.

CONDICIONES ANORMALES



Las condiciones anormales que causan las fallas de las bielas incluyen:

- 1) Fuerzas externas que doblan o fracturan las bielas
- 2) Fallas de cojinetes que producen un daño resultante en la biela.
- 3) Errores de reconstrucción tales como el nuevo uso de partes dañadas por una falla anterior.
- 4) Bulones de biela flojos o fracturados que provocan un daño resultante.

FUERZAS EXTERNAS

Las bielas dobladas por lo general presentaran señales de daño por impacto de energía alta en la biela o en el pistón.

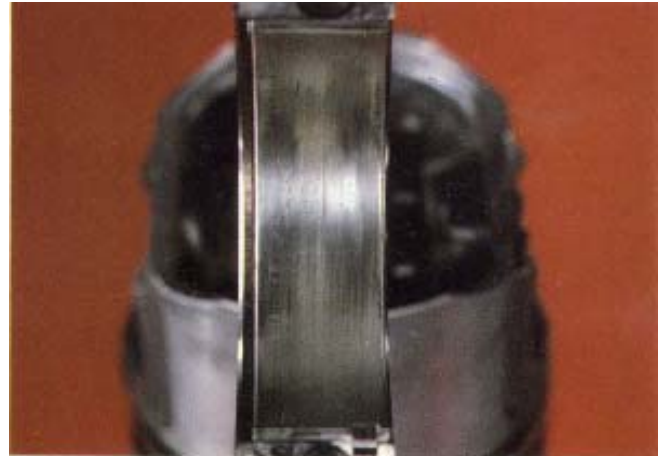
Algunas veces vemos una biela doblada sin un daño de impacto en la biela o el vástago. En este caso, deberíamos investigar la posibilidad de una traba hidráulica. Una traba hidráulica algunas veces dañara las juntas de la cabeza del cilindro o fracturara las camisas del cilindro o paredes. Busque señales de alta presión del cilindro y corrosión, si se sospecha de una traba hidráulica.



La flexión en la biela se debe a una traba hidráulica. Observe que no hay daño por impacto a causa de fuerzas externas.



Parte superior del pistón. No hay ninguna indicación del pistón golpeando las válvulas o la cabeza del cilindro.



La parte superior del cojinete tiene una apariencia normal. Una traba hidráulica por lo general no produce fallas en el cojinete de la biela.

FALLAS DE COJINETES

Las condiciones generales que provocan fallas en el cojinete y que también pueden resultar en fallas en las bielas son:

1) Suministro de aceite insuficiente en el momento de la falla- las señales son: piezas de cojinete delgadas y negras, calibre del cigüeñal de la biela negro/ azul con colores de revenido hasta el mango, los bulones de la biela pueden estar estirados o las tuercas pueden estar dañadas.

2) Otras causas se producen con el suministro de aceite normal en el momento de la falla- Las señales incluyen: los cojinetes pueden estar desgastados o pueden perder tamaño, pero no tienen color negro. La biela puede mostrar cierta decoloración por calor localizada, pero no es negra/ azul con colores de revenido hasta el mango. Las superficies de partición pueden estar fuertemente frotadas. La biela, la tapa de la biela, o los bulones pueden mostrar una fatiga en rápido progreso, y/ o las tuercas pueden estar dañadas debido a la vibración provocada por la pérdida de grosor del cojinete.



Esta biela fue dañada debido a un suministro insuficiente de aceite en el momento de la falla.



Este cojinete fallo en esta biela con un buen suministro de aceite en el momento de la falla. Los bulones de la biela estaban ajustados en el desarme. El pistón muestra todo el daño resultante.



El calibre del cojinete presenta un contacto directo entre el cigüeñal y la biela después de que la biela fue martillada en piezas pequeñas.



Las superficies de partición de la biela presentan una corrosión por frotación extrema debido a cargas de martillado pesadas a causa de un aumento de tolerancia entre el muñón del cigüeñal y el calibre del cojinete.



El martillado cíclico debido a la pérdida de grosor del cojinete provocó una sobrecarga cíclica en el mango de la biela, que resultó en una fractura por fatiga de bajo ciclo de progreso rápido.

ERRORES DE RECONSTRUCCION

El nuevo uso de partes dañadas o errores de armado pueden producir fallas. Las señales pueden ser corrosión por frotación, u otras indicaciones de partes sueltas o concentradores anormales de tensión.



Esta biela esta fracturada a través del asiento de la cabeza del bulon. El otro lado presenta el típico efecto de abisagrado (rodado del borde exterior de la superficie de partición) lo cual indica que fue el último lado en abrirse.



La parte de atrás del cojinete indica que no ha girado, fue liberado del calibre, es 1,27 mm US (El cigüeñal ha sido disminuido en su tamaño en una reparación anterior)



Aquí vemos una fractura por fatiga con el punto de inicio en la parte superior derecha de la superficie de fractura en el interior del calibre del cigüeñal. Observe la corrosión por frotación en la superficie del calibre que produjo en concentrador de tensión y la fractura por fatiga. La corrosión por frotación estaba ya sea presente durante una reparación anterior o se produjo a causa del maquinado que produjo un aumento del tamaño del calibre durante el salvamento.



Este buje de biela fue reemplazo en una reparación anterior. Este giró en el calibre durante la operación, hizo contacto con la superficie del pistón que quebró una pieza que fue encontrada en el aceite de drenaje durante un cambio de aceite. El buje estaba probablemente suelto debido a un aumento del tamaño del calibre.

BULONES SUELTOS

Estas son señales comunes de bielas dañadas por bulones sueltos:

- 1) Cojinetes demasiado finos- principalmente daño por impacto secundario.
- 2) Poca si acaso alguna corrosión por frotación en las superficies de partición.
- 3) Daño a las roscas en toda el área de roscas del bulon.
- 4) Ultimas roscas salidas de la tuerca.
- 5) Articulación en la superficie de partición opuesta al lado donde la tuerca retrocedió.
- 6) Bulon en el lado abisagrado que fallo por una fractura dúctil



Falla debido a un bulon suelto. El cojinete presenta daños secundarios menores. Note la bisagra en la parte inferior de la superficie de partición.



Las superficies de partición presentan poca corrosión por frotación. Las marcas de esmerilado todavía son visibles.



La pieza de biela esta fracturada debido a un daño secundario por corte o impacto.



Las roscas de los bulones están dañadas por toda su longitud. Las últimas roscas están salidas de la tuerca.

BULONES FRACTURADOS

Estas son señales comunes de bielas dañadas por bulones fracturados:

- 1) Cojinete demasiado fino, principalmente daño por impacto secundario.
- 2) Poca si acaso alguna corrosión por frotación en las superficies de partición.
- 3) Un bulon con ya sea una fractura por fatiga o daño por corte.
- 4) Abisagrado en la superficie de partición opuesta del lado en el que el bulon fue cortado o fracturado.
- 5) Bulon en el lado de las bisagras que fallo por una fractura dúctil.



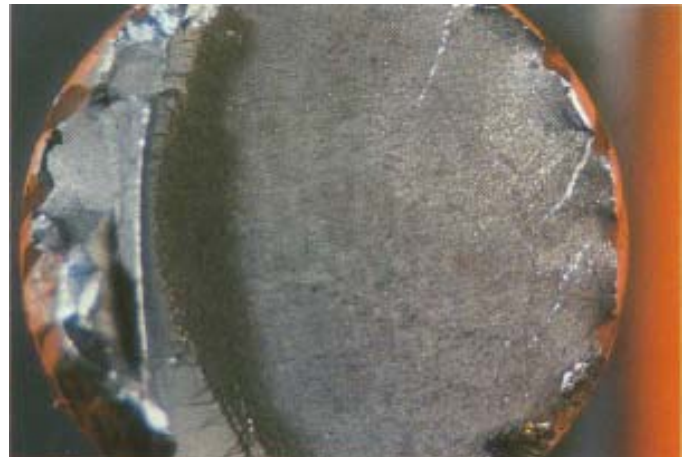
Falla a causa de un bulon fracturado. El bulon superior tiene una fractura dúctil que indica una sobrecarga.



El cojinete muestra poco daño, solo impacto secundario. El cojinete es para un cigüeñal de 1,27 mm disminuido en su tamaño, lo cual indica una reparación anterior.



Aquí vemos una pieza de biela que fallo a causa de un daño por corte por impacto secundario. El bulon fracturado tiene una superficie lisa y plana con una fractura final y labio de corte.



Un acercamiento de la fractura por fatiga revela que el punto de inicio esta en una abolladura en la superficie estriada en la parte superior derecha de esta foto. La abolladura probablemente se debe a un daño por manipuleo durante una reconstrucción

PROBLEMAS DE BIELAS

Problemas de Bielas

- **Solapas de Forjado**
- **Tratamiento Térmico**
- **Maquinado/ Martillado**
- **Armando**

Las bielas son fabricadas muy cuidadosamente y controladas minuciosamente para prevenir defectos de material o fabricación. Ocasionalmente, sin embargo, se presentan problemas de forjado, tratamiento térmico, maquinado o martillado.

SOLAPAS DE FORJADO

Las solapas de forjado se producen cuando el metal se pliega sobre si mismo en el troquel de forjado. Las señales son: pre- fractura oscura por debajo de la superficie de la parte. La superficie oscura es causada por óxidos que se forman durante el forjado.



En esta biela se encontró una solapa de forjado durante una carga normal. Observe la superficie oscura de la solapa entre las dos partes planas laminadas en el ojo de la biela en la fotografía anterior.

SOLAPAS DE FORJADO (Continuación)



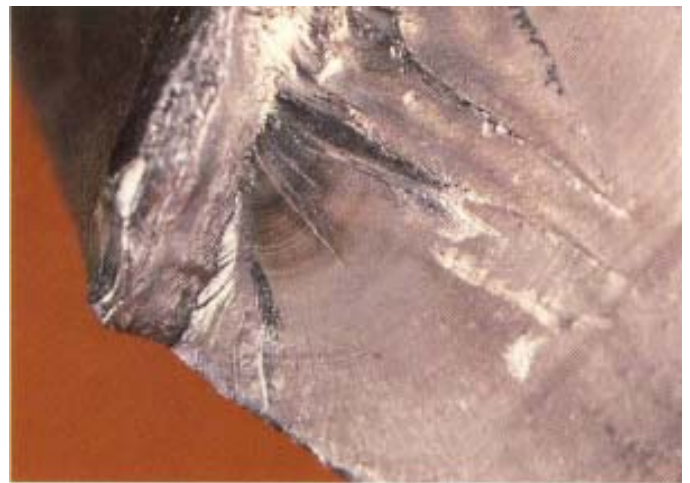
Esta biela esta fracturada a través del calibre del cigüeñal en la combinación entre el calibre y el mango y a través de la tapa. El cojinete no esta girado y solo presenta daño resultante.



Esta tapa tiene una fractura dúctil que indica daño resultante.



Esta fractura de biela es una fractura por fatiga con puntos de inicio por debajo de la superficie martillada. Observe los sitios de inicio múltiples y las marcas de trinquete.



Este es un acercamiento de los puntos de inicio. El área pulida de la superficie martillada hasta los puntos de inicio es una pre fractura. Probablemente la pre fractura es una solapa de forjado que inicio la fractura por fatiga.

TRATAMIENTO TERMICO

Las fracturas por templado también se pueden producir en las bielas. Son formadas cuando las partes calientes son enfriadas demasiado rápido después del tratamiento térmico, produciendo altas y bruscas tensiones de contracción. Las señales son: una pre fractura frágil oscura que se origina en la superficie de la parte.



Una fractura por templado produjo un concentrador de tensión severo y una fractura por fatiga hacia abajo del mango de esta biela.



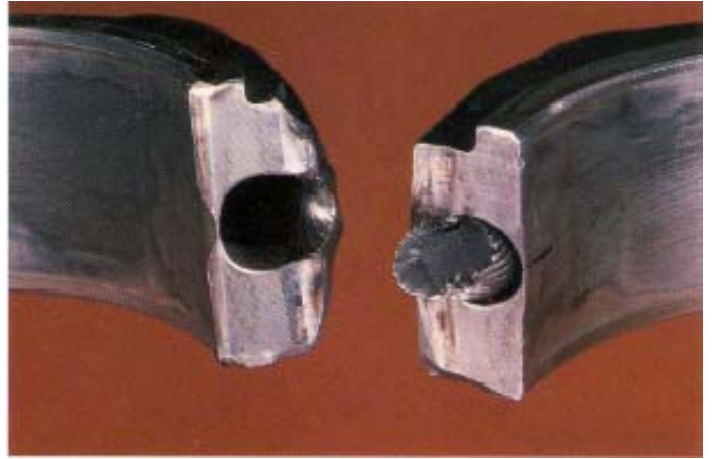
Observe la superficie áspera y oscura en la parte superior de la fractura en este acercamiento. Las marcas de playa y de trinquete se originan al final de la fractura por templado y progresan hacia abajo.

MAQUINADO/ MARTILLADO

Después del tratamiento térmico, las bielas son martilladas y maquinadas. Dependiendo del diseño, algunas cabezas de bulones o asientos de tuercas son martillados nuevamente. Si cualquiera de estas operaciones es realizada incorrectamente, se pueden producir problemas.



Una fractura por fatiga separo esta biela en un asiento de tuerca.



El otro lado fue entonces sobrecargado. Note la bisagra y la fractura dúctil del bulon. Esta señal indica que el otro lado de la tapa de la biela se abrió primero.



La fractura a través del asiento de la válvula presenta señales de fatiga- suave, lisa y marcas de playa que llevan nuevamente hacia la parte inferior derecha de la superficie de fractura. El punto de inicio es el borde filoso donde se unen el filete del asiento de la tuerca y la tapa de la biela.



Esta vista del asiento de la tuerca y el filete presenta un martillado en la porción superior pero no en la parte inferior. El resultado fue un borde filoso donde se unen la superficie del filete y el exterior de la tapa de la biela. Este concentrador de tensión inusual provoco la fractura por fatiga.



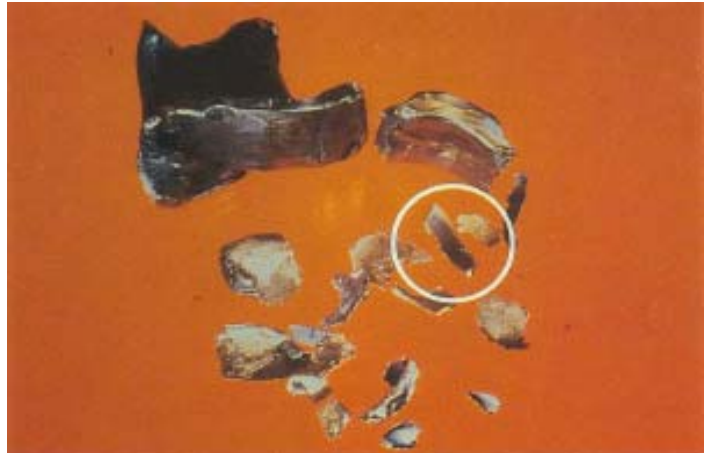
Esta biela fallo por todo el mango y en el ojo de la biela. El calibre del cigüeñal y del cojinete es normal.



La falla del mango se debe a un corte por impacto. Observe la superficie suave y sedosa con decoloración por calor localizada, señales de daño por corte, lo cual es un resultado de otro componente que fallo primero.



Aquí vemos una superficie de fractura típica en el ojo de la biela. Es una fractura por fatiga de bajo ciclo provocada por una sobrecarga cíclica.



La sobrecarga cíclica se debe a la falla del buje del perno pistón. La pieza con un círculo blanco fue encontrada en el carter de aceite. Es más gruesa que las otras piezas, lo que indica que se separó antes de que el resto del buje sea martillado. Esta es una etapa mas avanzada del tipo de falla que se mostró en la pagina 8. El buje estaba probablemente suelto debido al maquinado del calibre por el aumento de tamaño del buje del perno pistón.

ARMADO

Las bielas también pueden ser dañadas como resultado de errores de armado



Esta biela fallo en el ojo de la biela en la porción altamente cargada 120° del calibre



El daño por impacto y corte indican que el ojo de la biela se abrió primero, permitiendo que el buje se mueva antes de ser dañado.



Este acercamiento revela una fractura por fatiga que se origino en el interior del calibre del buje del perno pistón. Probablemente la fractura por fatiga se produjo por un concentrador de tensión debido al estriado del calibre de la biela durante el armado mientras el buje del perno pistón era presionado hacia adentro.

CONCLUSION DEL ANALISIS

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 falla 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 de que otro factor pueda haber causado la falla? Durante el análisis también necesitamos investigar condiciones ambientales tales 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**

El trabajo no termina una vez que hemos identificado la causa de raíz de una falla. Ahora necesitamos “obtener la recompensa” al comunicarnos con la parte responsable de la falla, realizando reparaciones profesionales y oportunas y realizando un seguimiento para garantizar que los problemas del cliente a corto y largo plazo estén solucionados.

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