

# MANTENIMIENTO CORRECTIVO

## Organización y gestión de la reparación de averías

Colección MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Volumen 4

**renovetec**

[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)

## Colección MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

*Volumen 1: El mantenimiento sistemático*

*Volumen 2: Paradas y grandes revisiones*

*Volumen 3: Mantenimiento Predictivo*

***Volumen 4: Mantenimiento Correctivo***

*Volumen 5: Mantenimiento Legal: Trabajos de mantenimiento según normas reglamentarias*

*Volumen 6: Ingeniería del mantenimiento*

*La colección MANTENIMIENTO INDUSTRIAL está editada por RENOVETEC, y está basada en el libro "LA CONTRATACIÓN DEL MANTENIMIENTO"*

**SOLICITE EL VOLUMEN QUE DESEE ENVIANDO UN EMAIL A :**

***info@renovetec.com***

© Santiago García Garrido 2009

© Editorial RENOVETEC 2009

*Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio sin la autorización expresa y por escrito del titular del copyright*

*Obra inscrita en el Registro de la Propiedad Intelectual, Oficina Territorial de Madrid*

*Edita: Editorial RENOVETEC*

*Maquetación: Diego Martín*

*Diseño de Portada: L. Peñuelas*

***www.renovetec.com***

# Mantenimiento correctivo

## Organización y gestión de la reparación de averías

### Índice

- 1 Qué es el mantenimiento correctivo
- 2 Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado
- 3 El correctivo como base del mantenimiento
- 4 La contratación del mantenimiento correctivo
- 5 Grandes averías y seguros
- 6 La investigación de averías



*renovetec*

Formación en tecnología

[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)

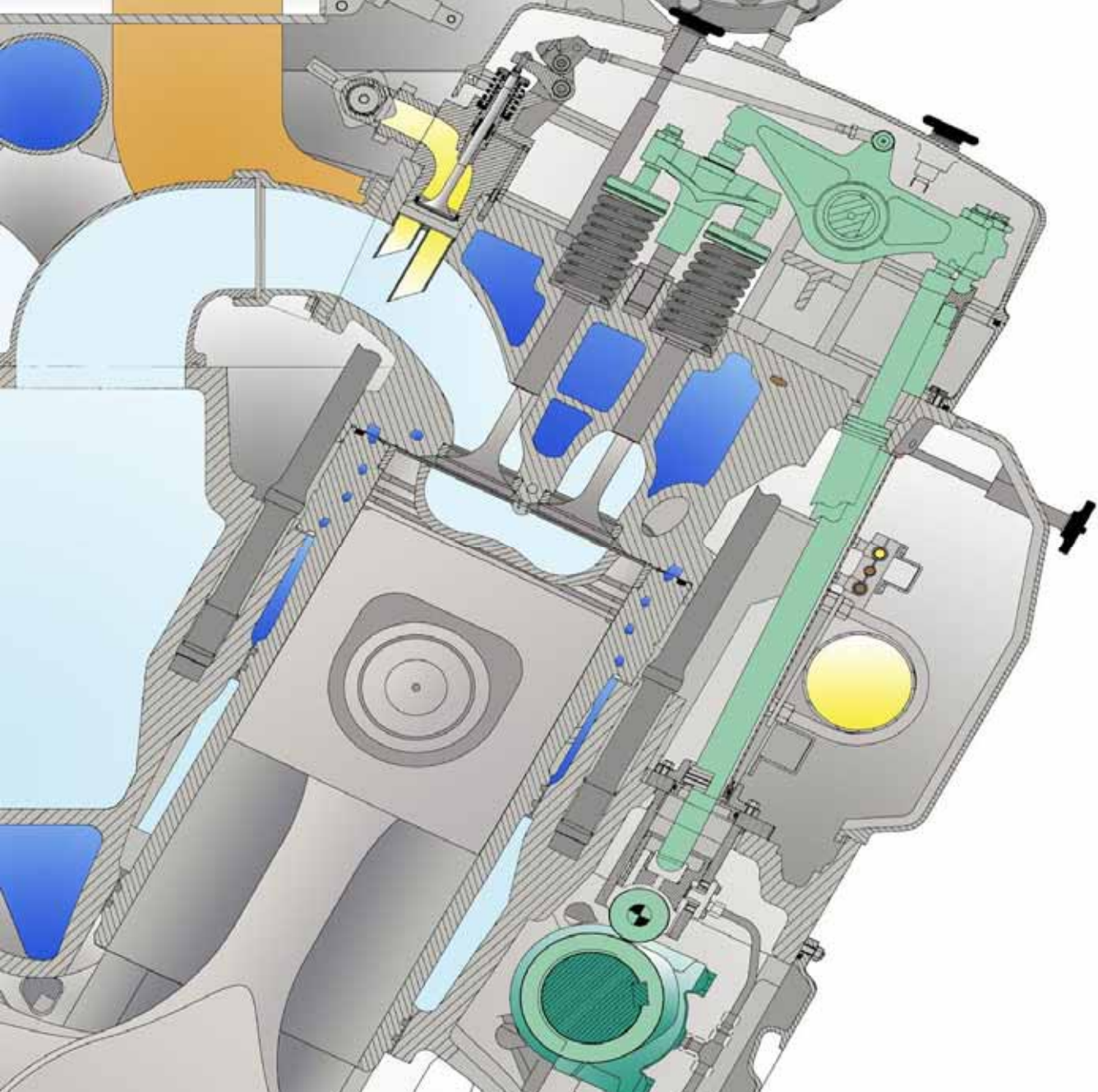
## 1

## QUE ES EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

Históricamente, el mantenimiento nace como servicio a la producción. Lo que se denomina *Primera Generación del Mantenimiento* cubre el periodo que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez, la mayoría de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza y lubricación, y por ello la base del mantenimiento era puramente correctiva.

Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, etc. Y aún así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muchas menos las que lo han conseguido.



CURSO DE MOTORES DE GAS  
EN PLANTAS DE COGENERACIÓN  
Madrid, 23 y 24 de Septiembre 2009

Hotel Abba Madrid

[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)

Llámanos



91 126 37 66



[info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

## 2

## DIFERENTES TIPOS DE CORRECTIVO: PROGRAMADO Y NO PROGRAMADO

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

En segundo lugar, afecta a un indicador llamado 'Fiabilidad'. Este indicador, del que se hablará en el apartado *16.4.38 Garantías*, no incluye las paradas planificadas (en general, las que se pueden programar con más de 48 horas de antelación).

### COLECCIÓN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Volumen 1: **Mantenimiento Preventivo Sistemático**

Volumen 4: **Mantenimiento Correctivo**

Volumen 2: **Paradas y grandes revisiones**

Volumen 5: **Mantenimiento Legal**

Volumen 3: **Mantenimiento Predictivo**

Volumen 6: **Ingeniería del Mantenimiento**

Solicite el ejemplar que desee en [info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

Llámanos



91 126 37 66




[info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

renovetec

[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)

# TURBINAS DE VAPOR EN CENTRALES TERMOSOLARES Madrid, 21-22 de Septiembre 2009

Colabora 

Programa de formación termosolar 2009





## 3 EL CORRECTIVO COMO BASE DEL MANTENIMIENTO

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos

Esas son las razones que en muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad (p. ej, empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento (p.ej la industria auxi-

liar del automóvil o el mercado eléctrico) o las que producen en campañas cortas (industria relacionada con la agricultura).

- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes
- La vida útil de los equipos se acorta
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc.

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones.

## 4 LA EXTERNALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Las empresas deciden externalizar la reparación de averías en los siguientes cinco casos:

- Cuando está incluido en el contrato: cuando el servicio está incluido dentro de un contrato de gran alcance, como un contrato integral o un contrato de operación y mantenimiento, por ejemplo.
- Cuando no existe un departamento de mantenimiento: cuando no se dispone de ningún tipo de estructura de mantenimiento. En estos casos, cualquier problema que no sea sencilla ha de ser contratado a una empresa de mantenimiento
- Cuando supone una carga inadmisibles de trabajo adicional: cuando disponiendo de una estructura de mantenimiento esta está infradimensionada, está desbordada de trabajo o cuando supone un aumento puntual de la carga de trabajo insostenible
- Cuando no se tienen los medios o los conocimientos necesarios: cuando no se dispone de conocimientos o medios técnicos suficientes para abordar la reparación, por ser tecnologías novedosas y desconocidas en la planta o por haber recibido la formación y entrenamiento necesario
- Cuando el equipo está en garantía: en el caso de equipos en garantía se prefiere contar con el servicio técnico del suministrador para evitar conflictos de responsabilidad

Los contratos que se pueden establecer para la reparación de averías pueden ser los siguientes:

- Contratación de una reparación puntual sin presupuesto previo. Se trata en general de averías graves y urgentes, de un coste menor que las pérdidas de producción que provoca. Por esa razón se encarga el trabajo a una empresa con capacidad para dar la asistencia técnica sin conocer siquiera el importe de la reparación: el factor más importante es pues el tiempo de intervención
- Contratación de una reparación puntual con presupuesto previo. O bien no se trata de intervenciones tan urgentes como las anteriores o bien se prevé un importe elevado que es necesario conocer con antelación. La preparación del presupuesto y su posterior aceptación supone retrasar mucho la intervención, ya que será necesario que el contratista compruebe el trabajo, haga su valoración, redacte una oferta, la envíe al cliente, que éste la estudie y la acepte y le comunique la aceptación al contratista. El factor más importante en este tipo de contratación es el precio, por encima del tiempo de inicio de los trabajos o de intervención
- Contratación de asistencias técnicas puntuales pero a precio pactado bien por servicio (también llamado 'por precios unitarios') o bien por hora de intervención y materiales empleados. Las fases de presupuesto y aceptación de éste se realizan una sola vez para muchas intervenciones, de manera que cuando se necesita un servicio se solicita sin más, conociendo el cliente más o menos qué coste supondrá. El factor importante vuelve a ser el precio, pero el cliente trata de evitar los tiempos muertos derivados del proceso de oferta y aceptación, negociando de una vez todos los servicios que pueda necesitar en un periodo determinado.
- Contratación de un número de servicios de reparación anual. Es decir, por un precio pactado se incluyen x intervenciones anuales de un determinado tipo, o x horas de intervención.
- Contratación del mantenimiento correctivo dentro de un contrato de mayor alcance, como un contrato integral o un contrato de operación y mantenimiento.

## 5

## GRANDES AVERÍAS Y SEGUROS

Un caso especial de reparación o de realización de mantenimiento correctivo es el caso de la intervención en grandes averías. Estas ocurren cuando suceden grandes accidentes, como incendios, derrumbes o hechos catastróficos en general, pero también cuando una pieza determinada falla causando una avería de un alcance económico muy importante.

Para prever esta contingencia, algunas empresas contratan seguros de gran avería, que cubren el importe de reparación de los fallos que puedan surgir en un equipo o instalación determinada y que superen cierto importe. Ese importe mínimo que deben superar, y del que se hará cargo en todo caso el propietario de la instalación, se denomina <franquicia>.

El seguro puede cubrir tanto los costes de reparación totales (mano de obra, materiales, medios y subcontratos) como el lucro cesante, esto es, el beneficio que el propietario de la planta deja de recibir por la pérdida de producción ocasionada, y en algunos casos, los costes de amortización.

Los seguros excluyen la reparación de grandes averías en algunos casos:

- Si no se respetado el mantenimiento preventivo indicado por el fabricante del equipo o por la ingeniería responsable de la instalación
- Si el equipo o instalación se ha operado en condiciones anormales, expresamente indicadas como peligrosas en los manuales de operación y mantenimiento del equipo
- Si no se han respetado las condiciones de operación
- Si se han empleado repuestos, consumibles o materiales no autorizados por el fabricante
- Si se han realizado modificaciones no autorizadas o supervisadas por el fabricante del equipo o la ingeniería que diseñó la instalación

En realidad, estos seguros sólo cubren los casos de averías fortuitas no previsibles y en los que el propietario o la empresa de mantenimiento contratada por éste no tienen ninguna responsabilidad. Aún así, en caso de que el seguro abone al propietario el importe de la avería (descontado el importe de la franquicia, que suele ser elevado) se reserva el derecho a repetir la exigencia de responsabilidad y la correspondiente indemnización contra otra entidad que pueda ser responsable (la ingeniería, si estima que es un mal diseño; el fabricante, en algún caso; o la empresa de mantenimiento)

Estos seguros inicialmente fueron muy poco rentables para las empresas aseguradoras, por el desconocimiento del riesgo, por las bajas primas que en principio se cobraban, y por la picaresca de determinados asegurados, que intentaban por ejemplo que la compañía aseguradora cubriera mantenimientos normales como grandes averías.

Por ello, los seguros actuales tienen una serie de características:

- Tienen una franquicia elevada, de forma que las averías hasta un determinado coste, sean fortuitas o no, no están cubiertas. En caso de gran avería esa franquicia debe asumirla el asegurado, y se descuenta del importe de la reparación. El lucro cesante suele tener también un límite en el número de meses que se percibe, y la cantidad se establece de antemano.
- Los seguros penalizan a aquellas ingenierías y aquellas tecnologías que han demostrado una especial siniestralidad, cobrando primas adicionales si entienden que puede relacionarse una tecnología o una empresa con esa siniestralidad elevada
- Los peritos encargados de realizar la tasación del siniestro tienen una formación técnica mucho más avanzada que los que lo hacían inicialmente, que eran peritos generalistas. Tienen además criterios bastante restrictivos y dominan perfectamente el sector
- Las primas se adaptan mucho mejor al riesgo que inicialmente, y son muchísimo más elevadas que en su origen
- Tienen en cuenta los periodos de grandes revisiones, y descuentan en sus indemnizaciones la parte correspondiente a mantenimientos programados. Si una máquina está próxima a una gran revisión u *overhaul*, y sufre una gran avería que la inutiliza, el coste de la reparación irá por

cuenta del seguro y el promotor se encontrará una máquina perfectamente revisada y lista para funcionar durante otro largo periodo: se habrá ahorrado así un coste elevado que le correspondía. En general, en la actualidad a un perito tasador no se le escapan estos detalles que anteriormente peritos con menos experiencia en el sector industrial desconocían. En este caso habrá una liquidación que podrá descontar una parte o todo el coste previsto de la revisión programada.



## RENOVETEC - TERMOSOLAR

Espacio dedicado a la divulgación de información técnica sobre plantas termosolares

### ULTIMOS ARTICULOS INSERTADOS

**Averías habituales en plantas termosolares**

**La importancia de la limpieza de los espejos (artículos avanzados)**

**Presupuesto de mantenimiento de centrales termosolares 50 MW**

### ARTICULOS BÁSICOS

Artículos cuyo objetivo es que el lector no iniciado en este tipo de plantas conozca la tecnología y cada uno de los sistemas que componen una planta termosolar

### ARTICULOS AVANZADOS

Artículos dirigidos a profesionales que desarrollan su actividad en proyectos o en plantas termosolares.

### CURSOS TERMOSOLAR

Catálogo de cursos impartidos por RENOVETEC relacionados con plantas termosolares. Todos los cursos pueden recibirse en la modalidad IN COMPANY (realizados en las instalaciones del cliente para su personal, con una capacidad máxima de 15 asistentes) o en la modalidad EN ABIERTO (Cursos organizados por RENOVETEC en las principales ciudades españolas)

RENOVETEC no imparte formación a distancia, ni comercializa de ninguna forma el material empleado en sus cursos, por dudar de la eficacia de las acciones formativas a distancia

### CURSO GENERAL TERMOSOLAR

Curso de 16 horas de duración

Estudia todos los sistemas implicados en la generación termosolar: campo solar, sistema de ciclo de agua vapor, BOP y turbina de vapor

CURSO PRESENCIAL IN COMPANY

Infórmese de las posibilidades de contratación y fechas disponibles en [info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

### CURSO TERMOSOLAR AVANZADO

Curso de 40 horas de duración. Necesario para todo el que necesita introducirse en el mundo termosolar conociendo detalles de ingeniería y diseño de todos los sistemas implicados

CURSO PRESENCIAL IN COMPANY

Infórmese de las posibilidades de contratación y fechas disponibles en [info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

### CURSO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CAMPO SOLAR

Curso de 16 horas de duración

Modalidad: Presencial

Posibilidades: In company y en abierto

Características: Parámetros de diseño, construcción y puesta en marcha del campo solar

### CURSO DEL SISTEMA HTF

renovetec

INICIO

EMPRESA

REFERENCIAS

MUNDO TERMOSOLAR

ARTICULOS BÁSICOS

ARTICULOS AVANZADOS

CURSOS TERMOSOLAR

PROXIMOS CURSOS

CONTACTO

INFORMACIÓN LEGAL

Llámanos



91 126 37 66

[info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

# 6 ANÁLISIS DE AVERÍAS

## 6.1. El objetivo del análisis de fallos

El análisis de averías tiene como objetivo determinar las causas que han provocado determinadas averías (sobre todo las averías repetitivas y aquellas con un alto coste) para adoptar medidas preventivas que las eviten. Es importante destacar esa doble función del análisis de averías:

- Determinar las causas de una avería
- Proponer medidas que las eviten, una vez determinadas estas causas

La mejora de los resultados de mantenimiento pasa, necesariamente, por estudiar los incidentes que ocurren en la planta y aportar soluciones para que no ocurran. Si cuando se rompe una pieza simplemente se cambia por una similar, sin más, probablemente se esté actuando sobre la causa que produjo la avería, sino tan solo sobre el síntoma. Los analgésicos no actúan sobre las enfermedades, sino sobre sus síntomas. Evidentemente, si una pieza se rompe es necesario sustituirla: pero si se pretende retardar o evitar el fallo es necesario estudiar la causa y actuar sobre ella.

## 6.2. Datos que deben recopilarse al estudiar un fallo

Cuando se estudia una avería es importante recopilar todos los datos posibles disponibles. Entre ellos, siempre deben recopilarse los siguientes:

- Relato pormenorizado en el que se cuente qué se hizo antes, durante y después de la avería. Es importante detallar la hora en que se produjo, el



turno que estaba presente (incluso los operarios que manejaban el equipo) y las actuaciones que se llevaron a cabo en todo momento.

- Detalle de todas las condiciones ambientales y externas a la máquina: temperatura exterior, humedad (si se dispone de ella), condiciones de limpieza del equipo, temperatura del agua de refrigeración, humedad del aire comprimido, estabilidad de la energía eléctrica (si hubo cortes, microcortes, o cualquier incidencia detectable en el suministro de energía), temperatura del vapor (si el equipo necesita de este fluido), y en general, las condiciones de cualquier suministro externo que el equipo necesite para funcionar.
- Últimos mantenimientos preventivos realizados en el equipo, detallando cualquier anomalía encontrada.
- Otros fallos que ha tenido el equipo en un periodo determinado. En equipos de alta fiabilidad, con un MTBF alto, será necesario remontarse a varios años atrás. En equipos con un MTBF bajo, que presentan bastantes incidencias, bastará con detallar los fallos ocurridos el último año. Por supuesto, será importante destacar aquellos fallos iguales al que se estudia, a fin de poder analizar la frecuencia con la que ocurre.
- Condiciones internas en que trabajaba el equipo. Será importante destacar datos como la temperatura y presión a que trabajaba el equipo, caudal que suministraba, y en general, el valor de cualquier variable que podamos medir. Es importante centrarse en la zona que ha fallado, tratando de determinar las condiciones en ese punto, pero también en todo el equipo, pues algunos fallos tienen su origen en puntos alejados de la pieza que ha fallado. En ocasiones, cuando el fallo es grave y repetitivo, será necesario montar una serie de sensores y registradores que nos indiquen determinadas variables en todo momento, ya que en muchos casos los instrumentos de medida que se encuentra instalados en el equipo no son representativos de lo que está ocurriendo en un punto determinado. El registro de valores a veces se convierte en una herramienta muy útil, pues determinadas condiciones que provocan un fallo no se dan en todo momento sino en periodos muy cortos (fracciones de segundo por ejemplo). Es el caso de los golpes de ariete: provocan aumentos de presión durante periodos muy cortos que llegan incluso a superar en 1000 veces la presión habitual.

Una vez recopilados todos los datos descritos, se puede estar en disposición de determinar la causa que produjo el fallo.

## 6.3. Causas de los fallos

Las causas habituales de los fallos son generalmente una o varias de estas cuatro:

- Por un fallo en el material
- Por un error humano del personal de operación
- Por un error humano del personal de mantenimiento
- Condiciones externas anómalas

En ocasiones, confluyen en una avería más de una de estas causas, lo que complica en cierto modo el estudio del fallo, pues a veces es complicado determinar cuál fue la causa principal y cuales tuvieron una influencia menor en el desarrollo de la avería.

### 6.3.1. Fallos en el material

Se considera que se ha producido un fallo en el material cuando, trabajando en condiciones adecuadas una determinada pieza queda imposibilitada para prestar su servicio. Un material puede fallar de múltiples formas:

- Por desgaste. Se da en piezas que pierden sus cualidades con el uso, pues cada vez que entran en servicio pierden una pequeña porción de material. Es el caso, por ejemplo, de los cojinetes antifricción.
- Por rotura. Se produce cuando aplicamos fuerzas de compresión o de estiramiento a una pieza sobrepasando su límite elástico. Es el caso del hundimiento de un puente por sobrepeso, por ejemplo. Las roturas a su vez pueden ser dúctiles o frágiles, dependiendo de que exista o no deformación durante el proceso de rotura. Así, las cerámicas, en condiciones normales presentan roturas frágiles (las piezas pueden encajarse perfectamente tras la rotura), mientras que el aluminio presenta una rotura dúctil, con importantes deformaciones en el proceso que impedirían recomponer la pieza rota por simple encaje de los restos.
- Por fatiga. Determinadas piezas se encuentran sometidas a esfuerzos cíclicos de presión y/o estiramiento, en el que la fuerza aplicada no es constante, sino que cambia con el tiempo. La diferencia importante con el caso an-

terior (fallo por rotura) es que estas fuerzas cíclicas están por debajo del límite elástico, por lo que en principio no tendrían por qué provocar roturas. Pero provocan el desarrollo de defectos del material, generalmente desde la superficie hacia el interior de la pieza. De forma teórica es posible estimar la cantidad de ciclos que puede resistir una pieza antes de su rotura por fatiga, en función del tipo de material y de la amplitud de la tensión cíclica, aunque el margen de error es grande. Determinados fenómenos como la corrosión o las dilataciones del material por temperatura afectan a los procesos de fatiga del material.

Los errores de diseño están normalmente detrás de un fallo en el material. El infradimensionamiento de piezas por error en cálculos, no considerar situaciones puntuales y transitorias en las que las piezas estarán sometidas a unas condiciones más exigentes que las de operación normal y la mala elección de materiales por razones económicas, desconocimiento de las condiciones de trabajo o de los productos existentes en el mercado para una determinada aplicación son las causas más habituales de fallo de piezas por fallo del material.

### 6.3.2. Error humano del personal de producción

Otra de las causas por las que una avería puede producirse es por un error del personal de producción. Este error a su vez, puede tener su origen en:

- Error de interpretación de un indicador durante la operación normal del equipo, que hace al operador o conductor de la instalación tomar una decisión equivocada
- Actuación incorrecta ante un fallo de la máquina. Por ejemplo, introducir agua en una caldera caliente en la que se ha perdido en nivel visual de agua; al no conocerse qué cantidad de agua hay en su interior, es posible que esté vacía y caliente, por lo que al introducir agua en ella se producirá la vaporización instantánea, con el consiguiente aumento de presión que puede provocar incluso la explosión de la caldera.
- Factores físicos del operador: este puede no encontrarse en perfectas condiciones para realizar su trabajo, por mareos, sueño, cansancio acumulado por jornada laboral extensa, enfermedad, etc.
- Factores psicológicos, como la desmotivación, los problemas externos al trabajo, etc., influyen enormemente en la proliferación de errores de operación
- Falta de instrucciones sistemáticas claras, como procedimientos, instrucciones técnicas, etc., o deficiente implantación de éstas
- Falta de formación

### 6.3.3. Errores del personal de mantenimiento

El personal de mantenimiento también comete errores que desembocan en una avería, una parada de producción, una disminución en el rendimiento de los equipos, etc. Una parte importante de las averías que se producen en una instalación está causado por el propio personal de mantenimiento. Entre los fallos más habituales provocados o agravados por el propio personal de mantenimiento están las siguientes:

- Observaciones erróneas de los parámetros inspeccionados. En ocasiones se dan por buenos valores alarmantes de determinados parámetros, que aconsejarían
- Realización de montajes y desmontajes sin observar las mejores prácticas del sector
- No respetar o no comprobar tolerancias de ajuste
- No respetar o no controlar pares de apriete
- La reutilización de materiales que deben desecharse. Es el caso, por ejemplo, de la reutilización de elementos de estanqueidad
- Por el uso de repuestos no adecuados: repuesto no original, que no cumple las especificaciones necesarias, repuesto que no ha sido comprobado antes de ser montado
- Por el uso de herramienta inadecuada. El caso más habitual es el empleo de llaves ajustables que provocan en muchos casos el redondeo de cabezas de tornillos

Como en el caso anterior, los errores del personal de mantenimiento también se ven afectados por factores físicos, psicológicos, por la falta de implantación de procedimientos y por la falta de formación.

*Consulta la programación de cursos  
otoño 2009 en:*

*[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)*

### 6.3.4. Condiciones externas anómalas

Cuando las condiciones externas son diferentes a las condiciones en que se ha diseñado el equipo o instalación pueden sobrevenir fallos favorecidos por esas condiciones anormales. Es el caso de equipos que funcionan en condiciones de temperatura, humedad ambiental o suciedad diferentes de aquellas para las que fueron diseñados. También es el caso de equipos que funcionan con determinados suministros (electricidad, agua de refrigeración, agua de alimentación, aire comprimido) que no cumplen unas especificaciones determinadas, especificaciones en las que se ha basado el fabricante a la hora de diseñar sus equipos.

En ocasiones, en una misma avería confluyen varias causas simultáneamente, lo que complica enormemente el estudio del problema y la aportación de soluciones. Es importante tener en cuenta esto, pues con determinar una única causa en muchas ocasiones no se consigue evitar el problema, y hasta que no se resuelven todas las causas que la provocan no se obtienen resultados significativos.

## 6.4. Medidas preventivas a adoptar en caso de fallo

Dependiendo de la causa que provoca el fallo, las medidas preventivas a adoptar pueden ser las que se indican a continuación.

### 6.4.1. Fallos en el material

Si se ha producido un fallo en el material, las soluciones a proponer son variadas. Entre ellas estarían:

- Si el fallo se ha producido por desgaste, habrá que estudiar formas de reducir el desgaste de la pieza, con una lubricación mayor, por ejemplo. Si no es posible reducir el desgaste, será necesario estudiar la vida útil de la pieza y cambiarla con antelación al fallo. Estas dos acciones corresponden a mantenimiento. También puede rediseñarse la pieza o una parte de la máquina para disminuir este desgaste, o utilizar materiales diferentes
- Si el fallo se produce por corrosión, la solución será aplicar capas protecto-

ras o dispositivos que la reducen (protecciones catódicas o anódicas). También, hacer lo posible para evitar los medios corrosivos (evitar la humedad, corregir el pH o las características redox del medio, etc.)

- Si el fallo se produce por fatiga, entre las soluciones a aportar estarán:
  - Reducir la energía y/o la frecuencia de las tensiones cíclicas a las que esté sometida la pieza
  - Cambiar el material, por otro con menor número de defectos (grietas, fisuras. Hay que recordar que la fatiga, en general, es el progreso de una grieta ya existente)
  - Pulir la superficie de la pieza, para evitarlas grietas y fisuras provocadas en el proceso de mecanización
  - Realizar tratamientos superficiales, como la nitruración o el granallado, que endurecen la capa superficial
  - Modificar el diseño de la pieza, de manera que se reduzcan los puntos de concentración de tensiones, suavizando curvas, evitando aristas, etc.
  
- Si el fallo se produce por dilatación, modificar la instalación de manera que se permita la libre dilatación y contracción del material por efecto térmico, bien modificando soportes, bien incorporando elementos que absorban las dilataciones y contracciones del material
  
- Si se determina que no es posible corregir las causas que provocan el fallo del material, lo correcto será cambiar el material, el diseño de la pieza o las características de la pieza que falla por otra que pueda funcionar correctamente en las condiciones reales de trabajo (tanto normales como esporádicas). Es posible que el cambio en una pieza lleve aparejados otros cambios (reforma para adaptar la nueva pieza, cambios en otros equipos, etc).

#### 6.4.2. Error humano del personal de producción

Para evitar fallos en el personal de producción, la primera solución preventiva que se debe adoptar es trabajar sólo con personal motivado. Eso quiere decir que la empresa debe hacer los esfuerzos necesarios para motivar al personal, y apartar de determinados puestos en los que la calidad del trabajo depende de la habilidad del operario a aquel personal desmotivado y de difícil reconducción.

La segunda solución a adoptar es la formación del personal. Cuando se detecta que determinados fallos se deben a una falta de conocimientos de determinado personal, debe organizarse una rápida acción formativa que acabe con este problema. La formación debe ser específica: un plan de formación basado en cursos de procesadores de texto para personal que trabaja en una máquina de rectificado no parece que acabe con problemas relacionados con averías repetitivas en este tipo de equipos.

En tercer lugar es posible introducir modificaciones en las máquinas que eviten los errores. Son los llamados *Poka-Yoke* o sistemas antierror. En general consisten en mecanismos sencillos que reducen a cero la posibilidad de cometer un error. Un ejemplo para evitar los errores de conexionado en máquinas es colocar conectores distintos y de una sola posición para cada grupo de cableado; de esta manera es físicamente imposible conectar de manera inadecuada, ya que los conectores son incompatibles entre sí.

#### 6.4.3. Error humano del personal de mantenimiento.

Para evitar fallos del personal de mantenimiento, en primer lugar (igual que en el caso anterior) el personal debe estar motivado y adecuadamente formado. Si no es así, deben tomarse las medidas que corresponda, que serán las mismas que en el caso anterior (la empresa debe hacer todos los esfuerzos necesarios para motivar al personal y si realizado todos los esfuerzos posibles la desmotivación del trabajador supone un riesgo para sí mismo, para otros o para las instalaciones el trabajador debe ser apartado de su responsabilidad).

La manera más eficaz de luchar contra los errores cometidos por el personal de mantenimiento es la utilización de procedimientos de trabajo. Los procedimientos contienen información detallada de cada una de las tareas necesarias para la realización de un trabajo. Contienen también todas las medidas y reglajes necesarios a realizar en el equipo. Por último, en estos procedimientos se detalla qué comprobaciones deben realizarse para asegurarse de que el trabajo ha quedado bien hecho.

Si se detecta en el análisis del fallo que éste ha sido debido a un error del personal de mantenimiento, la solución a adoptar será generalmente la redacción de un procedimiento en el que se detalle la forma idónea de realización de la tarea

que ha sido mal realizada, y que ha tenido como consecuencia el fallo que se estudia.

#### 6.4.4. Condiciones externas anómalas.

Si se determina que un fallo ha sido provocado por unas condiciones externas anómalas, la solución a adoptar será simple: corregir dichas condiciones externas, de manera que se adapten a los requerimientos del equipo.

En ocasiones esta solución es imposible. En estos casos, la solución a adoptar es minimizar los efectos nocivos de las condiciones que no se cumplen. Es el caso, por ejemplo, de turbinas de gas que operan en el desierto. Las condiciones de polvo ambiental superan con mucho las especificaciones que recomiendan los fabricantes de turbinas para el aire de admisión. En este caso, y ya que no es posible modificar las condiciones ambientales, es posible utilizar filtros más exigentes (filtros absolutos, por ejemplo) para este aire de admisión.

#### 6.4.5. El stock de repuestos

Si un fallo ha provocado que los resultados económicos de la empresa se hayan resentido, no sólo será necesario tomar medidas preventivas acordes con la importancia del fallo, sino minimizar los efectos de éste en caso de que vuelva a producirse. Así, una de las medidas que puede hacer que el impacto económico sea menor es reducir el tiempo de reparación, teniendo a disposición inmediata el material que pueda ser necesario para acometerla.

De hecho, al dimensionar un stock de repuestos de una u otra forma se tiene en cuenta lo que ya ha fallado o lo que tiene posibilidades de fallar. Los técnicos más experimentados normalmente recurren no a complejos análisis, sino a su memoria, para determinar todo aquello que desean tener en stock en su almacén de repuesto; y normalmente seleccionan todas aquellas piezas que en el pasado han necesitado.

Cuando se dimensiona el stock para hacer frente a averías pasadas o probables hay que tener en cuenta no sólo las piezas principales, sino también las accesorias. A menudo no se tienen en cuenta racores, juntas, tornillería, elementos de fijación y en general, los accesorios que suelen acompañar a la pieza principal. Sin estos elementos adicionales y de bajo coste resulta inútil contar con los principales, pues la reparación no se podrá completar.



## 6.5. El análisis metalográfico

Un caso muy especial de análisis de fallo lo constituye el análisis metalográfico de piezas que han fallado. El análisis metalográfico, que se realiza en laboratorios especializados, aporta información muy precisa sobre la forma de rotura de una pieza, la zona de inicio del problema, la evolución, y la composición del material que ha fallado.

Las técnicas más usuales son las siguientes, aunque hay otras técnicas que pueden emplearse:

- **Microscopia electrónica de barrido:** con esta técnica se llevan a cabo análisis microestructurales, estudios de superficies de fractura, microanálisis químico de EDS (*Electron Dispersive Spectroscopy*), y estudios de porosidad, entre otros.
- **Microscopia óptica:** con ayuda del microscopio óptico se realizan análisis microestructurales y estudios de metalografía cuantitativa: (determinación de tamaño de grano austenítico, cantidad de fases, clasificación de inclusiones y cantidad de porosidad).
- **Metalografía cuantitativa:** análisis metalográficos de determinación de tamaño de grano, cantidad de fases, inclusiones a través de metodologías como el intercepto lineal y conteo de puntos.

La conclusión más interesante que aporta el estudio metalográfico es la determinación de las causas que pueden haber provocado el fallo en materiales cerámicos y metálicos, siempre muy conceptuales, pues habitualmente el analista no conoce con detalle el equipo en que está instalada la pieza que ha fallado; y a partir de la determinación del origen del fallo, el analista puede realizar sugerencias sobre el material que podría utilizarse en la pieza que ha fallado para evitar su fallo en las condiciones de uso.

## 6.6. La contratación de asistencia para el análisis de averías

Cuando se produce un fallo que afecta de forma apreciable a la producción, a la calidad de los productos, a la seguridad de las personas o puede provocar un grave impacto ambiental, es conveniente, casi imprescindible, realizar un análisis

de averías. Si no se tienen los conocimientos, el personal o el tiempo necesario para realizar este análisis, puede recurrirse a una empresa especializada.

Lo habitual es que en primer lugar se recurra al personal de planta, si se confía en su criterio. En segundo lugar, la opinión y el análisis de la situación que puede hacer el fabricante del equipo pueden resultar de mucha ayuda, por el conocimiento que se supone que el fabricante tiene de sus equipos. Hay que tener en cuenta que en muchos casos realizará este análisis de forma gratuita, porque es el primer interesado en conocer cómo y cuando fallan sus equipos.

Si se tiene contratado el mantenimiento con una empresa externa y el contrato es de gran alcance, el propietario debe exigir a la empresa contratista no sólo la solución a los problemas que surgen, sino información detallada de los incidentes que ocurren. Muchas empresas contratistas 'escatiman' esta información al propietario, pensando que no es bueno que el cliente lo sepa todo. Sólo las empresas más serias son conscientes de que la ocultación de información y la no realización de análisis detallados de los principales incidentes ocurridos y/o la ocultación de los resultados de estos análisis merman la confianza del cliente y favorecen que se vuelvan a repetir una y otra vez los mismos fallos.

Por último, puede contarse con una empresa especializada este tipo de análisis, siempre considerando que debe ser imparcial y sin intereses en el esclarecimiento de las causas de una avería, y que debe tener los conocimientos adecuados para abordar las causas que han provocado el fallo.

## COLECCIÓN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Volumen 1: **Mantenimiento Preventivo Sistemático**

Volumen 4: **Mantenimiento Correctivo**

Volumen 2: **Paradas y grandes revisiones**

Volumen 5: **Mantenimiento Legal**

Volumen 3: **Mantenimiento Predictivo**

Volumen 6: **Ingeniería del Mantenimiento**

Solicite el ejemplar que desee en [info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

# RENOVETEC

## UNA APUESTA POR LA FORMACIÓN TÉCNICA ESPECIALIZADA

RENOVETEC es una empresa especializada en la formación técnica y especialmente orientada al mantenimiento industrial y a las plantas de

### ¿Qué tipos de cursos organiza e imparte RENOVETEC?

- Cursos técnicos, con un alto contenido práctico, impartido por profesionales que provienen de la empresa y que tienen relación directa con los equipos
- Cursos orientados a profundizar en el conocimiento de los equipos y sistemas implicados en la generación eléctrica mediante el uso de energías renovables
- Cursos técnicos sobre mantenimiento industrial
- Cursos con un coste razonable (inferior a 500 € para cursos de 16h de duración) pero de indudable calidad técnica

### ¿Que tipos de cursos NO impartimos?

- Cursos sobre gestión (hay excelentes cursos en el mercado sobre gestión. A nosotros nos interesa la técnica, los sistemas y los equipos)
- Cursos que tratan sobre el negocio y el mundo económico asociado a la técnica (creemos que es un tema suficientemente tratado. De hecho, hay áreas como la energía termosolar, en las que el 90% cursos que se imparten son de este tipo)
- Cursos eminentemente teóricos que abordan los equipos y sistemas únicamente desde su vertiente termodinámica (la universidad ya trata sobradamente este punto de vista, y hay excelentes libros en los que se puede encontrar la teoría asociada a la técnica)

**renovetec**

Formación en tecnología  
[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)

## CURSOS RENOVETEC IN COMPANY

- Curso de Operador de Calderas (obtención del carnet oficial)
- Curso general de plantas termosolares
- Curso del sistema HTF
- Curso del ciclo Agua-Vapor en centrales termoeléctricas
- Curso de mantenimiento de aerogeneradores
- Curso de Alta Tensión en plantas industriales
- Reglamento de Equipos de Presión (Nuevo REP)

Consulta nuestros cursos  
IN COMPANY en  
[www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)

Llámanos



91 126 37 66



[info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com)

# Cursos de formación

**CENTRALES ELÉCTRICAS,  
PLANTAS DE COGENERACIÓN,  
ENERGÍAS RENOVABLES  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



CURSOS DISEÑADOS Y DIRIGIDOS  
POR EXPERTOS EN DISEÑO,  
CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE  
INSTALACIONES ENERGÉTICAS

100% PRÁCTICOS, 100% TÉCNICOS.  
ANÁLISIS DE ABUNDANTE INFORMACIÓN  
GRÁFICA Y SITUACIONES  
REALES.

## Programación de cursos SEPTIEMBRE 09:

Madrid, 21-22 de Septiembre:  
**CURSO DE TURBINAS DE VAPOR**

Madrid, 23-24 de Septiembre:  
**CURSO DE MOTORES DE GAS EN PLANTAS DE  
COGENERACIÓN**

Sevilla, 28-29-30 Septiembre:  
**CURSO DE CENTRALES TERMOSOLARES**  
(Organiza el Colegio de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental)

Madrid, 28-29 de Septiembre:  
**MANTENIMIENTO AVANZADO DE SISTEMAS DE  
CLIMATIZACIÓN EN GRANDES EDIFICIOS**