

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MINAS

## Capítulo 1: Introducción al Mantenimiento

**Emilio Andrea Calvo**

Ingeniero industrial

Profesor Asociado

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

**Carlos Sierra Fernández**

Ingeniero de minas

Profesor Ayudante Doctor

Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

### CONTENIDO

<b>1</b>	<b>Conceptos de “fallo” y “mantenimiento”</b>	<b>4</b>
1.1	Brevísima historia del mantenimiento	6
1.2	Actividades ligadas al mantenimiento	7
1.3	Objetivos del mantenimiento	8
1.3.1	Métodos de gestión del mantenimiento	9
1.3.2	Otras clasificaciones	12
1.4	Costes del mantenimiento	19

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO

*“El momento de reparar el tejado es cuando brilla el sol”*

-John F. Kennedy

**Carlos Sierra Fernández**

**Emilio Andrea Calvo**

### 1 CONCEPTOS DE “FALLO” Y “MANTENIMIENTO”

El uso tiende claramente a alterar el normal funcionamiento de las cosas, particularmente cuando los equipos han alcanzado un cierto tiempo en servicio. En estos momentos la velocidad a que se incrementa el número de desperfectos suele ser cada vez mayor. Retrasar la entrada de esta fase acelerada de degradación es, en primera instancia, el mantenimiento. Por lo tanto, para el concepto de mantenimiento la variable fundamental es el tiempo. Así, los sucesos, fallos, averías, actuaciones, etc., se suceden en una secuencia temporal y el estudio de ésta es la clave de la actuación del servicio de mantenimiento.

Atendiendo a las particularidades anteriores, se puede definir el mantenimiento como: **el conjunto de actividades destinadas a mantener o restablecer un bien a un estado o unas condiciones dadas para su seguridad y buen uso.** Las actividades pueden ser técnicas (actuación en los equipos), de administración (contabilidad, control) y gestión (toma de decisiones).

El concepto de mantenimiento va, tanto o más que al de tiempo, muy íntimamente ligado al de fallo. De este modo, el MIL-STD-721 (1991) lo define como: *“The event, or inoperable state, in which any item or part of an item does not, or would not, perform as previously specified”*. Con lo que a nuestros efectos podemos definir, **fallo de un equipo, máquina o instalación<sup>1</sup> a la situación en que estos dejan de prestar, en las condiciones establecidas, aquella función o servicio para la que están previstos (diseñados) o que se espera de ellos.**

Cuando se da el primer supuesto, la máquina deja de prestar el servicio, es inmediato pensar en la necesidad de un sistema de restablecimiento del servicio y por lo tanto en la necesidad de un trabajo de mantenimiento. Cuando la máquina no da adecuadamente el

---

<sup>1</sup> A lo largo del texto emplearemos los términos “máquina” y “equipo” indistintamente para referimos a un equipo, instalación, o conjunto de instalaciones cuando hagamos exposiciones genéricas de los conceptos de mantenimiento.

servicio pero sigue funcionando, con o sin problemas de seguridad, estamos ante un escenario donde es necesario definir qué se considera un servicio de calidad, disponer de medios y técnicas para evaluar este servicio y en definitiva decidir cuándo hay que intervenir en el equipo para restablecer su normal funcionamiento.

El concepto de “normal funcionamiento” se establece en función de parámetros de calidad si se refiere a un elemento producido o bien; o de operación, si no se afecta al bien pero pueden verse afectadas otras variables como pueden ser la seguridad en el trabajo. En este segundo supuesto el control y la decisión ya no son tan evidentes y el servicio de mantenimiento suele precisar de sistemas de control de calidad y procedimientos de ayuda a la decisión por medio de técnicas predictivas. De hecho, los sistemas de control de la calidad del bien producido y los sistemas de control para identificar el punto donde se debe intervenir en el equipo comparten técnicas de cálculo y estimación, siendo lo más adecuado la coordinación entre ellos fijando líneas de operación conjuntas.

Dentro del concepto de fallo es preciso distinguir entre aquellos que producen distorsión en el sistema de fabricación y aquellos que permiten que su reparación sea programada fuera de los tiempos de producción y que por lo tanto no interfieren en la misma. Dentro de un estudio de fallos, programación de reparaciones de equipos, y estudio de colas (esperas), estos fallos pueden quedar fuera del sistema y contemplarse por otros medios.

Olofsson (2016) examina en su web esta temática a través de los fallos de una UPS (Inglés: Uninterruptible Power Supply). Una adaptación de sus conclusiones se recoge en el ejemplo 1.1.

**Ejemplo 1.1 Elabore un listado con las funciones principales que desarrolla una UPS (Uninterruptible Power Supply) cuando la energía principal está disponible y cuando ésta se interrumpe.**

Una fuente de alimentación UPS puede tener cinco funciones bajo dos condiciones de operación distintas:

- a) Cuando la energía principal está disponible:
  1. Permitir que la energía fluya desde la fuente principal a la máquina que está siendo protegida.
  2. Acondicionar la energía limitando los picos de energía o bajadas de tensión.

3. Almacenar energía en una batería, hasta la carga total de la batería
  4. Indicador de batería cargada y correcta (dispuesta).
- b) Cuando la energía principal se interrumpe:
5. Proveer energía continua a la máquina que está siendo protegida.
  6. Emitir una señal para indicar que la energía principal está parada.

El aparato incumple su función principal (5) si no permite el paso de la corriente hacia la máquina que está protegiendo. Los fallos debidos a las funciones 2, 3 ó 6, tal vez no sean tan obvios, porque la máquina “protegida” todavía está funcionando bien sea por la energía principal o por la batería. Incluso si son detectados, estos fallos puede que no provoquen medidas correctivas inmediatamente, porque la máquina “protegida” sigue operando y puede que resulte de mayor importancia conservarla en funcionamiento que reparar o sustituir la UPS.

El fallo del indicador (4) no altera el funcionamiento pero produce una incertidumbre de la disposición del equipo y dado que el objetivo básico de una UPS es proveer de seguridad de suministro, durante un tiempo, en el supuesto de fallo de la alimentación principal, este fallo (4) produce incertidumbre e interfiere en el principio de seguridad que debe transmitir la unidad y por este razón es, puede ser, causa de interferencia en el servicio al que da soporte<sup>2</sup>. Es por ello que o bien se garantiza por otros medios su idoneidad o directamente se lo sustituye.

### 1.1 BREVÍSIMA HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

La reparación de los equipos ha sido una necesidad desde que se utilizan herramientas y maquinaria. Sin embargo, es a partir de la Revolución Industrial (1760-1840) que ésta toma conciencia de tecnología y se desarrollan conceptos de aplicación técnica que mejoran la disponibilidad de las máquinas. Así, desde la Revolución Industrial hasta 1930-

<sup>2</sup> Como ejemplo se puede citar: Operaciones en quirófano con exigencia de garantía de alimentación, no interrupción de los equipos de soporte vital durante el tiempo estimado. Ordenadores que necesitan un tiempo para el apagado correcto ante una incidencia de la alimentación, sin pérdida de información.

1945 la costumbre era actuar ante el fallo; es decir, se avería la máquina y entonces se repara. Esto hoy es una limitación en su disponibilidad que no es competitiva.

A partir de la década de los 60, la industria, con fuertes inversiones y procesos productivos cuya parada supone la pérdida de muchas horas de trabajo, introduce **técnicas de previsión (preventivas)** para alargar al máximo los tiempos entre fallos. Un ejemplo fue la industria espacial de la época, la cual ya poseía un alto grado de sofisticación comparativamente hablando y cuyos procesos eran muy costosos. En ella, un fallo, por ejemplo la explosión de un cohete, causaba no solo importantísimas pérdidas económicas, sino de vidas humanas. La implantación de este tipo de protocolos supuso un avance muy significativo para la misma.

A partir de 1980 surge el **mantenimiento predictivo**, que intenta adelantarse a la aparición del fallo mediante técnicas de estimación razonada de la aparición de un posible defecto. Con origen en la industria electrónica, es de aplicación generalizada en equipos importantes. Este sistema se ha aplicado con éxito en la mayor parte de los sistemas responsables del funcionamiento de las minas como los eléctricos y mecánicos.

## 1.2 ACTIVIDADES LIGADAS AL MANTENIMIENTO

Como ya se ha dicho, el mantenimiento, es una rama de la tecnología que pretende rectificar o corregir un fallo o restablecer condiciones de operación normalizadas. Sin embargo, en su denominación moderna se amplía el concepto dando una idea de relevancia según el entorno o la importancia que este servicio tiene dentro de los procesos de producción.

Así, las actividades ligadas a un servicio de mantenimiento se pueden dividir en:

- **Técnicas / Operativas:** Se actúa sobre el equipo en alguna forma.
- **Administrativas / de control:** Se diseñan programas o sistemas de control y seguimiento, control de la calidad de las piezas y suministros, duración de recambios, tiempos de deterioro, etc.

- **De gestión:** Evaluación de costes, informes, planificaciones, alcance del preventivo, control de actuaciones, toma de decisiones, etc.

En general todas las empresas realizan las actividades anteriores, aunque en empresas pequeñas estas tareas pueden estar asignadas a una única persona. En tal caso, puede existir una normativa de actuación protocolizada aunque muchas veces queda a su criterio particular.

Por otra parte indicar que mantenimiento y seguridad van íntimamente ligados, y los aspectos de seguridad en relación con las personas suelen estar normalizados, protocolizados o sometidos a obligaciones y restricciones de tipo legal que son de obligado cumplimiento para el servicio de mantenimiento.

### 1.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Entre los objetivos asignados al servicio de mantenimiento se pueden citar:

- Evitar, reducir y reparar fallos de los bienes.
- Si un fallo no se puede evitar, disminuir sus efectos negativos.
- Hacer que las máquinas no fallen de forma incontrolada (prevenir los fallos permite programar la parada de reparación).
- Incrementar la seguridad.
- Conservar los bienes en condiciones seguras y productivas.
- Reducir el estrés de los operarios en las líneas de producción.
- Reducir costes. En este sentido puede indicarse que el mantenimiento es de forma general un servicio rentable, entendiéndose por ello que sus costes son inferiores a las pérdidas posibles por la no actuación.
- Optimizar la utilización de los recursos.
- Disminuir las pérdidas de producción (lucro cesante por la “no producción”).



- Alargar la vida<sup>3</sup> de los equipos.
- Incrementar la calidad del producto y la satisfacción del cliente.
- Minimizar la utilización de energía.

### 1.3.1 MÉTODOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las técnicas de mantenimiento más usuales se pueden encuadrar conceptualmente bajo los tres epígrafes siguientes:

**A) Mantenimiento correctivo:** Se repara cuando se identifica la avería. Este puede ser **de actuación inmediata**, si se realiza de forma inmediata al producirse una avería con los medios disponibles; o **diferido**, si se efectúa un paro de las instalaciones y se afronta su reparación de forma programada y con los medios más adecuados.

En muchas ocasiones la función de mantenimiento es considerada como “*pasiva pero inevitable*”, orientada a la resolución de conflictos que generan incidencias a corto plazo en el plan de producción. El que las cosas se “*deterioreen sorpresivamente*” se venía admitiendo como un principio hasta fechas bastante recientes. La manera de actuar de aquellos que operan bajo este tipo de mantenimiento es más bien de tipo técnico-práctico, con poca visión del origen y razón de las incidencias y por tanto con escasas posibilidades de atacar eficazmente la raíz de los problemas. Dicho de otro modo, con este tipo de mantenimiento la posibilidad de realizar una labor preventiva, planificada y estructurada es casi nula.

Dentro de este sistema de mantenimiento correctivo suelen distinguirse dos variantes:

- **Mantenimiento correctivo inmediato:** Se realiza, inmediatamente, al percibir la avería o el defecto, con los medios disponibles destinados a ese fin.

---

<sup>3</sup> En lo que respecta al mantenimiento, se considera “vida del equipo” al lapso de tiempo que transcurre desde la puesta en operación, hasta aquel momento en el que los costes de mantener el funcionamiento superan a los de su sustitución.

- **Mantenimiento correctivo diferido:** Al tener lugar la avería o defecto, se produce una parada de la instalación o equipo, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

La visión que se tiene al reparar una avería o incidencia en el proceso ofrece información de primera mano de las causas posibles y este conocimiento permite prevenir que vuelva a suceder, siempre que se pongan los medios para ello. Esto da lugar a otros dos tipos de mantenimiento:

**B) Mantenimiento preventivo:** Revisa y repara incluso antes de producirse la avería. Siempre es menos gravosa una parada programada que una parada aleatoria, que se puede producir en cualquier momento no previsto y que puede incluso causar un accidente que supere el daño de la parada en sí misma. Dentro de este concepto se suelen englobar los siguientes tipos de mantenimiento:

- **Programado o sistemático:** Se realiza siguiendo un programa establecido en el tiempo. Programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, distancia recorrida, unidades de uso, etc.
- **De oportunidad:** Aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar operaciones de mantenimiento, revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.
- **Condicional:** Actuación subordinada a algún tipo de incidencia o acontecimiento predeterminado (medida de alguna variable, gráficos continuos de calidad, oportunidad por incidencia en otro servicio relacionado, etc.)

**C) Mantenimiento predictivo:** Inicialmente considerado una rama dentro del preventivo, tiene entidad propia actualmente. Aplica técnicas para evitar averías y minimizar los tiempos muertos ocasionados por éstas en las cadenas de producción. Las intervenciones del predictivo se realizan cuando un determinado sistema de seguimiento del equipo da una indicación de actuación (calentamiento, vibraciones, fallos de producción, disminución de la calidad, etc.). Normalmente los sistemas predictivos dan una salida numérica en función de las variables de entrada, o bien aportan un rango o ventana de actuación dentro del cual se debe efectuar la actividad correspondiente de mantenimiento.

Los conceptos anteriores, referentes a los tipos de mantenimiento, se ilustran por medio de la figura 1.1. En ella, la unidad de tiempo pueden ser horas, semanas, meses, etc., en general el periodo de tiempo que interese para la programación de los trabajos, y los parámetros de control pueden estar relacionados a una variable ligada con el proceso: temperatura, amplitud de vibración, número de averías, etc; o previstos a tramos (periodos) regulares según interese al proceso industrial.

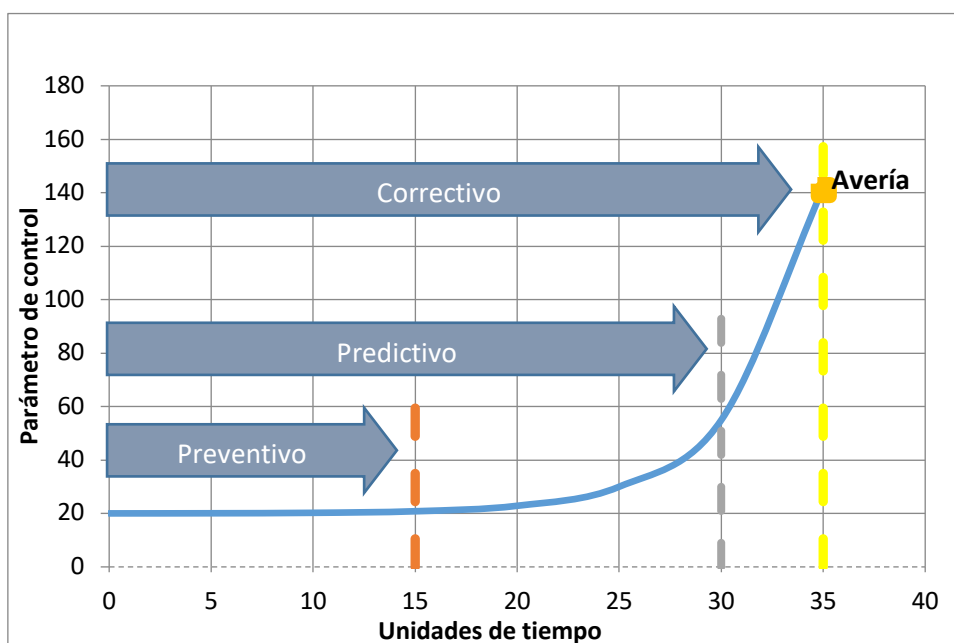


Figura 1.1 Clasificación fundamental de los tipos de mantenimiento.

A medida que los sistemas de mantenimiento crecen en dotación y complejidad ya no se cuestiona la necesidad de un sistema de Gestión del Mantenimiento por Ordenador (GMO) el cual será el encargado de implementar técnicas informáticas de control, seguimiento, calidad y estudio de costes. Este tipo de sistema, bien desarrollado por la propia empresa, o comercialmente suministrado (ejemplo: PRISMA), resulta actualmente imprescindible para controlar tiempos de reparación, control de órdenes de trabajo y frecuencias de averías. El alcance de la información recogida facilita la programación de actividades, mejora el conocimiento de la empresa y permite ajustar las funciones de probabilidad de fallos de forma específica al funcionamiento y condiciones particulares de la empresa.

### 1.3.2 OTRAS CLASIFICACIONES

La clasificación ofrecida anteriormente de los tipos de mantenimiento es la más común, sin embargo, también existen otras divisiones que hacen frecuente encontrarse con los conceptos siguientes:

**D) Mantenimiento óptimo:** La complejidad de las industrias actuales hace que sea deseable la combinación de varios de tipos de mantenimiento dentro de una misma industria, al objeto de obtener el máximo rendimiento. Con esta combinación se trata de optimizar el bien, teniendo presente la economía global de la fábrica. En esencia, este tipo de mantenimiento asume que soportar un número de defectos o fallos en producción puede ser más interesante que parar ante la aparición de uno de ellos. Es por ello que admite un cierto número de fallos en beneficio de la máxima utilidad del sistema.

Todo ello exige estudios muy elaborados de coste de producción, coste de mantenimiento y calidad del producto, así como de sofisticadas técnicas de control, incluyendo sistemas de seguimiento informático con capacidad de aprendizaje y decisión cuando la entidad del equipo controlado así lo justifica. El mantenimiento de acuerdo a esta metodología, en su definición y alcance, se debe adaptar al tipo de empresa, tamaño, importancia de una parada no prevista y alternativas posibles. De este modo se entiende que no es igual el diseño para enfrentarse a un fallo de tensión en un taller familiar, el cual se supe con horas extras o aumentando jornada; que para una industria de acero con 3.000 operarios a tres o cinco turnos, que paran normalmente una vez al año para grandes reparaciones o modificaciones.

**E) Mantenimiento legal:** Constituyen una serie de operaciones, revisiones y en general actuaciones que se deben realizar por indicación de alguna norma o legislación. Es una rama del mantenimiento que tiene un coste no despreciable en las estructuras actuales de las empresas y que exige conocimientos técnicos de cierto nivel. En general está dirigido a asegurar un determinado funcionamiento y mejorar la seguridad de las instalaciones o lo que de ellas depende.

A modo de ejemplo se pueden citar la revisiones programadas de los ascensores (aumentar la seguridad de uso), revisiones de los sistemas de alta tensión (asegurar el suministro de energía eléctrica), revisión de extintores (tener dispuestos los elementos para cuando sean precisos), revisión periódica obligatoria de los cables en las jaulas de minería (incluido examen real de tracción), etc.

No se debe confundir el mantenimiento legal (operaciones, revisiones o actuaciones indicadas en norma o ley), con las propuestas de mantenimiento indicadas en los manuales de los fabricantes; pues si bien estas últimas tienen el objeto de asegurar y garantizar el uso de los equipos suministrados por el mismo del mejor modo, presentan una componente empresarial y por tanto no obligatoria. Así, salvo que una norma indique su obligatoriedad de forma expresa, las indicaciones del fabricante son recomendaciones de mantenimiento. En cualquier caso ha de tenerse en cuenta que éste atesora larga experiencia en el funcionamiento de sus equipos y, en principio, mantener una imagen de calidad le reporta beneficios, por lo que siempre han de ser tenidas en cuenta.

En lo referente a garantías de uso y funcionamiento, la realización de determinados controles y mantenimiento pueden estar incluidos en la operación de compra y suministro. Si éstas no se realizan, se pierde (o puede perder) la obligación de garantía en lo referente al suministrador.

Se incluye a continuación una relación no exhaustiva de operaciones de mantenimiento y revisiones obligatorias según el tipo de instalación (tabla 1.1). Estas operaciones de mantenimiento son obligatorias dentro del marco regulatorio español y muy útiles como información técnica para la homologación en relación con las Normas ISO o similares, como puede ser la normativa sometida a procedimiento de homologación (marcado CE).

La legislación que aquí se presenta puede cambiar con el tiempo, pero la experiencia indica que instalaciones sometidas a control a partir de un momento dado por obligaciones de tipo legal, mantienen la necesidad de control en actualizaciones sucesivas de las leyes, aunque con requerimientos ligeramente diferentes, normalmente adaptados a situaciones o experiencias que aconsejan su actualización.

Tabla 1.1 Principales normativas en materia de mantenimiento en la legislación española.

Suministro	Ejemplo de Instalación	Reglamento	Periodo de revisión
Alta tensión	Centro de transformación (Trafos)	Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RCE). RD 3275/1982 y modificaciones introducidas por la Orden de 10 de marzo del 2000.	Cada 3 años Líneas de AT: cada 3 o 5 años si son de interior y 10 años si son de exterior
	Anillo de Conexión de AT		
Baja tensión	Cuadro General de BT	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). RD 842/2002 de 2 de agosto	Cada 5 años
	Cuadros distribución		
	Cuadro General Nave		
Laboratorios/Oficinas	Laboratorio central	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). RD 842/2002 de 2 de agosto	Cada 5 años
	Naves con usos especiales		
	Oficinas		
Ascensores / Grúas de obra	Ascensores generales de pública concurrencia o edificios industriales	RAEM. Reglamento de aparatos elevadores y Manutención. RD 2291/1985 de 8 de Noviembre	Cada 2 años
	Otros montacargas	Grúas de obra, cada montaje y cada 2 años cuando el trabajo fijo supere este tiempo	
Tanques de gasóleo	Tanques gasóleo	Reglamento de Instalaciones Petrolíferas (RIPE). RD 1523/1999 e ITC MI Ip 03 RD 1427/1997	Cada 10 años
	Tanque gasóleo grupo		

Suministro	Ejemplo de Instalación	Reglamento	Periodo de revisión
	electrógeno		
Alumbrado	Alumbrado exterior	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). RD 842/2002 de 2 de agosto.	Cada 5 años
Pararrayos	Edificio	UNE 21.186	Anual
Equipos e instalaciones a presión	Equipos e instalaciones a presión	Reglamento de equipos a Presión RD 2060/2008	Cada 5 ó 10 años
	Calderas		
	Instalaciones /redes aire comprimido		
	Tuberías de fluidos a presión		
	Intercambiadores,		
Deposito aire comprimido / Hidroneumáticos			
Gas	Cocinas Redes de gases	Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos RD 919/2006	Cada 5 años
Protección contra incendios	Extintores portátiles como aparatos a presión	Reglamento de equipos a Presión RD 2060/2008	Revisión: Anual
	Instalaciones de Protección Contra Incendio	Reglamento de instalaciones de Protección contra incendios	Retimbrado: cada 5 años

Suministro	Ejemplo de Instalación	Reglamento	Periodo de revisión
		Real decreto 1942/1993	
Auditoria energética	Obligatorio para empresas con la consideración de "Grandes empresas"	RD 56/2016 de 14 de febrero Las auditorías deben registrarse en el Ministerio de Industria	Cada 4 años (Realización: Empresas de auditores energéticos o personal interno cualificado <sup>4</sup> )
Minería	Máquinas móviles o semimóviles (Palas cargadoras y volquetes rígidos y articulados)	ITCs del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (RGNBSM) <sup>5</sup> (ITC 02.2.01)	<6 años de antigüedad: Cada 3 años.  6-10 años: Cada dos años.  > 10 años de antigüedad: cada año.
	Para ambos equipos, palas cargadoras y volquetes, si no acreditan su antigüedad se deben revisar anualmente (cada año)		

Determinadas operaciones deben ser realizadas por Organismos de Control Autorizados (OCAs), que son empresas o entidades reconocidas legalmente para realizar inspecciones conforme a ley, por lo que la labor del servicio de mantenimiento se limita a su contratación. De manera similar a lo que sucede con las empresas especializadas en medidas, controles de calidad y medidas especiales, al terminar los trabajos con empresas de tipo OCA, se emiten informes oficiales a conservar ante una eventual demanda o para entregar copia a la Administración según indicación normativa.

Como ejemplo se puede citar la revisión de ascensores que debe ser realizada por empresas de mantenimiento reconocidas para este servicio por la Comunidad Autónoma<sup>6</sup>,

<sup>4</sup> Graduados o Máster universitario con los conocimientos específicos adecuados.

<sup>5</sup> Estas revisiones, conforme al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (RGNBSM) y normativa posterior que lo desarrolla, deben ser realizadas por una Entidad Colaboradora de la Administración (ECA) en temas de minería, reconocida (acreditada) por la Empresa Nacional de Acreditación (ENAC) y autorizada por la Dirección General de Minas para operar en todo el territorio nacional.



pero no puede realizarse por la propia empresa dueña (usuaria) de los equipos. Por ejemplo, los ascensores de un hotel no los puede revisar el personal de mantenimiento del propio hotel, debe ser una empresa externa contratada y oficialmente reconocida.

En todos los oficios o profesiones hay operaciones que puede realizar un operario solo, y otras que por indicación técnica o legal deben realizarlas al menos dos personas. Este es el caso de:

- a) Ciertas reparaciones eléctricas, frente la eventualidad de que un operario pueda electrocutarse.
- b) Labores como la limpieza o reparación de tejados, ante la posibilidad de que uno de los trabajadores se caiga o sufra un percance.
- c) Desatascado de arquetas, sobre todo si éstas tienen cierta profundidad (normalmente más de un metro), para evitar los riesgos derivados de una eventual presencia de gases nocivos.
- d) Trabajos en altura (normalmente por encima de los dos metros) habida cuenta de la posibilidad de caídas.
- e) Sofocado de pequeños incendios como una papelera, ante la reducida visibilidad y el riesgo de asfixia.

En todos los casos que se comentan, la persona que debe reparar o actuar es el del oficio correspondiente: eléctrico, albañil, etc.; pero la persona de apoyo o ayuda puede ser normalmente de cualquier oficio o incluso un mando que solo realiza actividades de oficina.

En el caso particular de la minería, por ejemplo cuando falla un barreno, debe corregir el fallo (normalmente las conexiones), la misma persona que hizo la instalación. Sin embargo, se exige que esté en las proximidades el responsable de la voladura.

Por todo lo anterior, en la definición de los equipos para cubrir los turnos de trabajo es necesario considerar las indicaciones o normativa referente a seguridad en el trabajo y

---

<sup>6</sup> Entre las empresas oficialmente reconocidas para hacer la revisión puede estar la empresa fabricante del equipo, pero no es obligado ni necesario, que sea ésta quien realice la revisión.

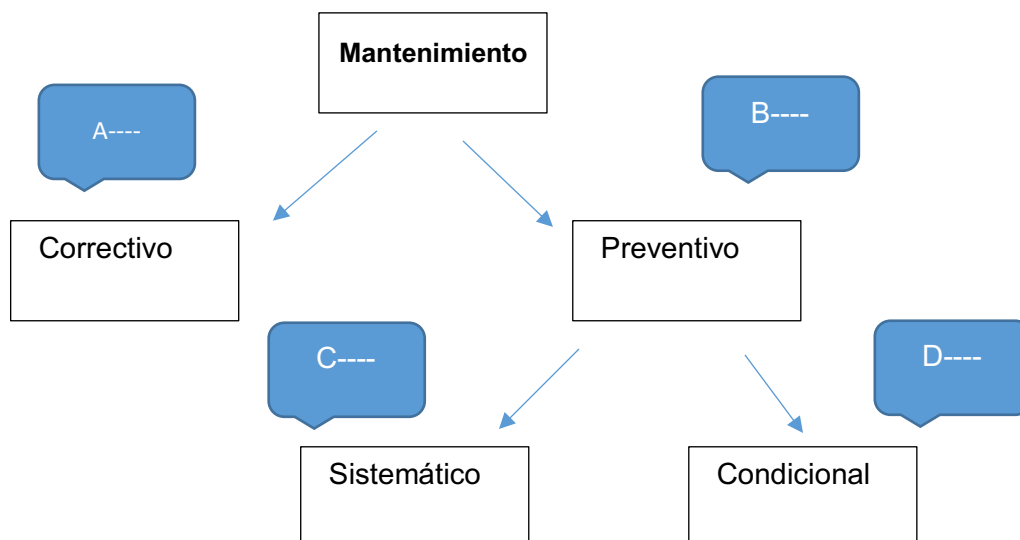
especialmente ante incidencias que requieren actuación inmediata. Así cuando se tienen determinadas instalaciones, por ejemplo, centros de alta tensión, depósitos de almacenamiento de gases, actuaciones en sistemas de alcantarillado con pozos o alcantarillas profundas o galerías de mina, los equipos de actuación no pueden ser, por seguridad, unipersonales. Esta consideración puede obligar a disponer más de una persona en un turno determinado cuando por programación de trabajo (averías o actuaciones esperadas en el turno) no sería necesario.

**F) Mantenimiento de actualización:** Su objetivo principal es compensar la obsolescencia tecnológica de los equipos adaptándolos a las nuevas exigencias del mercado o bien instalando equipos más seguros o de mayor producción horaria que los sustituyan. Las reformas suelen ser de alcance limitado, de modo que solo cubran adaptaciones necesarias que en el momento de construcción no fueron tenidas en cuenta. Un ejemplo podría ser una lámpara en la que se ha sustituido la bombilla de incandescencia por un LED (Light-Emitting Diode).

Son normalmente, reformas realizadas con los medios personales de la empresa y que suelen recaer en el personal de mantenimiento, el cual está más especializado en actuar sobre los equipos que el personal de producción. Estas actualizaciones, cuando representan modificaciones de importancia o instalación de nuevos equipos, se realizan con personal especializado del fabricante.

Para finalizar esta sección indicar que son muchas, como se ha visto, las clasificaciones que pueden hacerse de los tipos de mantenimiento. Para ahondar en esta idea el lector puede resolver el ejemplo 1.2 que tiene presente las particularidades legislativas de la normativa AFNOR de la República Francesa.

**Ejemplo 1.2 Los tipos de mantenimiento pueden ser clasificados de formas muy diversas. El mapa conceptual de la figura corresponde a la normativa AFNOR (NFX 60-010) que varía ligeramente en su clasificación respecto de los conceptos estudiados. Investigue sobre ella y complete las definiciones de cada tipo de mantenimiento de acuerdo a la misma.**



## 1.4 COSTES DEL MANTENIMIENTO

Es importante resaltar que en una economía como la española, que supera los 1.081.190 millones de euros (año 2015), y en la cual los sectores de la industria y la energía representan conjuntamente aproximadamente el 17% del PIB (INE, 2017), los costes de mantenimiento suponen cantidades anuales nada despreciables.

El coste de mantenimiento está relacionado de forma muy importante con el tipo de empresa; evolucionando con la dimensión de la misma, su estructura de fabricación, equipamiento y su nivel de especialización y tecnificación.

En términos generales se ha estimado que los costes de mantenimiento pueden llegar a suponer, en las industrias actuales, entorno al 15-60% del coste del bien producido<sup>7</sup> dependiendo ampliamente del tipo de industria, yendo de los valores más bajos para industrias como la alimentaria, a valores más altos en industrias pesadas como las metalúrgicas (Mobley, 2002).

A modo de referencia para minería tómesese que en la actualidad los costes de mantenimiento pueden ser de entre el 20-50% de los costes de producción (Parida y

<sup>7</sup> Téngase presente que en esta partida se puede incluir: mano de obra, materiales para la reparación, seguros, suministros eléctricos generales, consumo de gases y otros suministros de tipo general.

Kumar, 2009). Por otra parte los gastos del mantenimiento dependen mucho del grado de compromiso que se va a tener con el mantenimiento predictivo. Así, si se opta una política de “apagar incendios” a medida que estos ocurran los gastos van a ser mucho menores, pero seguro que los costes totales del proceso se incrementan.

Por otra parte, valores menores al límite inferior significan que se enmascaran costes en otras partidas, normalmente debidos a una contabilidad no adecuada. Análogamente, valores mayores del límite superior pueden indicar que se realizan funciones por parte del servicio de mantenimiento que deben estar formalmente encuadradas bajo otros epígrafes de servicios en la empresa (control de calidad, control de producción, implantación de mejoras, etc.).

A continuación se dan algunas referencias (omitiendo el nombre de la compañía) correspondientes al número de personas precisas para llevar a cabo la actividad de mantenimiento. Las referencias aportadas corresponden a servicios básicamente propios de la compañía, considerando que bajo este concepto de servicios propios siempre existe un cierto grado de contratación externa en, al menos, la alta tecnología o el equipamiento muy especializado.

Referencia 1 (Microempresa). El mantenimiento se gestiona por el responsable de producción (dueño o responsable único usualmente). No existe plantilla dedicada en el sentido formal colaborando todos los del taller en esta labor según capacidades.

Referencia 2 (Empresa grande de fabricación de bienes de equipos). Plantilla 500 personas, tres turnos, mantenimiento 23 personas, ratio:  $23/500=0,045$ .

Referencia 3 (Empresa media/grande de servicios). Plantilla 1.100 personas, tres turnos más sábados y domingos, mantenimiento 27 personas, ratio:  $27/1100=0,025$ .

Referencia 4 (Empresas grande de servicios). Plantilla 5.000 personas, tres turnos más sábados y domingos, mantenimiento 140 personas, ratio:  $140/5.000=0,028$ .

Dos empresas básicamente iguales, en entornos diferentes y con plantillas de diferente formación, tienen disímiles necesidades de mantenimiento y tasas de fallos.

## REFERENCIAS

- INE (2017). España en cifras. Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- MIL-HDBK-338 (1988). Electronic reliability design handbook. US Department of defense.
- Mobley, R. K. (2002). An introduction to predictive maintenance. Butterworth-Heinemann.
- Olofsson, By Oskar. "MTBF and MTTR Calculator." World Class Manufacturing. N.p., n.d. Web. 31 Oct. 2016.
- Parida, A., & Kumar, U. (2009). Maintenance productivity and performance measurement. Handbook of maintenance management and engineering, 1, 17-41.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dodson, B. (1994). Determining the optimum schedule for preventive maintenance. Quality Engineering, 6(4), 667-679.
- Dhillon, B. S. (1999). Design reliability: fundamentals and applications. CRC press.
- Dhillon, B. S. (2002). Engineering maintenance: a modern approach. CRC press.
- Fernández, F. J. G. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. FC editorial.
- Jardine, A. K., & Tsang, A. H. (2013). Maintenance, replacement, and reliability: theory and applications. CRC press.
- Kelly, A. (1998). Gestión del mantenimiento industrial. Fundación REPSOL, Madrid.
- Monchy, F. (1990). Teoría y práctica del mantenimiento industrial. Masson.
- Sacristán, F. R. (2001). Manual del mantenimiento integral en la empresa. FC Editorial.