

Mantenimiento orientado a la fiabilidad en grandes edificios



José P. Rayo Peinado
Director Área de Fiabilidad
Preditec-IRM

INTRODUCCIÓN

La complejidad de instalaciones en grandes edificios hace que su mantenimiento sea tan complejo, si no más, que el de algunas plantas industriales de producción.

Esta realidad hace interesante la implantación de estrategias de última generación (como el RCM) y la utilización de las técnicas predictivas asociadas a dicha estrategia.

UN CASO HISTÓRICO

Al hablar de edificios culturales, recuerdo un caso vivido en la Cueva de Altamira que como sabemos ha sido denominada como la “*Capilla Sixtina del arte cuaternario*”.

Al final de la década de los setenta se observó que los dibujos que se pueden ver sobre todo en los techos de las cuevas, y representan bisontes, ciervos, jabalíes, caballos y que se remontan a unos 14.000 años, empezaron a desaparecer y alguno de ellos, como el de *la gran cierva*, prácticamente no eran visibles. La roca caliza empezó a descascarillarse y existía el peligro de que finalmente las pinturas desaparecieran para siempre (figura1).



Fig. 1.

La Universidad de Santander, inició un estudio para determinar la causa raíz de este problema. Para ello se utilizaron técnicas de medición y registro continuo de la humedad relativa en el aire interior de la cueva así como de la temperatura tanto ambiental como en la superficie de las paredes utilizando, sobre todo para esta última, sistemas de medición por infrarrojos y sin contacto.

El registro de estos parámetros de una forma continua demostró que, debido al incontrolado número de personas que durante años visitaban la cueva y a que ésta se dotó de una puerta que cerraba el acceso a la misma fuera de las horas de visita, la temperatura de la cueva que durante milenios se había mantenido constante en valores de alrededor de 15° había aumentado considerablemente y la humedad relativa que siempre fue de más del 85% había disminuido. Por decirlo en otras palabras el interior de la cueva se secó y aumentó considerablemente su temperatura contribuyendo seriamente al deterioro de la piedra y en consecuencia de las pinturas.

La cueva se cerró al público y permaneció cerrada durante unos años hasta que se comprobó que las variables temperatura/humedad habían vuelto a los valores normales. Las pinturas reaparecieron sobre las paredes pues el tinte empleado por nuestros ancestros estaba absorbido por la piedra y sólo había desaparecido en la capa más superficial.

La cueva se reabrió admitiendo sólo un cupo reducido de visitantes por día al tiempo que se registraban continuamente las variables temperatura-humedad para interrumpir la entrada de visitantes en el momento que estas se alterasen lo más mínimo.

Este es un claro ejemplo de una situación de emergencia que no debemos consentir que vuelva a producirse y que pudo llevar a que se perdieran para siempre estas pinturas de incalculable valor y que afortunadamente sólo tuvo como daño colateral la protesta de los habitantes de Santillana del Mar que vieron disminuir sus ingresos durante el largo tiempo que la cueva estuvo cerrada.

Una conclusión que podemos extraer es que a partir del momento en que sucedió este hecho, se ha establecido para siempre un mantenimiento predictivo que mediante el seguimiento de los parámetros mencionados haría cerrar la cueva de nuevo si se observara el más mínimo cambio en el estado de salud de las pinturas.



José P. Rayo Peinado
jprayo@irm.es

El mantenimiento moderno no se preocupa tanto de proteger las máquinas e instalaciones como de proteger su función

El edificio de uno de los hospitales que tenemos en Madrid consta de dos alas con servicios independientes. Hace unos años y durante el mes de agosto falló uno de los ventiladores de aire acondicionado de una de las alas del edificio. El costo de la avería visto desde el enfoque de la máquina no representó nada importante pero la pérdida de la función principal de dicha máquina *impulsar aire frío, a una temperatura determinada por toda la canalización de aire acondicionado* en el mes de agosto en Madrid hizo que todos los enfermos de dicha ala del edificio tuvieran que ser trasladados urgentemente al otro ala pues la temperatura se hizo insoportablemente alta.

Esta situación se prolongó hasta que se localizó al personal necesario para subsanar la avería lo cual, en muchas ocasiones, puede ser complicado y prolongado en el tiempo por la disponibilidad que tenga el personal (la mayor parte de las veces subcontratado) para acudir rápidamente a solventar nuestro problema que, al aparecer de una forma imprevista es casi seguro que lo hará a las 4:00 horas de la madrugada de un sábado.

MANTENIMIENTO Y FIABILIDAD

Hace ya años que el RCM (mantenimiento centrado en fiabilidad) ha demostrado su eficacia como metodología lógica a aplicar para, manteniendo la fiabilidad de los activos preservar su función evitando así el fallo de ésta y sobre todo las consecuencias que se pudieran derivar de dicho fallo.

El RCM es un proceso utilizado para determinar las exigencias de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operativo.

Para diferenciar entre mantenimiento y fiabilidad podemos recurrir al diccionario donde encontraremos las siguientes definiciones:

- Mantenimiento: acción o acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo la función requerida.
- Fiabilidad: Probabilidad de que un sistema funcione o desarrolle una cierta función bajo condiciones fijadas y durante un período de tiempo determinado.

Existen hoy tres formas básicas de ejecutar las tareas de mantenimiento requeridas por el activo:

- **Mantenimiento al fallo:** Se interviene en los equipos y/o instalaciones a mantener sólo cuando el fallo se presenta.

Contaba un norteamericano conocido mío que estando celebrando el día de acción de gracias con toda su familia, a uno de sus tíos le sobrevino un ataque cardiaco. La situación que se originó se define con una sola palabra: caos. Se tardó mucho tiempo en localizar una ambulancia pues al ser un día de fiesta nacional el servicio estaba bajo mínimos. Hubo que recurrir al área de urgencias del hospital más próximo y no aquel al que nos gustaría que nos llevaran en una emergencia de este tipo. Tampoco se pudo elegir el médico preferido y que nos conoce de siempre pues estaba también celebrando el día de acción de gracias. Finalmente un médico de urgencia pudo resolver felizmente el problema aunque el desenlace podría haber sido grave por la falta de previsión de un hecho que aparentemente no es predecible.

- **Mantenimiento preventivo a intervalos fijos:** Consiste en intervenir en los equipos e instalaciones cada cierto número de horas de funcionamiento en un intento de evitar así los fallos.

Este mismo conocido mío comentaba que, cuando cumplió cuarenta años, su amigo más íntimo, que era cardiólogo, le llamó para felicitarle y al tiempo le comentó que le había reservado habitación en su clínica para cambiarle las válvulas del corazón pues tras cuarenta años de funcionamiento ya deberían estar bastante gastadas. Lógicamente mi amigo lo rechazó por el alto riesgo que esto implicaba pero como responsable de mantenimiento de su empresa, no dudaba en sustituir periódicamente componentes críticos de sus máquinas e instalaciones cuando consideraba que ya llevaban bastante tiempo funcionando, sometiendo a un riesgo innecesario dichos activos físicos.

- **Mantenimiento preventivo basado en la condición:** Se hace un seguimiento mediante mediciones periódicas de una o más variables que informan del estado de salud del activo interviniendo en él siempre que exista un indicador de posible fallo. De esta forma predeciremos el fallo con tiempo suficiente para intervenir antes de que se produzca y evitando así las consecuencias que de dicho fallo se pudieran derivar.

Mi conocido cumplió veinte años y su amigo cardiólogo le llamó para felicitarle al tiempo que aprovechó para comentarle que le había reservado hora en su consulta para hacerle unos análisis de sangre, un electrocardiograma, tomarle la tensión, etc... para predecir posibles fallos futuros. Le comentó también que este examen lo hiciera a partir de entonces una vez por año. Es algo que todos hacemos y que sólo si en uno de estos exámenes periódicos detectamos algún síntoma de problema prediciendo así su desarrollo, actuaremos en consecuencia para evitar el fallo y sus consecuencias.

El moderno RCM establece que: todo lo que se puede predecir, se predice

Lo que no se pueda predecir pero se pueda prevenir, se previene y aquello que no pueda predecirse ni prevenirse deberá ser analizado y/o modificado para evitar fallos imprevistos y catastróficos.

Es decir, se enfatiza la utilización del mantenimiento basado en condición mediante el uso de técnicas y equipamiento que permitan el seguimiento de una serie de variables que nos permitan seguir cual es el estado de salud del activo.

En el ámbito industrial, las principales técnicas utilizadas para seguimiento del estado de salud de activos son:

- Medida y análisis de vibración
- Termografía infrarroja
- Captación de ultrasonidos en el aire
- Análisis de aceites
- Análisis de corrientes para diagnóstico de motores eléctricos
- Inspección sensorial
- Ensayos no destructivos (como los ultrasonidos pulso-eco) para equipos estáticos y estructura

No todas estas técnicas, pero sí algunas de ellas serán útiles y aplicables en el seguimiento del estado de salud de equipamiento e instalaciones en muchos de nuestros edificios.

Es evidente que los objetivos de fiabilidad de las plantas industriales no son los mismos que los de un edificio, pero a la hora de determinar la criticidad de cada activo los modos en que pueden fallar y las consecuencias que se podrían derivar de dichos fallos se atiende entre otros a criterios tales como: incidencia en producción, seguridad (personal y medioambiental), calidad del producto, dificultad de las acciones de mantenimiento.

Estos criterios, salvando las distancias, son también de aplicación en el mantenimiento de edificios de todo tipo.

La seguridad es un factor esencial, tanto para el personal que permanece en el edificio como para el medio ambiente.

La calidad de los servicios que garanticen el confort de visitantes y/o personal residente en el edificio, y que serán garantizados por el buen mantenimiento del equipamiento y maquinaria (en muchos casos mayor y más complejo que el de algunas instalaciones industriales) necesario para todos los servicios del edificio: aire acondicionado y calefacción, ascensores, suministro de agua, instalación eléctrica, etcétera.

Por otro lado el adecuado mantenimiento de dichos sistemas contribuirá de una forma decisiva en la conservación de los bienes contenidos en el edificio.

En los años ochenta, el aeropuerto de Miami instaló un sistema de monitorizado de condición de toda la instalación de aire acondicionado de una de las terminales que permitía el seguimiento desde un centro de control de mantenimiento, de una serie de variables (fundamentalmente vibración) que determinaban el estado de salud de la maquinaria involucrada permitiendo predecir cualquier avería en el sistema y de esta forma anticiparse al fallo y preparar todo lo necesario para planificar una reparación de un problema que aún no se ha producido (figura 2).



Fig. 2.

La consecuencia de un fallo del sistema de aire acondicionado en este edificio totalmente acristalado y en un clima como el de Florida posiblemente implicaría tener que desalojar la terminal hasta que el problema fuera subsanado.

TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO DE LA SALUD DE ACTIVOS FÍSICOS

De las técnicas de seguimiento de condición más arriba mencionadas, ¿cuáles serán de aplicación y que problemas podremos predecir con ellas en edificios?

MEDIDA Y ANÁLISIS DE VIBRACIÓN

La medida periódica de la vibración nos permite hacer un seguimiento del estado de toda la maquinaria existente en el edificio como es la que garantiza todos los servicios sanitarios y de acondicionamiento de aire en el interior del edificio (figura 3):

- Ventiladores y compresores de aire acondicionado.
- Bombas de impulsión de agua tanto sanitaria o de consumo como de alimentación de calderas de calefacción.
- Bombas para los sistemas contra incendios.

Quizá nos hayamos fijado que en edificios comerciales (a veces de hasta siete o más plantas) se aprecia la vibración

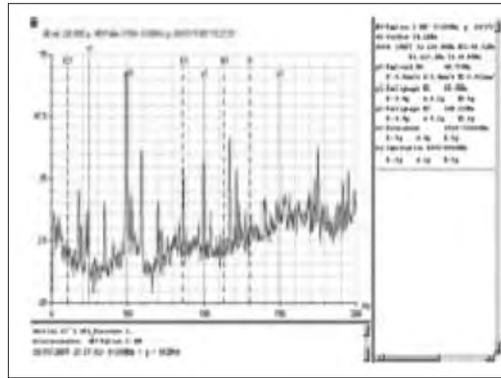


Fig. 3.

existente en toda la estructura que llega a ser molesta para el personal que permanece largo tiempo dentro del edificio. Esta vibración es más notoria en las plantas más altas del edificio y es generada por elementos dinámicos de transporte como son ascensores, escaleras mecánicas, etcétera.

Si queremos que esta vibración se minimice deberemos hacer un correcto mantenimiento de los elementos mencionados para que los niveles de vibración inherentes a su funcionamiento se conserven dentro de niveles mínimos garantizando así el confort y la seguridad.

Un supermercado de los que denominamos “gran superficie” y a los que todos acudimos para hacer nuestra compra mensual de alimentos, disponía como es común en todos ellos de un gran número de cajas registradoras para el pago de la cesta de la compra. En seis de ellas contiguas los lectores de códigos de barras que identifican el producto y registran automáticamente el precio dejaron de funcionar correctamente introduciendo errores en la lectura y en consecuencia en el tipo de producto y precio del mismo. Se comprobó que la superficie de la mesa donde dichos lectores (normalmente constituidos por una red de haces láser) están ubicados, vibraba de una forma anormal inestabilizando la posición de la red láser. Hubo que cerrar aquéllas cajas creando un colapso que, en una hora punta afectó seriamente a la actividad del supermercado. Inmediatamente se contactó con una empresa especializada en análisis de vibración para que pudieran diagnosticar la causa de aquel fallo. Tras una serie de mediciones en distintas áreas del edificio se llegó finalmente a la conclusión de que el problema provenía de un desequilibrio en el rotor de uno de los ventiladores del sistema de aire acondicionado del edificio. La vibración que este generaba, se propagaba a través de toda la canalización de aire y provocaba la vibración de las cajas registradoras que, aunque débil era lo suficiente como para desestabilizar los lectores láser.

La vibración, utilizada como técnica avanzada de diagnóstico puntual de problemas, tiene también aplicación en el estudio del comportamiento de la estructura del edificio frente a posibles fuerzas que someten a esta a esfuerzos que pudieran llegar a ser dañinos para el edificio en su conjunto.

En alguna ocasión las posibles obras que se estén realizando en la proximidad del edificio y en las que se utilizan maquinaria y herramientas generan importantes niveles de vibración. La proximidad de líneas de transporte subterráneo también someten el edificio a esfuerzos derivados de la vibración generada por dichos transportes y pueden contribuir al debilitamiento de su estructura. Se utilizan en estos casos técnicas de análisis que permiten valorar y eliminar las causas de esta vibración y evitar así las consecuencias que para el edificio pudieran tener a medio o largo plazo.

TERMÓGRAFÍA INFRARROJA

En todos los edificios existe una instalación eléctrica para alumbrado y alimentación de todos los motores de la maquinaria instalada y que puede llegar a ser de grandes potencias instaladas en función del tamaño y uso de cada edificio.

Esta instalación puede incluir transformadores, cableado de todos los circuitos, armarios de control y mecanismos, armarios eléctricos y electrónicos de regulación, etcétera.

Con frecuencia se suele culpar a un cortocircuito del posible incendio que se pueda producir y que puede ser devastador tanto para el contenedor como para el continente (figura 4).



fig. 4.

Siempre podemos y debemos recurrir al empleo de alguna técnica que sirva para predecir y en definitiva evitar la aparición de un problema de esta magnitud.

La termografía infrarroja, utilizada periódicamente como herramienta de inspección de todos los componentes constituyentes del circuito permitiéndonos detectar con precisión la existencia de puntos calientes en todos los elementos de la instalación y evitar así el desarrollo de problemas graves y sus consecuencias.

Esta técnica es también de utilidad en la determinación de posibles fugas de calor por mal aislamiento del edificio tanto a través de los muros del mismo como de ventanas, cerramientos, etcétera.

En muchos países es obligatorio someter los edificios a ensayos de fugas térmicas antes de proceder a emitir la correspondiente licencia de apertura.

ANÁLISIS DEL CIRCUITO DE MOTORES

Es un complemento a la termografía y permite, mediante inspecciones anuales o semestrales comprobar el buen funcionamiento de todos los motores existentes en una instalación (figura 5).

INSPECCIÓN SENSORIAL

En toda instalación existen componentes de menor criticidad cuyo fallo no puede ser previsto por el modo en que este evoluciona. Este sería el caso por ejemplo de todas las luminarias del edificio y otros cuyo fallo o deterioro sólo puede ser detectado mediante la inspección visual, auditiva, o táctil.

Esta es una técnica que nunca debe ser olvidada y que también en la industria se utiliza normalmente.

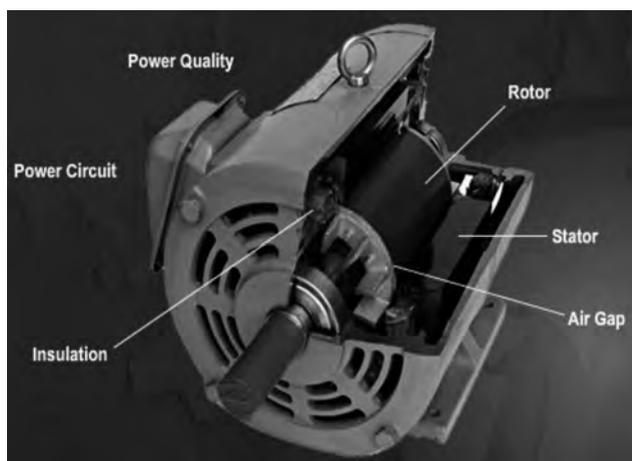


fig. 5.

AHORRO ENERGÉTICO

En los tiempos actuales escuchamos continuamente la necesidad de reducir el consumo energético de todas las formas posibles.

Un menor consumo, aparte de reducir el importe de la factura de gas, electricidad, fuel oil, etc... contribuirá de forma importante a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y preservar así nuestro planeta del constantemente mencionado cambio climático.

CONCLUSIÓN

En el 80% de las plantas industriales están implementados los sistemas y metodologías más modernas para prevenir las consecuencias de un fallo que podrían llegar a ser catastróficas.

En compañías que tienen plantas distribuidas por toda la geografía no sólo de nuestro país sino también en diferentes países del mundo, se instalan hoy sistemas de medición y seguimiento de parámetros que están vigilando estos de una forma continua y enviando datos vía Internet u otros medios actuales de comunicación a un centro de ingeniería especializado en el que técnicos especialistas vigilan el estado de salud de los diferentes activos, diagnostican los problemas antes de que estos se evolucionen hasta un fallo catastrófico *n* y asesoran a los responsables de mantenimiento de las acciones correctoras necesarias para subsanar el fallo a tiempo de evitar la catástrofe.

Sin embargo, al menos en nuestra experiencia, el mantenimiento de edificios está todavía en los procedimientos de mantenimiento al fallo que se seguían hace muchos años y que han demostrado ser ineficaces en la evitación del fallo y sus consecuencias, costosos de aplicación y que desde luego no contribuyen al sostenimiento y mejora continua de la fiabilidad de los activos.

Debemos animar a los responsables de mantenimiento de edificios de todo tipo a utilizar los actuales métodos y técnicas que de una forma escueta hemos mencionado en este artículo, que preservan la seguridad y protegen, sobre todo en el caso de edificios culturales, los valiosos objetos que, como en la Cueva de Altamira, allí se guardan y exhiben.