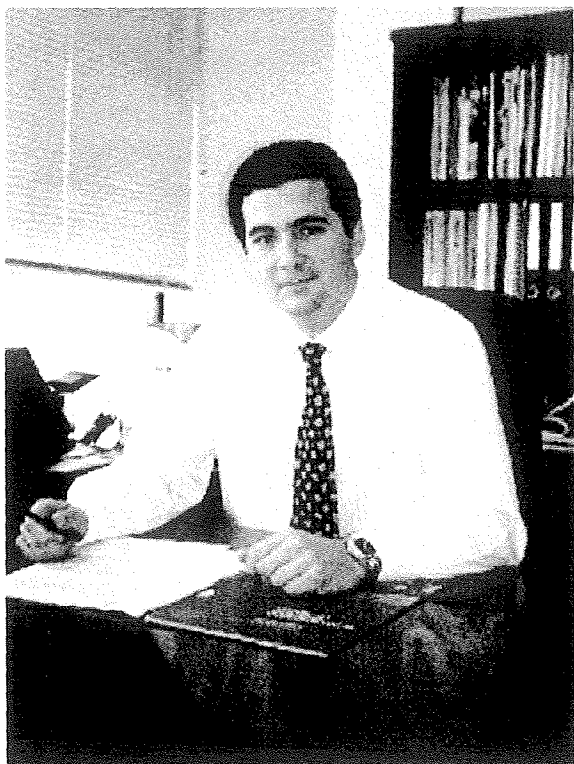


Mantenimiento predictivo: *una técnica que reduce o elimina averías inesperadas*



Carlos Charray
Ingeniero Industrial
Director General de PREDYCSA

manda, donde lo más importante era producir y producir sin una preocupación excesiva en el coste, a un *mercado de oferta* donde aparece la competencia industrial y no sólo hay que producir, sino hacerlo bien y con el menor coste posible, tratando de situar nuestra oferta entre las más competitivas del mercado. Si éste era ya un hecho en las economías nacionales con barreras arancelarias protectoras, se ha visto fuertemente incrementado con la internacionalización y globalización de los mercados.

Ahora, estrategias basadas

en el precio, en la calidad y en el plazo de entrega están al orden del día y todas ellas están íntimamente afectadas por el concepto de coste de producción. Características como las mencionadas han pasado de ser definidas por el suministrador a ser determinadas por el mercado o, lo que es lo mismo, por el suministrado. Es decir, lo que antes podía ser una ventaja competitiva, ahora es un requerimiento del mercado.

Tomemos como ejemplo el precio y veamos su comportamiento en ambos tipos de mercado. En un mercado de

demanda el fabricante suma al coste de producción, de un determinado bien, el beneficio que considera razonable obtener y como resultado obtenemos el precio de venta final del producto.

En un mercado de oferta, tan sólo tenemos que cambiar uno de los sumandos al otro lado de la igualdad y ahora puesto que el precio va a venir fijado por el mercado, el beneficio será el resultado de restar el coste de ese precio ya fijado. Es decir, nuestro beneficio será tanto mayor, cuanto menor sea el coste necesario para producir el bien.

Sin duda, matemáticamente ambas ecuaciones son la misma, pero evidentemente reflejan realidades distintas. Algo parecido ocurre en el mercado con la calidad y el plazo de entrega. Si acaso, incluso con más radicalidad, no superar unos determinados niveles exigidos por los clientes dejaría el producto fuera de mercado incluso con precios sensiblemente más bajos.

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la II Guerra Mundial, la industria manufacturera inicia su rampa de desarrollo realmente sorprendente. La tecnología se alimenta a sí misma y tenemos procesos cada vez más complicados que nos permiten obtener materiales y equipos más sofisticados, siendo estos elementos los que, de una u otra forma, pasan a formar parte del proceso productivo o de control. Es el ciclo que se realimenta y que ha conseguido que el crecimiento industrial y tecnológico haya sido exponencial en esta última etapa del siglo XX.

Asimismo, durante la segunda mitad de este siglo, se va pasando paulatinamente de un *mercado de de-*



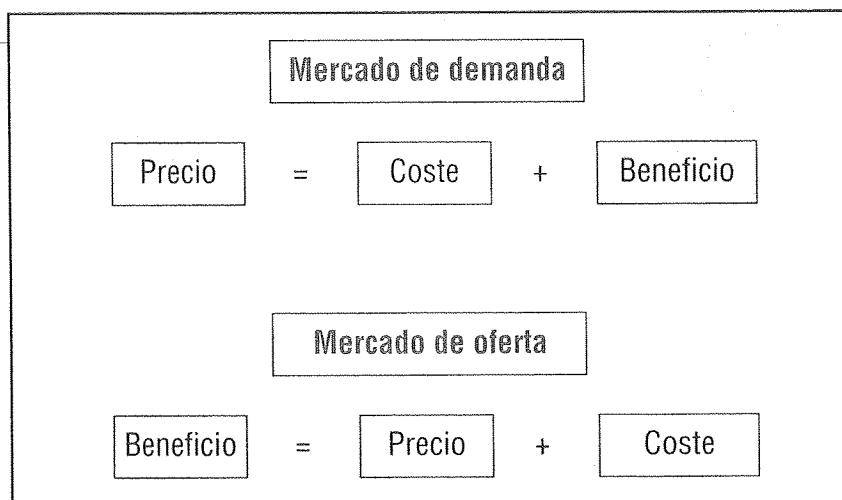


Figura 1. Precio, Coste, Beneficio

En todo este entorno de competitividad es donde se toma conciencia de que el Mantenimiento es importante en la producción y que la aplicación de buenas técnicas de Mantenimiento llevará a menores costes, mejores plazos de entrega, niveles de calidad más homogéneos y otras mejoras considerables.

Con frecuencia se ha entendido el Mantenimiento como un gasto inevitable, algo que hay que sufrir, se ha aceptado que las instalaciones se estropean, se paran y que lo que tenemos que conseguir es arreglarlo lo antes posible para seguir produciendo. Sin duda esto está cambiando, y así lo confirman el éxito de corrientes filosóficas en el ámbito del Mantenimiento como TPM (*Total Productive Maintenance*) y RCM (*Reability Centered Maintenance*) que han servido como mínimo para realizar profundas reflexiones sobre el Mantenimiento y su papel vital en la actividad industrial.

El primer cambio de mentalidad quizá sea dejar de considerar la función del Mantenimiento como un gasto inevitable y contemplarlo como una inversión rentable que contribuye a aumentar la productividad. Y por esto hay que prestar la adecuada atención a la Formación del personal de Mantenimiento, a la tecnología que se usa en este departamento, a las herramientas de las que dispone más allá del martillo, el destornillador y la llave inglesa. No menos importante

será prestar atención a la motivación de este personal cuyo trabajo puede ser especialmente poco reconocido ya que está bastante extendido el pensamiento de que, cuanto todo va bien, es porque así tiene que ir y cuando algo va mal nos preguntamos qué demonios hacen los de Mantenimiento. Es importante el reconocimiento del trabajo de este departamento.

2. OBJETIVOS

Según la AEM (Asociación Española de Mantenimiento), el objetivo del Mantenimiento es *"Lograr con el menor coste posible, la máxima seguridad para el personal y las instalaciones y el máximo respeto para el medio ambiente, el mayor tiempo posible de funcionamiento correcto y eficiente de estas instalaciones"*.

No trataremos los aspectos relacionados con la seguridad de las personas y el medio ambiente que, sin duda, siempre serán de la máxima prioridad y que no admiten ningún tipo de excusa a la hora de dotar de los recursos necesarios para que dicho nivel de seguridad y respeto al medio ambiente alcance los mínimos exigibles.

Pero sí es objetivo de este artículo contemplar exclusivamente el aspecto económico del Mantenimiento y sus repercusiones, también económicas. Según esto y de acuerdo con la definición de la AEM, se trata de que reducir al máximo los costes debidos a las paradas de la maquinaria y deci-

mos "paradas", ya sean programadas o accidentales o el resultado de una avería. Se trata también de limitar el deterioro de la maquinaria. Y por último, se trata que el departamento de Mantenimiento también asesore en el proyecto, gestión y puesta en marcha de nuevas instalaciones realimentando el sistema con la experiencia obtenida en la instalación existente y el conocimiento del proceso de producción.

En definitiva, se trata de conseguir que las máquinas estén a disposición de producción el máximo tiempo posible con el máximo nivel de prestaciones.

3. COSTES

Un hecho que oscurece especialmente la importancia del Mantenimiento es que sus costes parecen fácilmente medibles, mientras que los beneficios obtenidos por el hecho de llevar una buena política de Mantenimiento quedan inmersos en la propia productividad y no son fácilmente identificables.

Respecto a los costes de Mantenimiento, hay que distinguir los costes generados directamente por Mantenimiento, es decir, materiales de repuesto, mano de obra, formación, energía, herramientas, consumibles y subcontratación, conocidos como los **costes directos** y los indirectos relacionados con el Mantenimiento o con la ausencia de Mantenimiento conocidos como **costes indirectos** y que son mayores que los directos y muchas veces no considerados, o no en su justa medida. Algunos autores lo han dado en llamar el iceberg del Mantenimiento, ya que normalmente es más grande la parte que no se ve que la que se ve, aunque sea de más difícil cuantificación. Los costes indirectos se pueden dividir a su vez en

• Costes inducidos, que son:

- las pérdidas de producción por pérdida de material en curso, por recortes, por disminución de velocidad.

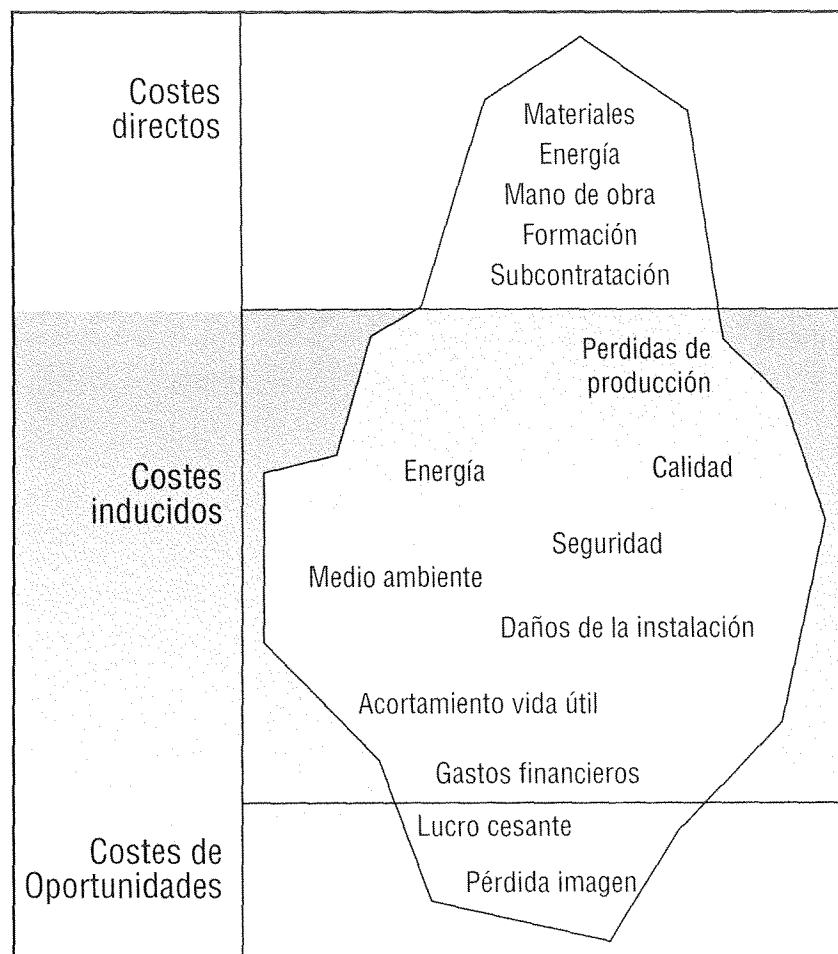


Figura 2. Iceberg del mantenimiento

- el sobre coste energético por nuevas arracadas y pérdida de eficiencia de la instalación.

- deterioro de la calidad.

- pérdidas de seguridad y accidentes.

- medio ambiente.

- deterioro de la instalación por los daños causados por una avería.

- envejecimiento prematuro de la instalación como consecuencia de un funcionamiento no óptimo.

- gastos financieros, debidos a los retrasos en las entregas.

• **Costes de oportunidad**, que son

- el lucro cesante, entendido como coste por los beneficios no obtenidos consecuencia de una menor producción y por tanto de una menor venta. Este es un componente especialmente importante para aquellas empresas de proceso continuo que trabajan al límite de capacidad.

- la pérdida de imagen, debida a pérdidas de calidad y retraso en las entregas comprometidas

Lo que se ha llamado costes indirectos se convertirán en el apartado "Beneficios derivados del Mantenimiento" si se consigue que la instalación esté en su punto óptimo de funcionamiento. El objetivo de cualquier estrategia de Mantenimiento deberá estar encaminada a reducir al mínimo

el conjunto de estos costes. Por tanto, una buena gestión del Mantenimiento tratará de conseguir éxitos en el área donde más coste hay, es decir en los costes inducidos y de oportunidad.

Lógicamente, este planteamiento es distinto según la empresa de la que se trate y el sector de actividad en el que se encuentre, aunque esta simplificación es válida para la mayoría de las industrias de proceso continuo.

Se da la circunstancia que estas empresas trabajan normalmente al límite de su capacidad. El capital tiene que hacer fuertes inversiones que alcanzan su rentabilidad cuando la productividad es muy alta y por tanto el punto muerto de rentabilidad suele estar cercano al de producción en el mejor de los casos. Por esto, un pequeño aumento en el índice de producción suele revertir en aumentos significativos del beneficio, una vez que los costes fijos de producción ya han sido superados. Sirva como ejemplo la tabla 1 en la que puede verse en un rápido análisis cómo un aumento del 1% en la producción repercute con un aumento del 10% en el beneficio.

4. ESTRATEGIAS

A la hora de llevar a cabo el Mantenimiento dentro de la organización, éste debería ser visto dentro de un concepto amplio, dentro del total de actividades que se ejecutan, teniendo en cuenta todas sus interacciones.

Ante el hecho de tener que mantener nuestra instalación productiva, tenemos distintas estrategias comúnmente aceptadas que veremos a continuación y que, de entrada, hemos de considerar que no son excluyentes.

• **Mantenimiento correctivo:** La instalación recibe Mantenimiento sólo cuando se produce un deterioro tal que se produce un fallo.

• **Mantenimiento preventivo:** Consiste en la realización de tareas de Mantenimiento en periodos regulares programadas en el tiempo.

Concepto	Valores anuales	Incremento
Producción	20.000 unidades	20.200 unidades (+1%)
Ingresos por ventas	7.000 mill.	7.070 mill.
Costes de explotación	6.500 mill.	6.520 mill.
Resultado de la explotación	500 mill. (7,14%)	550 mill. (7,78%) (+10%)

Tabla 1. Análisis de rentabilidad para un incremento del 1% en producción

• **Mantenimiento predictivo:** También llamado "Mantenimiento basado en la condición" consiste en evaluar el estado de las máquinas y en función de éste acometer las intervenciones necesarias de Mantenimiento.

• **Mantenimiento proactivo:** Contempla los anteriores tipos de Mantenimiento y presta especial atención a las consecuencias de las averías con el fin de minimizar sus efectos.

Mantenimiento correctivo

Consiste en arreglar la máquina cuando falla, también se le conoce como Mantenimiento de emergencia o curativo. El principal punto débil de esta estrategia es que no tenemos

en la instalación debidos al fallo, material en curso deteriorado, aumento de consumo energético para el nuevo arranque, pérdidas debidas al lucro cesante, retraso en entregas, etc, etc.

Sin embargo, es una estrategia que puede mostrarse muy eficaz para elementos de poca o nula responsabilidad y no críticos en absoluto en el proceso productivo.

En cualquier caso, aquí se está planteando ya un matiz diferente y que volveremos sobre él más adelante. Hay que distinguir dos actitudes claramente diferenciadas. Una es decidir de forma consciente y activa que a una máquina no se le hace ningún caso porque su avería no representa, en general, un problema ni inmediato ni grave y otra es que por no

lubricación, calibraciones, reparaciones o reemplazo de componentes.

Este Mantenimiento debería tener en cuenta la edad de la instalación, y es muy importante conocer a fondo la instalación, ya que se trata de programar las tareas lo más espaciado posible, pero asegurando que no haya averías.

Es también muy importante tener información sobre los elementos que componen las máquinas y el tiempo medio entre fallos (MTBF - *Mean Time Between Failures*) para determinar inicialmente el periodo entre tareas, así como anticiparse al fallo desde la experiencia que ya se tiene sobre la instalación.

El Mantenimiento preventivo se fundamenta en la "curva de la bañera", según la cual, una vez pasada la puesta en marcha y supuesto bien realizada, existe un tiempo de funcionamiento durante el cual la probabilidad de fallo es baja hasta que llega un momento en el que esta probabilidad comienza a aumentar, aumentando por tanto el riesgo de fallo. Este sería el momento adecuado para el cambio del elemento. Si se cambia antes se realizaría un trabajo innecesario y además comenzaría la curva de nuevo, con lo que en ese instante aumentaría la probabilidad de fallo por defectos cometidos en la puesta en marcha. Si se cambia después, la probabilidad de fallo aumenta y se corre un mayor riesgo de avería. Esta curva es aplicable a elementos mecánicos.

El Mantenimiento preventivo se muestra eficaz en las tareas de revisión y limpieza y en elementos mecánicos en los que la relación tiempo en servicio-fiabilidad sea bien conocida. Pero muestra su punto débil en que el tiempo establecido entre tareas está pre-definido y está basado en tiempos medios entre fallos. El tiempo medio es valor ficticio que se obtiene como resultado a un cálculo, pero la mayor probabilidad la tenemos en que el tiempo en el que el componente va a fallar sea

La Curva "Bañera"

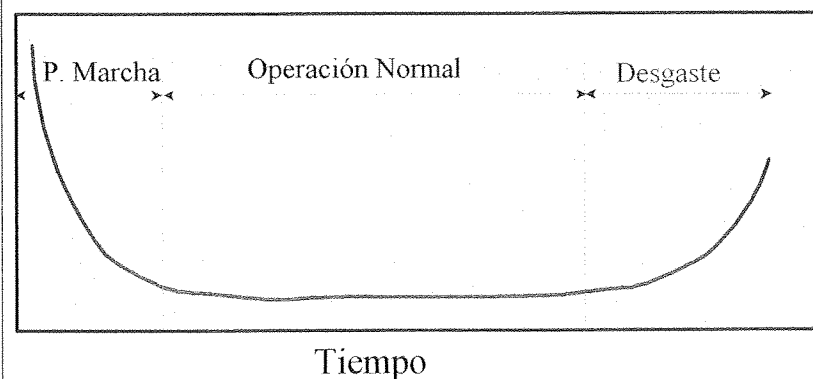


Figura 3. Curva de la bañera

ningún control sobre la instalación. La máquina controla cuándo hemos de actuar. El 100% de las averías son no programadas y deja a la suerte que el momento del fallo sea más o menos perjudicial.

Respecto a los costes, probablemente tengamos costes directos extra debidos a horas extra y repuestos que no tenemos y que habrá que conseguir a cualquier precio si se trata de un elemento crítico que ha dejado parada la instalación. Por otro lado, habrá unos costes indirectos a considerar en cada caso y que son todos aquellos derivados de una parada accidental, es decir, daños producidos

tener establecida ninguna estrategia de Mantenimiento cuando algo (crítico o no) se estropea, se sufre y entonces se repara para seguir produciendo. En este último caso las consecuencias de la avería no han sido consideradas, mientras que en el primero sí.

Mantenimiento preventivo

También conocido como Mantenimiento basado en el calendario, ya que las tareas a ejecutar se programan a intervalos regulares de tiempo o bien teniendo en cuenta el tiempo de funcionamiento. Consiste en tareas como inspecciones, ajustes, limpieza,

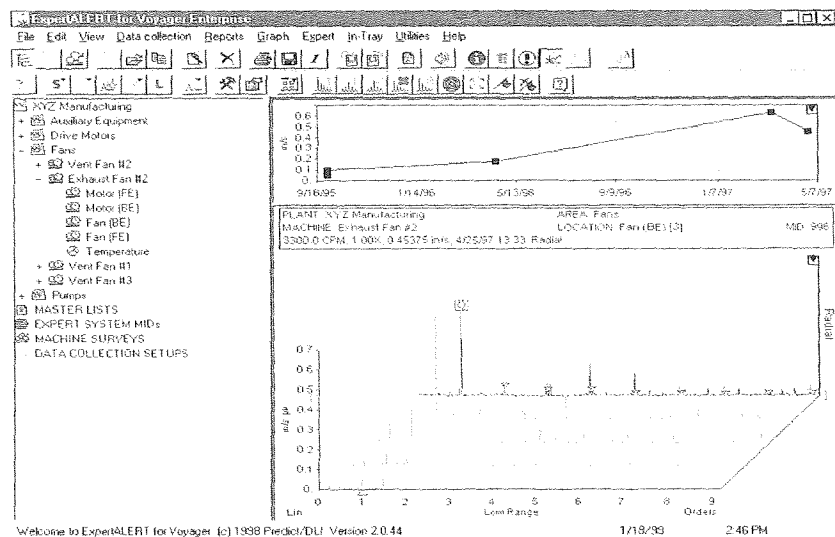


Figura 4. Mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones

mayor o menor que ese tiempo medio. Por otra parte es necesario la mayor seguridad de que la avería no ocurra, lo que lleva a ser conservadores en el periodo y acortarlo. En definitiva se está recurriendo al sobre Mantenimiento. Este tipo de Mantenimiento puede ser caro (sobre Mantenimiento) e inefectivo si es la única estrategia de Mantenimiento que se utiliza.

Por otra parte, y desde el punto de vista de la gestión de activos físicos, el Mantenimiento preventivo resulta una herramienta muy útil ayudándose de los paquetes informáticos que existen en la actualidad. Es lo que se conoce como la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO).

Mantenimiento predictivo

Consiste en la aplicación de técnicas no intrusivas que permiten evaluar el estado de la máquina y la necesidad de acometer tareas de Mantenimiento preventivo o correctivo.

El objetivo del Mantenimiento predictivo, también conocido como Mantenimiento basado en la condición (CBM - *Condition Based Maintenance*) es la detección precoz de fallos en máquinas de modo que se pueda actuar antes de que el fallo ocurra. El fallo no será entonces algo imprevisto sino que se estará prepara-

do para actuar en caso de que no se pueda, o no interese, evitar.

Realizar Mantenimiento predictivo consiste en tomar una serie de parámetros de las máquinas, analizarlos, compararlos con los datos anteriores, ver la tendencia, establecer límites admisibles y finalmente diagnosticar el estado de la máquina y la recomendación de intervención, o no, más adecuada.

Una buena estrategia de Mantenimiento no elegiría únicamente Mantenimiento predictivo como forma de actuar, ya que, además del elevado coste que supondría, con las técnicas disponibles no es posible llegar a todos los elementos operativos.

El Análisis de vibraciones es quizá la técnica que más se identifica con el Mantenimiento predictivo, especialmente vibraciones en máquinas rotativas, pero hay que huir de este mito, ya que Mantenimiento predictivo es todo aquello que nos permita predecir o detectar la proximidad de un fallo.

Como ejemplo, para conocer el estado de sistema de agua refrigerada se puede medir:

1. Caudal del agua refrigerante, para detectar problemas en la bomba.
2. Diferenciales de temperatura para comprobar los coeficientes de transmisión.
3. Presión para evaluar el funcionamiento bomba.

4. Consumo eléctrico para identificar problemas en bobinados.

5. Ultrasonidos para identificar desgastes en tuberías.

6. Vibración para evaluar la condición de la bomba y el motor.

7. Análisis Lubricante y Ferrografía para determinar problemas de lubricación y como técnica complementaria de la vibración para identificar problemas de desgaste.

8. Fibra óptica, endoscopia para ver desgastes.

9. Termografía sobre la distribución eléctrica y aislantes para identificar puntos calientes.

10. *Eddy Current* para encontrar fugas y grietas.

11. Ultrasonidos en el aire para localizar fugas en el sistema neumático.

Se comprueba que el Mantenimiento predictivo puede ser muy amplio.

Según estadísticas realizadas en EE.UU. (debemos reconocer que, en este tema, en términos generales, llevan bastante adelanto a Europa), la distribución del Mantenimiento es:

- 65% Mantenimiento correctivo.
- 30% Mantenimiento preventivo.
- 5% Mantenimiento predictivo.

Bien, el estudio concluye que el 60% de ese 30% de Mantenimiento preventivo era innecesario. Otro dato representa que ya en 1996 el 46% de las empresas reconocían emplear alguna técnica predictiva y que el 62% de las empresas preveían el uso intensivo de técnicas predictivas en los próximos 5 años.

El Mantenimiento predictivo se muestra eficaz siempre, si se produce una eliminación de tareas de correctivo y una drástica reducción de tareas de preventivo innecesarias. Elimina el exceso de Mantenimiento y aumenta la fiabilidad de la instalación.

adquirir el equipamiento necesario para la toma de información de las máquinas o se va a subcontratar a una empresa especialista.

Asignar responsabilidades

Se debe identificar claramente el equipo humano que va a ejecutar el plan de trabajo o, en caso de subcontratación, el interlocutor o interlocutores para la empresa especialista.

Es importante informar y mentalizar al personal de lo que se va a llevar a cabo y de lo que se pretende conseguir. De esta forma se evitan recelos innecesarios ante la presencia de "extraños" entre la maquinaria. Además, la información que el personal operativo de máquina puede facilitar sobre el funcionamiento de la misma a los operadores y por ende a los analistas de Mantenimiento predictivo es muy valiosa y por esto es importante contar siempre con su colaboración.

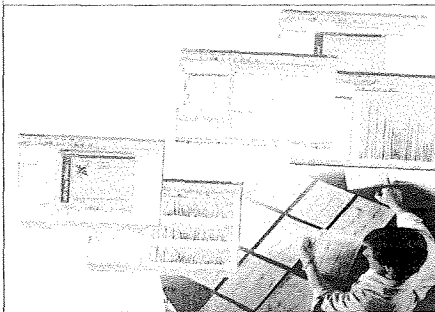
Formación del equipo

Este es un aspecto básico del plan y muchas veces infravalorado. Tanto si el programa de Mantenimiento predictivo se va a llevar internamente como si se subcontrata, la Formación es un elemento básico. Lógicamente es necesario profundizar más en la formación si el análisis de la información recogida lo va a hacer personal propio. Pero incluso en el caso de subcontratar el servicio, es importante la Formación de personal propio relacionado con el Mantenimiento predictivo porque su nivel de interlocución para la empresa contratada será mucho mejor, la comunicación será más fluida, se entenderá más hasta dónde se puede llegar con una determinada técnica y en definitiva el beneficiario final será la empresa contratista que logrará que el Mantenimiento predictivo sea más exitoso, y por tanto más rentable. Hay que tener en cuenta que el éxito de la empresa especialista en Mantenimiento predictivo se basa en el éxito del programa en la empresa contratista.

La asistencia a Cursos de Formación abiertos a varias empresas es muy interesante, porque además de las enseñanzas impartidas, se comparan experiencias entre los asistentes que provienen de distintas industrias, incluso en distintos sectores de actividad. A través de estas experiencias se puede comprobar que los problemas que surgen en las distintas empresas no son, en la mayoría de las ocasiones, tan distintos, viéndose qué formas de resolverlos han adoptado otros.

Medir el éxito

Es fundamental tener un plan definido y unos objetivos que cumplir como, por ejemplo, disminuir el tiempo de indisponibilidad de las instalaciones, reducir el número de



intervenciones de emergencia, espaciar más las paradas programadas, etc. Estos objetivos deberían estar cuantificados de forma que su medida y la sensibilidad sobre los logros obtenidos sean objetivas. La principal dificultad que aparece en la práctica en este aspecto suele ser la falta de información histórica, por lo que resulta complicado establecer unos objetivos de mejora cuando no se conoce el punto de partida.

7. VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

De lo comentado a lo largo de este artículo se pueden extraer cuáles son las principales ventajas que nos revierte la implantación de un programa de Mantenimiento predictivo, pero por concretar a modo de resumen citaremos algunas de las recono-

cidas por numerosos autores en multitud de publicaciones:

- Reduce o elimina el tiempo muerto o de inactividad debido a averías.
- Reduce el Mantenimiento de emergencia o no programado. Las reparaciones se pueden hacer cuando menos afecten a producción
- Reduce el almacén de repuestos ya que muchos elementos se pueden adquirir cuándo hace falta.
- Reduce la necesidad de equipamiento redundante.
- Reduce los costes de Mantenimiento preventivo o programado. La máquina se repara sólo cuando lo necesita.
- Optimiza las prestaciones de las máquinas, funcionando dentro de especificaciones.
- Reduce el tiempo requerido para hacer reparaciones en las máquinas, ya que se puede organizar el proceso de reparación.
- Reduce la pérdida de material en curso como consecuencia de una avería.
- Reduce la pérdida de material fuera de calidad provocado por un funcionamiento fuera de especificaciones.
- Reduce la posibilidad de receptionar y aceptar maquinaria nueva con algún defecto.
- Reduce las cuotas de seguros.
- Protege los activos físicos.
- Ayuda a conseguir y mantener certificaciones ISO 9000, QS 9000, VDA.

8. CONCLUSIONES

Finalmente, sí creemos acertado implantar un programa de Mantenimiento predictivo en nuestra empresa, para empezar concéntrese en un número pequeño de sistemas especialmente críticos y que además sean un foco habitual de problemas. Los éxitos del programa podrán ser apreciados muy rápidamente y esto animará a continuar con el mismo y a extenderlo a otros elementos. ■