
Mantenimiento predictivo

PID_00253878

Jesús E. Martínez Garcia

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: horas





Jesús E. Martínez García

Índice

Introducción	5
1. Efectividad del mantenimiento predictivo	7
1.1. Pasos para la implantación efectiva del mantenimiento predictivo	7
2. Análisis de criticidad	9
2.1. Definiciones importantes	9
2.2. El análisis de criticidad	12
2.2.1. En el ámbito de mantenimiento	13
2.2.2. En el ámbito de inspección	14
2.2.3. En el ámbito de materiales	14
2.2.4. En el ámbito de disponibilidad de planta	14
2.2.5. En recursos humanos	14
2.2.6. Información requerida	14
3. Manejo de la información	16
3.1. Conceptos asociados al mantenimiento predictivo	17
3.1.1. La curva de la bañera	17
4. Técnicas utilizadas en el mantenimiento predictivo	18
4.1. Análisis de vibraciones	18
4.2. Termografía	19
4.3. Análisis por ultrasonido	20
4.4. Análisis de aceite	21
4.5. Inspecciones boroscópicas	22
4.6. Otras técnicas de mantenimiento predictivo	23
Resumen	24
Bibliografía	25

Introducción

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, a partir de un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

También se puede decir que entendemos por **mantenimiento predictivo** a una serie de acciones que se toman y de técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallos y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que estos fallos se manifiesten en uno más grande durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, y causen impacto financiero negativo. Su misión es conservar un nivel de servicio determinado en los equipos programando las revisiones en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas.

Las ventajas más importantes son:

Los fallos se detectan en sus etapas iniciales, por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planificación y la programación de las acciones correctivas (mantenimiento correctivo o curativo) en paros programados y bajo condiciones controladas que minimicen los tiempos muertos y el efecto negativo sobre la producción y que, además, garanticen una mejor calidad en las reparaciones.

Las técnicas de detección del mantenimiento predictivo son en su mayor parte técnicas «on-condition», que significa que las inspecciones se pueden realizar con la maquinaria en operación a su velocidad máxima.

El requisito para que se pueda aplicar una técnica predictiva es que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia, tales como alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste y alto amperaje, entre otras.

Las técnicas para detección de fallos y defectos en maquinaria varían, desde la utilización de los sentidos humanos (oído, vista, tacto y olfato), hasta la utilización de datos de control de proceso y de control de calidad, el uso de herramientas estadísticas y técnicas de moda como el análisis de vibración, la termografía, la tribología, el análisis de circuitos de motores y el ultrasonido.

Para evitar confusiones en los términos y conceptos utilizados habitualmente en el campo del mantenimiento como tal, debemos aclarar que el mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de la máquina en operación; mientras que el mantenimiento correctivo o mantenimiento por rotura fue el esbozo de lo que hoy día es el mantenimiento.

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen, y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

Se trata de realizar ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, etc. El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo: cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.

Por su parte, el mantenimiento preventivo es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo de forma periódica a partir de un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costes de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación, entre una larga lista de ventajas.

Como indicamos anteriormente, el mantenimiento correctivo o mantenimiento por rotura fue el esbozo de lo que hoy en día es el mantenimiento. Esta etapa del mantenimiento va precedida del mantenimiento planificado.

Hasta los años cincuenta, en pleno desarrollo de la producción en cadena y de la sociedad de consumo, lo importante era producir mucho a bajo coste. En esta etapa, el mantenimiento era visto como un servicio necesario que debía costar poco y pasar inadvertido como señal de que «las cosas marchaban bien».

Otra forma de nombrar al mantenimiento predictivo es el nombre acuñado como «Mantenimiento Proactivo», que se define de la misma forma: es una técnica enfocada en la identificación y la corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas, no los efectos¹.

⁽¹⁾mantdelapc.blogspot.com/p/mantenimiento-proactivo.html

1. Efectividad del mantenimiento predictivo

Para que un programa de mantenimiento predictivo se considere efectivo, este debe incrementar la fiabilidad² (*reliability*) y el estado operacional de la maquinaria, mientras que, al mismo tiempo, se reducen costos de producción, incluidos los costos de mantenimiento. Para diseñar e incorporar un programa de mantenimiento predictivo efectivo, es necesario determinar los equipos que van a utilizarse en este mantenimiento, así como las máquinas y procesos que justifiquen la implementación del programa tanto técnica como económicamente. Para lograr esto se requiere:

- Conocer los diferentes tipos de fallos y efectos negativos que estos causan sobre la maquinaria (análisis RCM³).
- Conocer las ventajas y limitaciones de las diferentes técnicas de mantenimiento predictivo para seleccionar la técnica más aplicable y justificable económicamente.
- Contar con un equipo de técnicos altamente cualificados en las técnicas de mantenimiento predictivo.

Cambiar la cultura de mantenimiento correctivo a la cultura del mantenimiento proactivo o predictivo.

1.1. Pasos para la implantación efectiva del mantenimiento predictivo

Los pasos mínimos necesarios previos a la implantación del mantenimiento predictivo son:

- Definir los objetivos y el impacto financiero que se pretenden lograr con el mantenimiento predictivo
- Seleccionar el equipo crítico (análisis de criticidad).
- Efectuar análisis de «modos y efectos de fallo» (AMEF).
- Determinar los parámetros factibles a monitorizar.
- Seleccionar la técnica y el método adecuados de mantenimiento predictivo.
- Definir quién tendrá la responsabilidad de llevar a cabo el mantenimiento predictivo.
- Elaborar la justificación económica del programa de mantenimiento predictivo.
- Elaborar los procedimientos detallados de las rutinas de mantenimiento predictivo.

⁽²⁾La **fiabilidad** se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, fricción, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones).

⁽³⁾RCM o Reliability Centred Maintenance (mantenimiento centrado en fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas.

- Capacitar y entrenar al personal en la metodología y técnicas del mantenimiento predictivo.
- Dar el soporte oficial para el inicio del programa de mantenimiento predictivo.

2. Análisis de criticidad

La mejora de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes está asociada con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar, al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa. ¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? Todos los que toman decisiones, ¿utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estos interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad. Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

2.1. Definiciones importantes

- **Análisis de criticidad**

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

- **Confiabilidad**

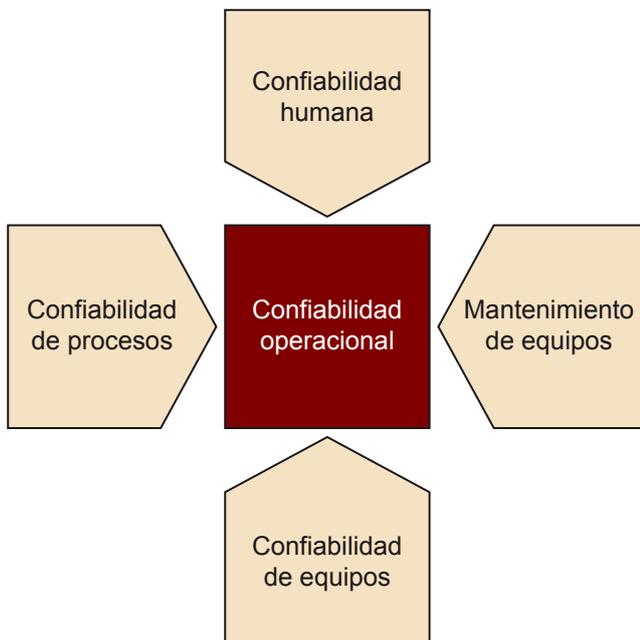
Se define como la probabilidad de que un equipo o un sistema opere sin falla por un determinado periodo de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

- **Confiabilidad operacional**

Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Es importante puntualizar que, en un programa de optimización de confiabilidad operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros:

- 1) Confiabilidad humana
- 2) Confiabilidad de los procesos
- 3) Mantenibilidad de los equipos
- 4) Confiabilidad de los equipos

Figura 1.



Fuente: Elaboración propia

La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros afectará al comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

- **Equipos naturales de trabajo**

En el contexto de confiabilidad operacional, se define como el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

En un enfoque tradicional, el concepto de trabajo en equipo comprende un sistema de progresión de carrera que exige a cada nuevo gerente «producir su impacto individual y significativo al negocio». Gerentes rotando en ciclos cortos en diversos campos, creando la necesidad de cambios de iniciativa para «dejar su huella».

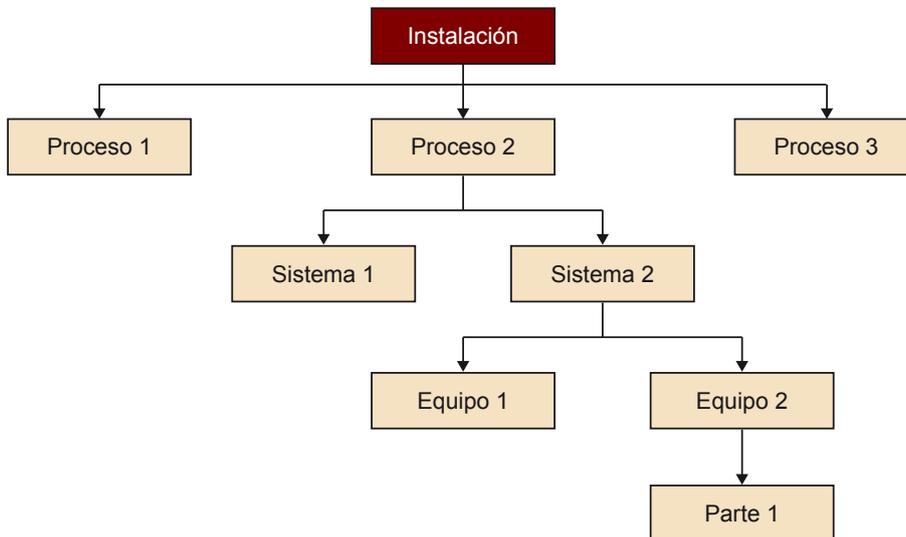
Sin embargo, en la cultura de los más exitosos existe afinidad por el trabajo en equipo. Los equipos naturales de trabajo son vistos como los mayores contribuyentes al valor de la empresa, y trabajan consistentemente a largo plazo. Los gerentes o responsables guían a los colaboradores hacia el crecimiento del equipo y a obtener mejores resultados bajo el esquema «ganar-ganar»⁴.

⁽⁴⁾«Win-Win» o ganar-ganar es un juego provechoso para todas las partes, pues se diseña de manera que todos los participantes puedan beneficiarse de uno u otro modo. En la resolución de conflictos, una estrategia ganar-ganar es un proceso de resolución que logra contentar a todos los participantes.

- **Jerarquía de activos**

Define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos. La figura 2 muestra el estilo de agrupación típica de una instalación, donde se observa que la jerarquía de los activos la constituyen grupos consecutivos.

Figura 2.



Fuente: Elaboración propia

Como puede verse en la figura 2, una planta compleja tiene asociada muchas unidades de proceso, y cada unidad de proceso podría contar con muchos sistemas, al tiempo que cada sistema tendría varios paquetes de equipos, y así sucesivamente. A medida que descendamos por la jerarquía, crecerá el número de elementos que deben ser considerados.

- **Unidades de proceso**

Se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio (ej. electricidad) o producto (ej. gasolina) al procesar y manipular materia prima e insumos (ej. agua, petróleo crudo, gas natural, catalizador).

- **Sistemas**

Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso, que tienen una función específica (ej. separación de gas, suministrar aire, regeneración de catalizador, etc.).

2.2. El análisis de criticidad

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, lo cual permitirá subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Desde el punto de vista matemático, la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Aquí la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como «categorías», de las tablas categoría de las frecuencias de ocurrencia y categoría de los impactos, respectivamente.

Matriz de criticidad

Figura 3.



Fuente: elaboración propia a partir de Olarte et al. 2010

Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la matriz de criticidad diseñada, para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

En función de lo antes expuesto, se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad

- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de fallo

El establecimiento de criterios se basa en la revisión y análisis de estos seis criterios fundamentales. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, se introducen factores de ponderación y se realizan cuantificaciones. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

Emprender un análisis de criticidad tiene su máxima aplicabilidad cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades:

- Fijar prioridades en sistemas complejos
- Administrar recursos escasos
- Crear valor
- Determinar impacto en el negocio
- Aplicar metodologías de confiabilidad operacional

El análisis de criticidad se aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio del que formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

2.2.1. En el ámbito de mantenimiento

Al tener plenamente establecido qué sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

2.2.2. En el ámbito de inspección

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica dónde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, etc.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.

2.2.3. En el ámbito de materiales

La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta; es decir, podemos sincerar el *stock* de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de inventario.

2.2.4. En el ámbito de disponibilidad de planta

Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

2.2.5. En recursos humanos

Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y el desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

2.2.6. Información requerida

La condición ideal sería disponer de datos estadísticos de los sistemas por evaluar que sean bien precisos, lo cual permitiría cálculos «exactos y absolutos». Sin embargo, desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de un registro de datos históricos de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios por evaluar. La información requerida para el análisis siempre estará referida con la frecuencia de fallas y sus consecuencias.

Para obtener la información requerida, el paso inicial es formar un equipo natural de trabajo integrado por un facilitador (experto en análisis de criticidad, y quien será el encargado de conducir la actividad) y por personal de las organizaciones involucradas en el estudio, como las operaciones, el mantenimiento y las especialidades, quienes serán los puntos focales para identificar, seleccionar y conducir al personal conocedor de la realidad operativa de los sistemas objeto del análisis. Este personal debe conocer el sistema y formar parte de las áreas de: operaciones, mecánica, electricidad, instrumentación, estructura, programadores, especialistas en proceso, diseñadores, etc.; adicionalmente deben formar parte de todos los niveles organizacionales de la organización, es decir, desde la gerencia hasta el colaborador de menor rango, dado que cada uno de ellos tiene un nivel particular de conocimiento, así como diferente visión del contexto.

Cuanto mayor sea el número de personas involucradas en el análisis, se tendrán mayores puntos de vista evitando resultados parcializados; además, el personal que participa nivela conocimientos y acepta con mayor facilidad los resultados, dado que su opinión fue tomada en cuenta.

3. Manejo de la información

El nivel natural entre las labores por realizar comienza con una discusión entre los representantes principales del equipo natural de trabajo, para preparar una lista de todos los sistemas que formarán parte del análisis. El método es sencillo y está basado exclusivamente en el conocimiento de los participantes, que será plasmado en una encuesta preferiblemente personal (puede adoptarse el trabajo de grupo, pero con mucho cuidado para evitar que «líderes naturales» parcialicen los resultados con su opinión personal).

El facilitador del análisis debe garantizar que todo el personal involucrado entienda la finalidad del trabajo que se realiza, así como el uso que se le dará a los resultados que se obtengan. Esto permitirá que los involucrados le den mayor nivel de importancia y que las respuestas sean orientadas de forma más responsable, lo cual evitará el menor número de desviaciones.

La mejor forma de conducir el manejo de la información es que el facilitador aclare cada pregunta, dando ejemplos para cada caso, para que luego los encuestados procedan con su respectiva respuesta.

Es aconsejable que el modelo de encuesta sea sencillo, para facilitar la dinámica de la entrevista, a la vez que permite el máximo confort a los entrevistados.

La definición de cada criterio es:

- **Frecuencia de fallo:** son las veces que falla cualquier componente del sistema.
- **Impacto operacional:** es el porcentaje de producción que queda afectado cuando ocurre la falla.
- **Nivel de producción manejado:** es la capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla.
- **Tiempo promedio para reparar:** es el tiempo para reparar la falla.
- **Costo de reparación:** costo resultado de reparar el fallo.
- **Impacto en seguridad:** posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas.
- **Impacto ambiental:** posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente.

3.1. Conceptos asociados al mantenimiento predictivo

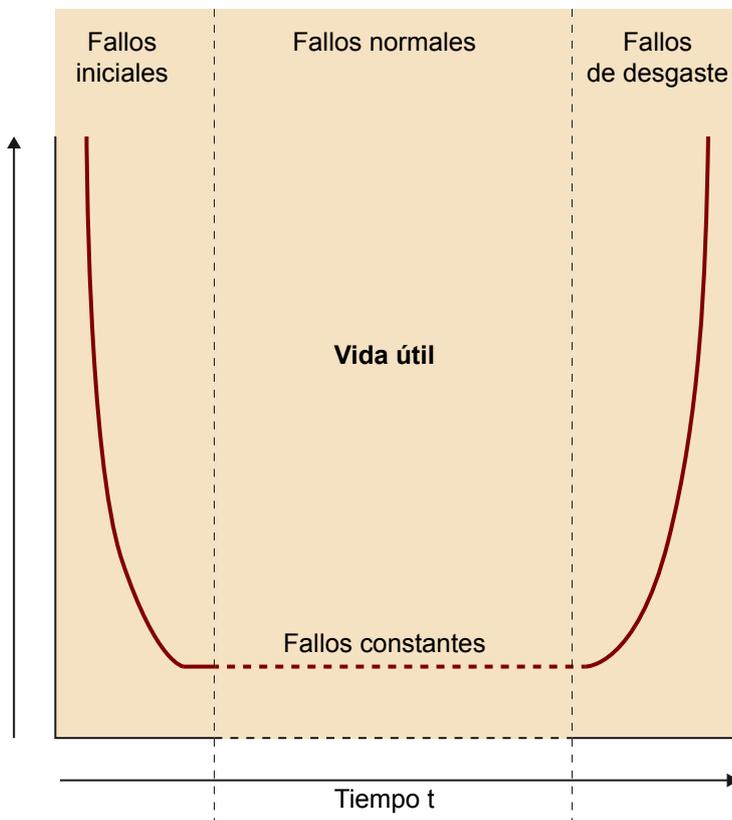
3.1.1. La curva de la bañera

La curva de la bañera es una gráfica que representa los fallos durante el periodo de vida útil de un sistema o máquina. Se llama así porque tiene la forma una bañera cortada a lo largo.

En ella se pueden apreciar tres etapas:

- 1) **Fallos iniciales:** esta etapa se caracteriza por tener una elevada tasa de fallos que desciende rápidamente con el tiempo. Estos fallos pueden deberse a diferentes razones como equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño del equipo, desconocimiento del equipo por parte de los operarios o desconocimiento del procedimiento adecuado.
- 2) **Fallos normales:** etapa con una tasa de errores menor y constante. Los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, condiciones inadecuadas u otros.
- 3) **Fallos de desgaste:** etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al paso del tiempo.

Figura 4. Curva de bañera



4. Técnicas utilizadas en el mantenimiento predictivo

4.1. Análisis de vibraciones

Esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones.

Todas las máquinas presentan ciertos niveles de vibración, aunque se encuentren operando correctamente; sin embargo, cuando se presenta alguna anomalía, estos niveles normales de vibración se ven alterados indicando la necesidad de una revisión del equipo.

Para que este método tenga validez, es indispensable conocer ciertos datos de la máquina: su velocidad de giro, el tipo de cojinetes o de correas, el número de alabes o de palas, etc. También es muy importante determinar los puntos de las máquinas en donde se tomaran las mediciones y el equipo analizador más adecuado para la realización del estudio.

El analizador de vibraciones, como se puede observar en la figura 5, es un equipo especializado que muestra en su pantalla el espectro de la vibración y la medida de **algunos de sus parámetros**.

Figura 5. Analizador de vibraciones



Fuente: Direct Industry

Las vibraciones pueden analizarse midiendo su amplitud o descomponiéndolas de acuerdo con su frecuencia; así, cuando la amplitud de la vibración sobrepasa los límites permisibles o cuando el espectro de vibración varía a través del tiempo, significa que algo malo está sucediendo y que el equipo debe ser revisado.

Los problemas que se pueden detectar por medio de esta técnica son:

- Desalineamiento
- Desbalance
- Resonancia
- Solturas mecánicas
- Rodamientos dañados
- Problemas en bombas
- Anormalidades en engranes
- Problemas eléctricos asociados con motores
- Problemas de bandas

4.2. Termografía

La termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas para determinar si se encuentran funcionando de manera correcta.

La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que, a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía.

Figura 6. Cámara termográfica



Fuente: Inceleris

En la figura 6, se muestra el instrumento utilizado para generar una imagen de radiación infrarroja a partir de la temperatura superficial de las máquinas. Se llama «cámara termográfica».

Gracias a las imágenes térmicas que proporcionan las cámaras termográficas, se pueden analizar los cambios de temperatura. Un incremento de esta variable, por lo general representa un problema de tipo electromecánico en algún componente de la máquina.

Las áreas en que se utilizan las cámaras termográficas son las siguientes:

- Instalaciones eléctricas
- Equipamientos mecánicos
- Estructuras refractarias

4.3. Análisis por ultrasonido

El análisis por ultrasonido está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas cuando presentan algún tipo de problema.

El oído humano puede percibir el sonido cuando su frecuencia se encuentra entre 20 Hz y 20 kHz; por tal razón, el sonido que se produce cuando alguno de los componentes de una máquina se encuentra afectado no puede ser captado por el hombre, pues su frecuencia es superior a los 20 kHz.

Las ondas de ultrasonido tienen la capacidad de atenuarse muy rápido debido a su corta longitud; esto facilita la detección de la fuente que las produce, a pesar de que el ambiente sea muy ruidoso.

Los instrumentos encargados de convertir las ondas de ultrasonido en ondas audibles se llaman medidores de ultrasonido o detectores ultrasónicos. Por medio de estos instrumentos, las señales ultrasónicas transformadas se pueden escuchar por medio de audífonos o se pueden observar en una pantalla, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Detector ultrasónico HUATEC



El análisis de ultrasonido permite:

- Detectar fricción en máquinas rotativas
- Detectar fallos y/o fugas en válvulas
- Detectar fugas en fluidos
- Detectar pérdidas de vacío
- Detectar arco eléctrico
- Verificar la integridad de juntas de recintos estancos

4.4. Análisis de aceite

El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante.

El aceite es muy importante en las máquinas porque las protege del desgaste, controla su temperatura y elimina sus impurezas. Cuando el aceite presenta altos grados de contaminación y/o degradación, no cumple con estas funciones y la máquina comienza a fallar.

La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse.

El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y de sustancias extrañas; por tal razón, es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina. El grado de degradación del

aceite sirve para determinar su estado mismo porque representa la pérdida en la capacidad de lubricar producida por una alteración de sus propiedades y la de sus aditivos.

La contaminación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de

- Partículas metálicas de desgaste
- Combustible
- Agua
- Materias carbonosas
- Insolubles

La degradación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de las siguientes propiedades:

- Viscosidad
- Detergencia
- Basicidad
- Constante Dieléctrica

La información proveniente de las pruebas físicas y químicas del aceite permite decidir sobre el plan de lubricación y mantenimiento de la máquina.

4.5. Inspecciones boroscópicas

Las inspecciones boroscópicas son inspecciones visuales en lugares inaccesibles para el ojo humano. Se hacen con la ayuda de un equipo óptico, el boroscopio. Se desarrolló en el área industrial a raíz del éxito de las endoscopias en humanos y animales.

El boroscopio, también llamado videoscopio o videoboroscopio, es un dispositivo largo y delgado en forma de varilla flexible. En el interior de este tubo hay un sistema telescópico con numerosas lentes, que aportan una gran definición a la imagen. Además, está equipado con una poderosa fuente de luz.

Figura 8. Boroscopio



Fuente: EXTECH

La imagen resultante puede verse en la lente principal del aparato, en un monitor, o ser registrada en un videograbador para su análisis posterior.

El boroscopio es, sin duda, otra de las herramientas imprescindibles para acometer trabajos de inspección en las partes internas de determinadas máquinas sin realizar grandes desmontajes, así como es una de las herramientas más utilizadas en el mantenimiento predictivo. Así, se utiliza ampliamente para la observación de las partes internas de motores térmicos (motores alternativos de combustión interna, turbinas de gas y turbinas de vapor), y para observar determinadas partes de calderas, como haces tubulares o domos.

Se usa no solo en tareas de mantenimiento predictivo rutinario, sino también en auditorías técnicas, para determinar el estado interno del equipo ante una operación de compra, de evaluación de una empresa contratista o del estado de una instalación para acometer una ampliación o renovar equipos.

Entre las ventajas de este tipo de inspecciones están la facilidad para llevarla a cabo sin apenas tener que desmontar nada y la posibilidad de guardar las imágenes, para su consulta posterior.

4.6. Otras técnicas de mantenimiento predictivo

- Ensayos
- Ensayos en sistemas eléctricos
- Ensayos en transformadores
- Ensayos en interruptores
- Ensayos en equipos blindados en SF6
- Medidas de descarga parciales
- Periodicidad de ensayos

Resumen

El mantenimiento predictivo permite identificar problemas en las maquinarias industriales de una forma rápida y eficaz, lo cual permite programar actuaciones sin correr el riesgo de interrumpir o entorpecer el proceso productivo. Esto repercute directamente en la reducción de costes, factor fundamental en los presupuestos habituales de una empresa, ya que las inversiones realizadas en mantenimiento predictivo permiten ahorrar en soluciones posteriores si se produjeran daños en la maquinaria utilizada.

Bibliografía

CONSTRUSUR *Análisis de vibración para mantenimiento predictivo*. <http://www.construsur.com.ar/Noticias-article-sid-217.html>

Guías Técnicas IRIM (2017). *Manual mantenimiento predictivo*. Madrid: Renovetec.

Olarte, Botero y Cañón (Agosto 2010). «Technologies of maintenance predictive used in the industry». Publicado en: *Scientia et Technica*. Año XVI, No 45. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.

PEMEX *Metodología análisis de criticidad (AC)*. http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

STD *Aplicando el monitoreo de vibraciones acústicas al mantenimiento predictivo*. <http://www.vibratec.net/files/ultrasonido/pdf/Deteccion%20Ultrasonica%20-%20Allan%20Rienstra%20SDT.pdf>

LAN Instruments International. *Guía básica a la termografía*. http://www.landinst.es/infrarroja/descarga_de_ficheros/pdf/Termografia_Guia_Basica.pdf

