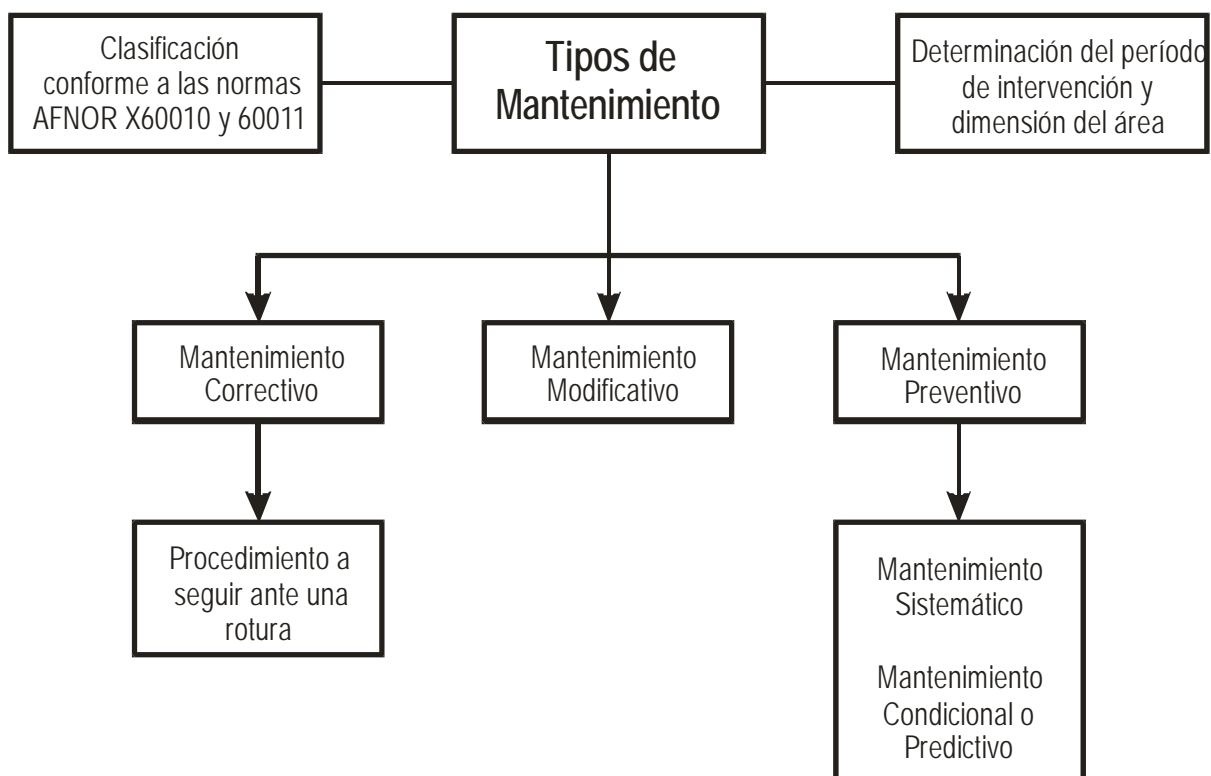


Tipos de Mantenimiento

3.0. Esquema conceptual de la unidad



En esta unidad estudiaremos:

- Clasificación del mantenimiento de acuerdo a las normas AFNOR X60010 y 60011
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento modificativo
- Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento sistemático
 - Mantenimiento condicional o predictivo:
 - ventajas
 - objetivos
 - herramientas y ensayos no destructivos
 - el sistema supervisor-diagnosticador
- Determinación del período de intervención y dimensión del área

3.1. Clasificación del mantenimiento de acuerdo a las normas AFNOR X60010 y 60011

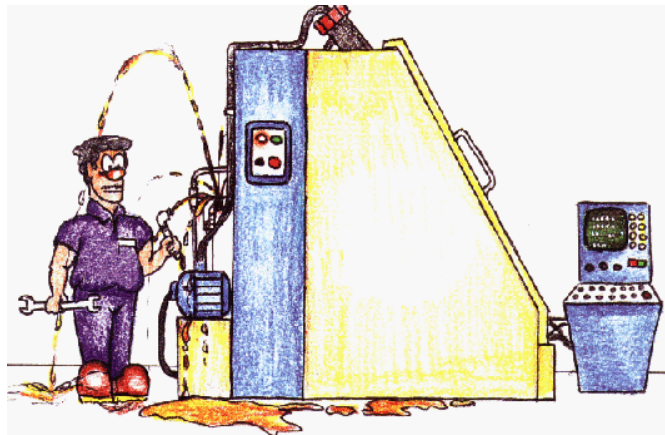
Tipos de mantenimiento(Según las normas AFNOR X 60010 Y 60011)



A continuación veremos los distintos tipos de mantenimientos:

3.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.



El principal inconveniente con que nos encontramos en este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

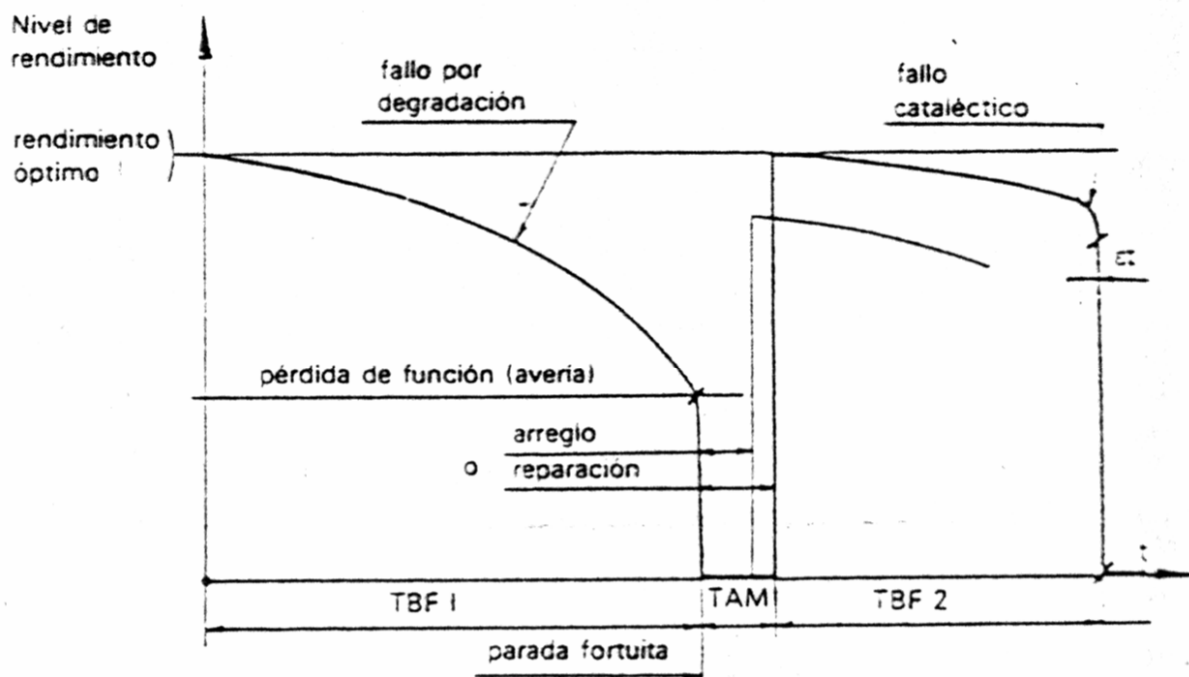
Sus características son:

- 1) Está basada en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- 2) Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- 3) Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- 4) Tiene un bajo nivel de organización.
- 5) Se denomina también mantenimiento accidental.

Decimos que:

Mantenimiento correctivo es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o una falla ya ocurrida, en éste caso las instalaciones, máquinas o equipos operan con deficiencia o directamente no funcionan.

A continuación veremos la curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas.



Ley de degradación desconocida

3.2.1. Procedimiento a seguir ante una rotura

- Efectuar un diagnóstico para determinar cuales fueron los componentes dañados y cuales hay que cambiar.

- Determinar el tiempo estimado de reparación y analizar si se pueden realizar reparaciones de emergencia para que la máquina, equipo o instalaciones, puedan seguir funcionando, a ritmo normal o a un ritmo inferior o disminuido.
- Establecer la cantidad de operarios, medios y herramientas para repararla.
- Gestionar los repuestos si hubiese stock en la empresa o de lo contrario activar su compra o construcción.

El objetivo en toda empresa es llegar a disminuir al mínimo las intervenciones de mantenimiento correctivo, puesto que éste se realiza cuando la falla se produjo y generalmente se rompen más componentes que si hubiésemos detectado la falla con antelación. Una forma de lograr esto es implementar el Mantenimiento Preventivo, que veremos más adelante.

3.2.2. Calculo de costos de mantenimiento correctivo

El costo directo asociado con cada tarea de mantenimiento correctivo, CTMC, está relacionado con el costo de los recursos de mantenimiento necesarios para la conclusión con éxito de la tarea. La expresión general del costo de cada tarea de mantenimiento correctivo tendrá la forma siguiente:

$$CTMC = CDMC + CLC$$

Donde:

CTMC: Costo total de la política de mantenimiento correctivo

CDMC: Costo directo de mantenimiento correctivo.

CLC: Costo por lucro cesante

A su vez se tiene:

$$CDMC = MODM + CR + CM + CH$$

Donde:

MODM: Es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas – hombre de mantenimiento correctivo por el costo unitario de la hora- hombre.

CR: Es el costo de repuestos utilizado en el momento de las reparaciones.

CM: Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento.

CH: Indica el costo de herramental para mantenimiento.

Por otro lado se tiene que los costos por el lucro cesantes obtienen de la siguiente manera:

$$CLC = CO + CI + CDRP$$

Donde:

CLC: Costo por lucro cesante.

CO: Costo de oportunidad por hora, el cual se interpreta como la utilidad que se deja de percibir por no producir piezas. Este costo se estima por hora.

CI: Este costo es denominado costo por incumplimiento y representa el valor de la multa que el cliente cobra a la empresa por no suministrar las piezas, las cuales se deben reponer fuera de la línea de producción. El costo se calcula como la mano de obra necesaria para reponer las piezas fuera de la línea. Normalmente este costo asciende a un promedio de por hora de parada crítica (superior a una hora).

CDRP: Este término es denominado costo por deterioro de la producción, representa todas las erogaciones debido a materiales inmovilizados, personal en espera, tiempos necesarios para retomar la marcha de la producción, piezas deterioradas, etc.

3.3. Mantenimiento Modificativo

Con éste nombre se conocen **las acciones que lleva a cabo mantenimiento**, tanto **para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos**, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento puede aparecer en tres épocas de la vida de estos componentes:

- La primera oportunidad es cuando se pone en funcionamiento por primera vez. Las instalaciones, sistemas, equipos y máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar. Estaríamos ante un mantenimiento de proyecto.
- La segunda época en la que puede aparecer es durante su vida útil. Se trata de modificar las instalaciones, máquinas o equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas. El análisis de las causas de las averías es el origen de éste tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.
- Por último éste mantenimiento se utiliza cuando una máquina entra en la época de vejez. En ésta ocasión se lo trata de reconstruir para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil. Es en éste momento cuando se introducen todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento.

Este mantenimiento también tiene como objetivo el de realizar una reforma parcial en una máquina, equipo o sistema con el fin de obtener un mejor rendimiento de la misma de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación.

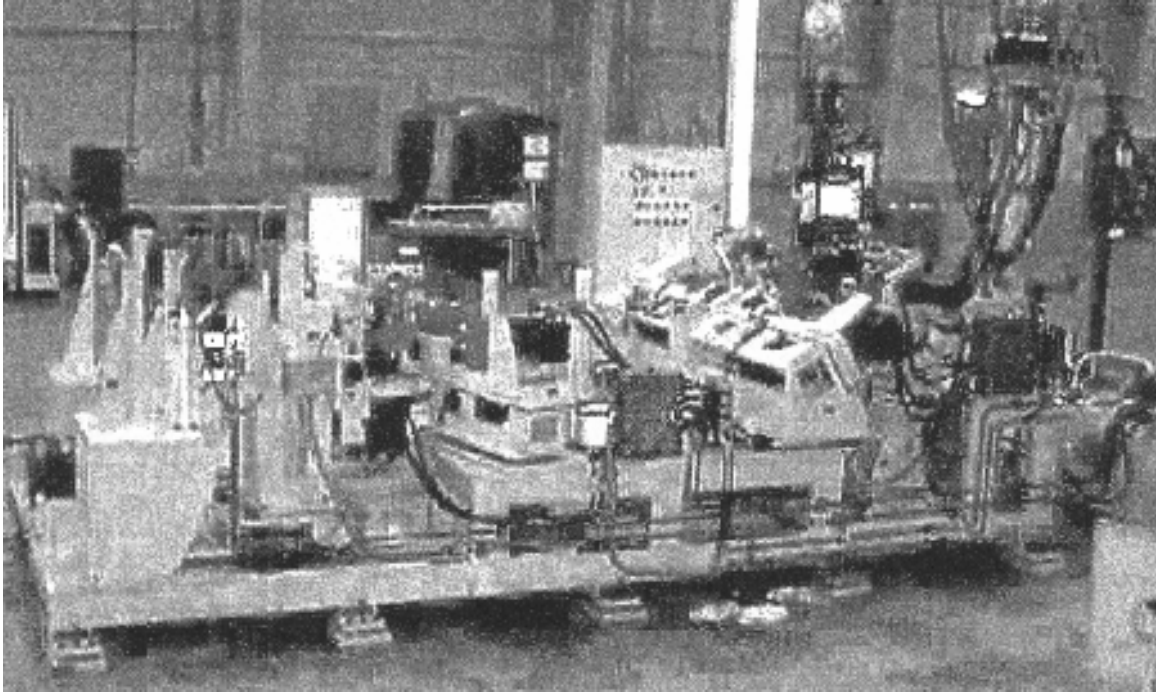
Cabe destacar que éste tipo de mantenimiento va de la mano con la fiabilidad de las máquinas, ya que cuando se realiza la mejora, se está buscando una máquina más confiable y adaptable a la operación que realiza.

Este tipo de mantenimiento debe ser regulado y adaptado a cada realidad industrial para poder identificar el área de prioridad.

Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar éste tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar trabajos de ésta naturaleza, ya que al realizarlo estaríamos rediseñando de alguna forma la máquina a utilizar, sabiendo la complejidad que esto implica.

Ejemplo:

Este es un ejemplo práctico de mantenimiento modificativo que se realizó en la planta Chrysler S.A. sobre una punzonadora de carrocerías la cual perfora la zona de los ejes en el área de chapa, para el posicionamiento y sujeción de los mismos.



Esta punzonadora funcionaba básicamente con un sistema hidráulico manual, el cual después de que se cerraban los clamps de sujeción de carrocería, hacía actuar a todos los cilindros hidráulicos secuencialmente, habiendo solo un accionamiento para todos éstos. Con el paso del tiempo la punzonadora empezó a fallar manifestando errores tales como: no accionado de los cilindros, provocando falta de agujeros en la carrocería; mal posicionamiento de carros de cilindros, ocasionando agujeros fuera de los ejes de especificación; mal cierre de los clamps de sujeción de la carrocería.

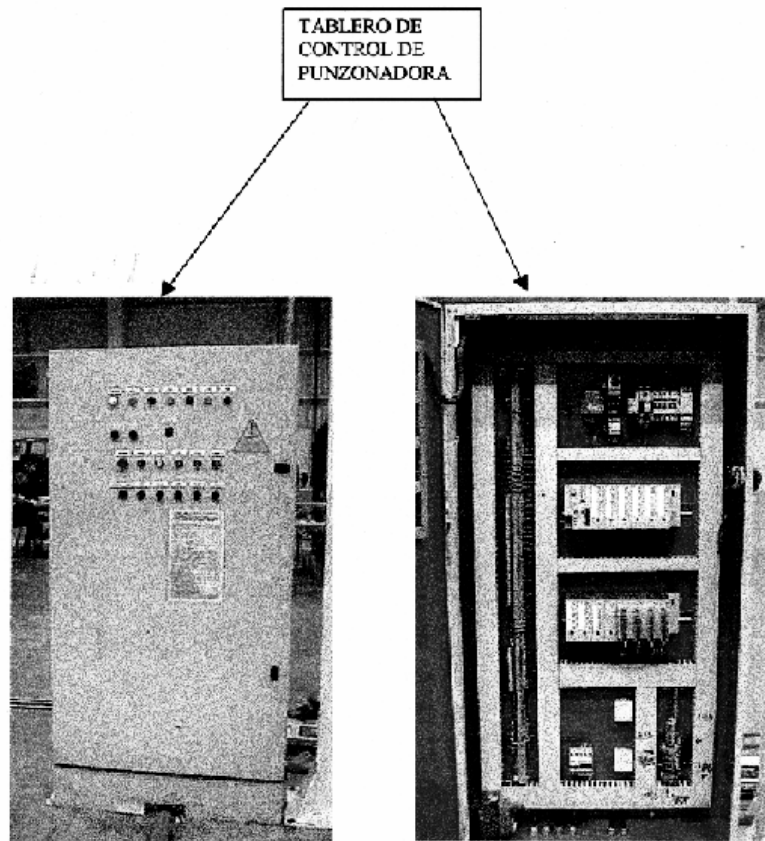
En ese momento la fiabilidad de la máquina no era buena, la forma de solucionar estos problemas resultaba muy compleja, ya que el circuito se accionaba solo una vez y hasta que no terminaban de cerrar todos los cilindros, no se podía efectuar ninguna maniobra correctiva, como tampoco se contaba con una individualización del sistema, por esta causa al corregir un cilindro o alguno de sus accesorios, se afectaba el funcionamiento de los otros.

Al analizar el problema se descubrió que era grave, ya que afectaba directamente a la calidad del producto y ocasionaba aumentos en los tiempos, por otro lado la máquina tenía que ser reparada frecuentemente lo que incrementaba aun más los costos.

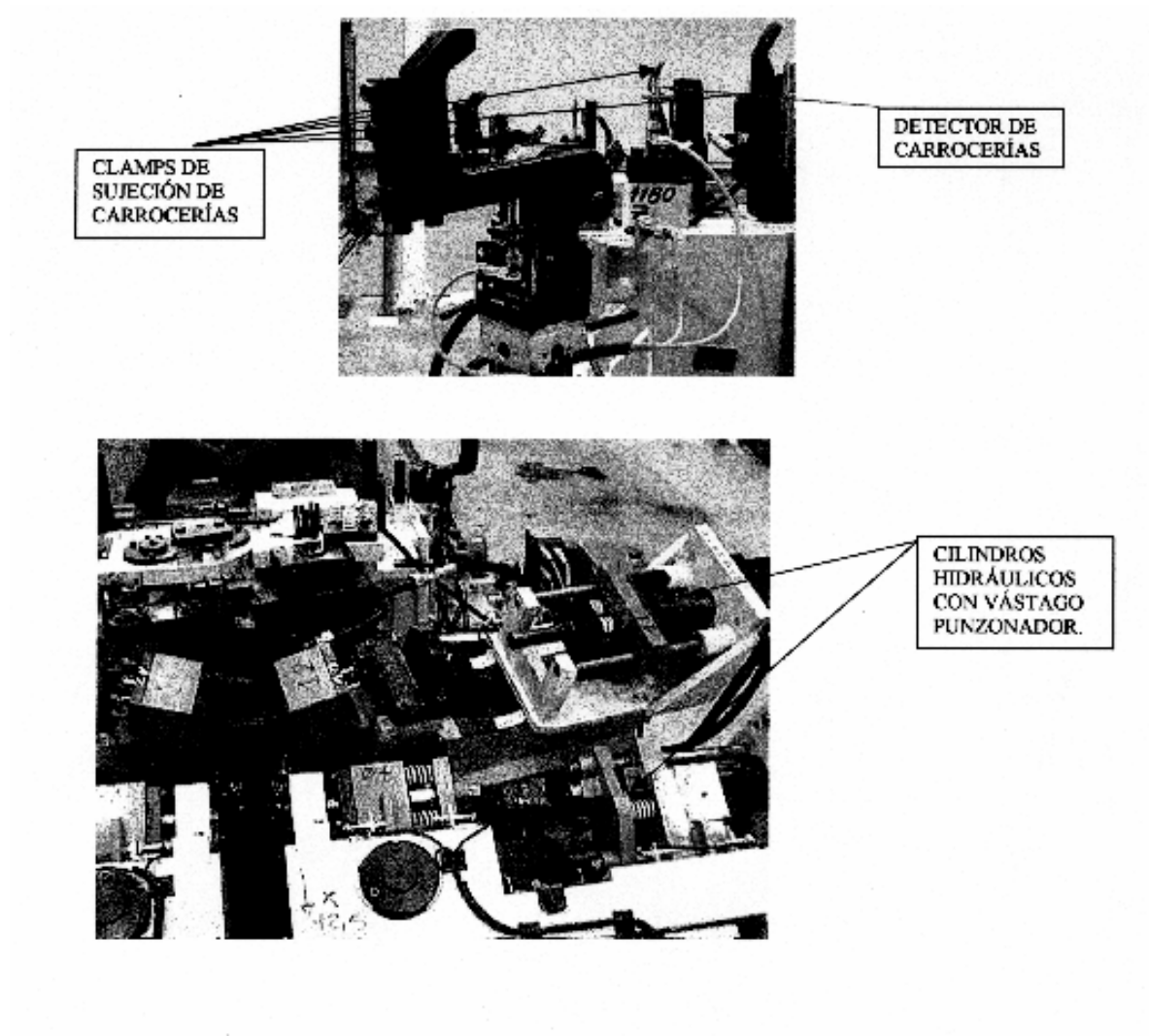
Esto llevó a la conclusión que debía efectuarse un mantenimiento modificativo para mejorar el producto y la fiabilidad de la punzonadora.

Se comenzó a trabajar sobre la base de los defectos que manifestaba la máquina, para lo cual se tuvo que realizar primero un estudio general sobre el funcionamiento de la misma.

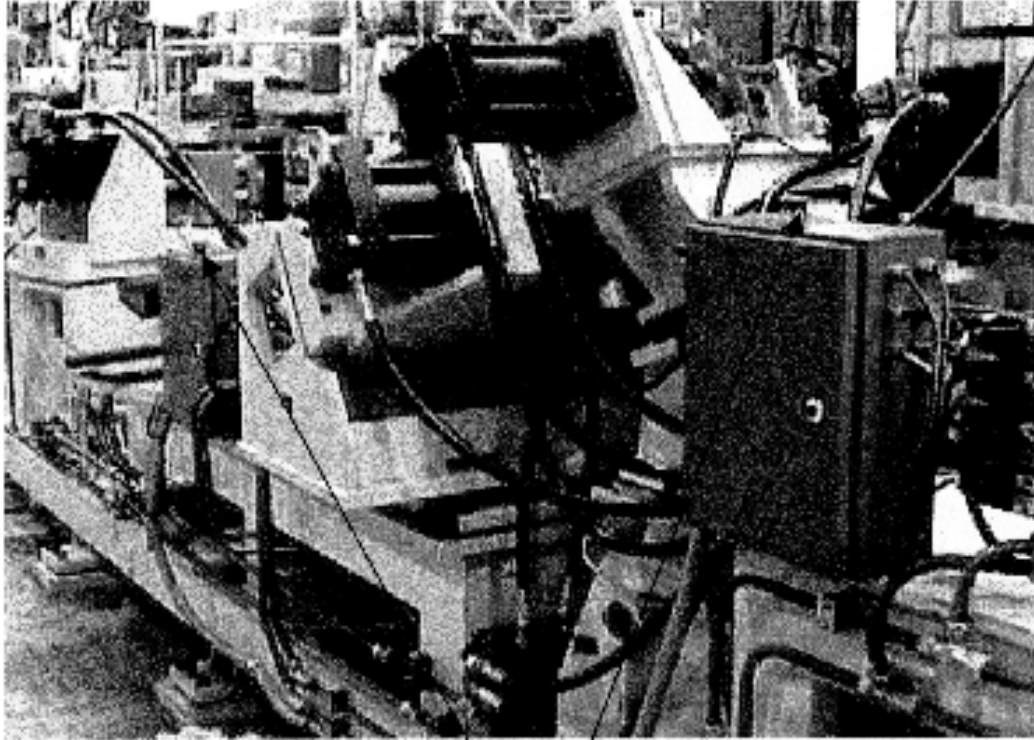
Como el problema principal era general, se realizó una modificación llevando el control de todos los cilindros hidráulicos a un tablero, el cual indica cuándo existe una falla y en qué cilindro ocurre.



También para controlar el proceso, se colocaron varios detectores con el fin de que los clamps no cierren hasta que éstos capten el contacto con la carrocería; de la misma forma se colocaron detectores en los extremos de los clamps.



A fin de obtener un mayor control sobre la máquina, se colocaron dos hongos de seguridad que accionados manualmente en cualquier momento, detiene el funcionamiento total de la punzonadora.



HONGOS DE
SEGURIDAD PARA
DETENCIÓN DE
PROGRAMA

De esta forma se mejoró considerablemente la fiabilidad de la máquina, se bajo los costo y mejoro la calidad de las piezas, consiguiendo asi los objetivos prefijados.

3.4. Mantenimiento Preventivo

*El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un **sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas** y de un **servicio de trabajos de mantenimiento** previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continúa.*

Es decir, el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Es **la intervención** de mantenimiento **prevista, preparada y programada** antes de la fecha probable de aparición de una falla.

En definitiva, se trata de dotar a la organización, de un sistema que le permita detectar y corregir el origen de las posibles fallas técnicas y no reparar las consecuencias de las mismas, una vez que éstas se han producido.

Detección precoz = Corrección preventiva



Cualquiera que sea el nivel de mantenimiento preventivo aplicado, subsistirán inexorablemente fallas residuales de carácter aleatorio.

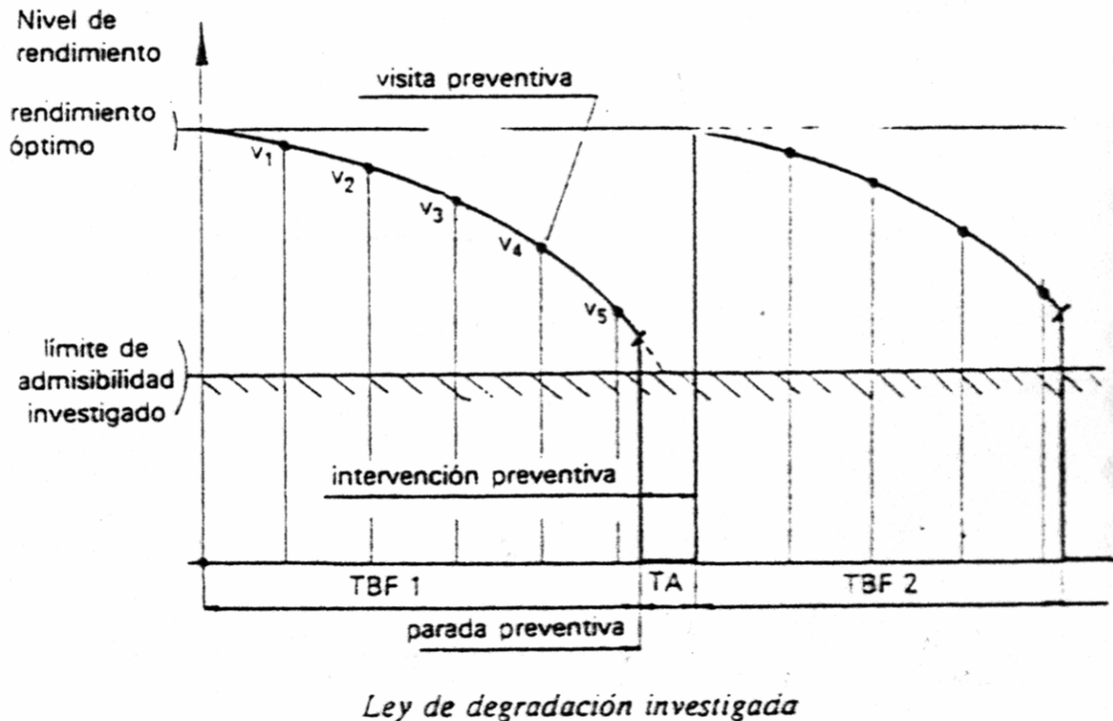
Y en forma general, reduciendo los imprevistos o fortuitos, se mejora el clima en cuanto a las relaciones humanas, porque sabemos que cuando sucede algún problema, se crea una tensión a nivel de personas.

Se debe implementar una política de mantenimiento preventivo **eficaz**, es decir, no se puede hacer el preventivo sin un servicio de métodos que cuantificará el costo directo del mantenimiento, que a su vez nos permita:

- La gestión de documentación técnica.
- Preparar intervenciones preventivas.
- Acordar con producción paradas programadas.

Es decir, todas las condiciones necesarias para el mantenimiento preventivo.

A continuación veremos la curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas.



3.4.1. Mantenimiento Sistemático

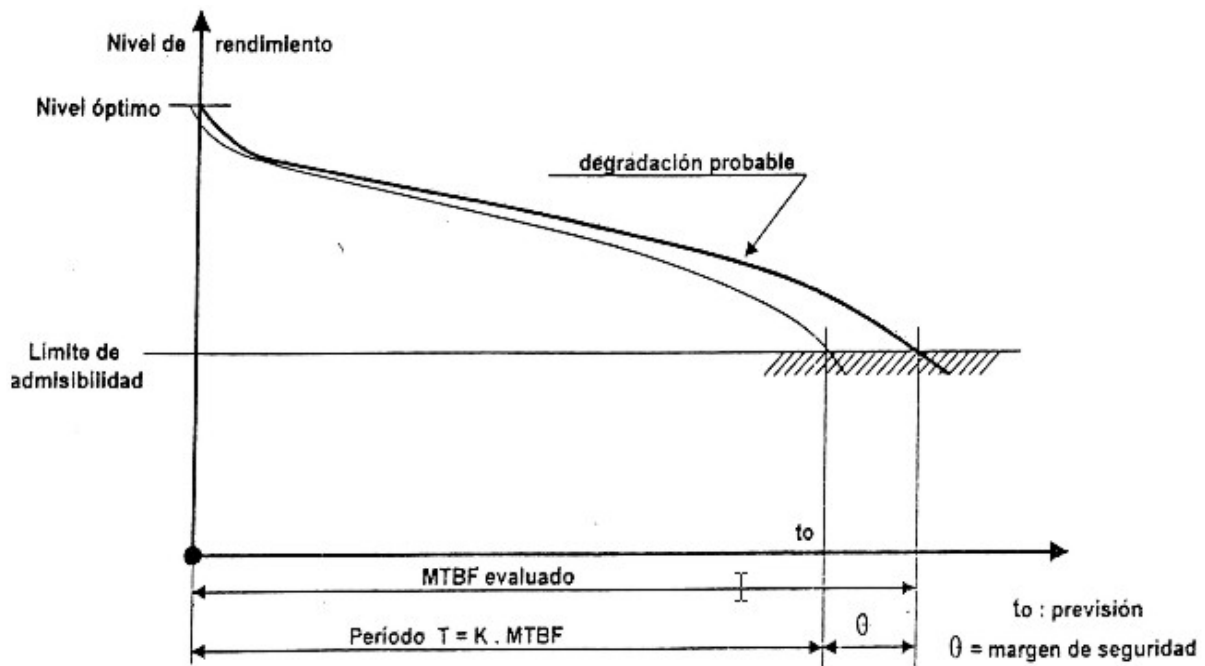
Mantenimiento Sistemático es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas.

Este requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es decir, se asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los materiales. Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención.

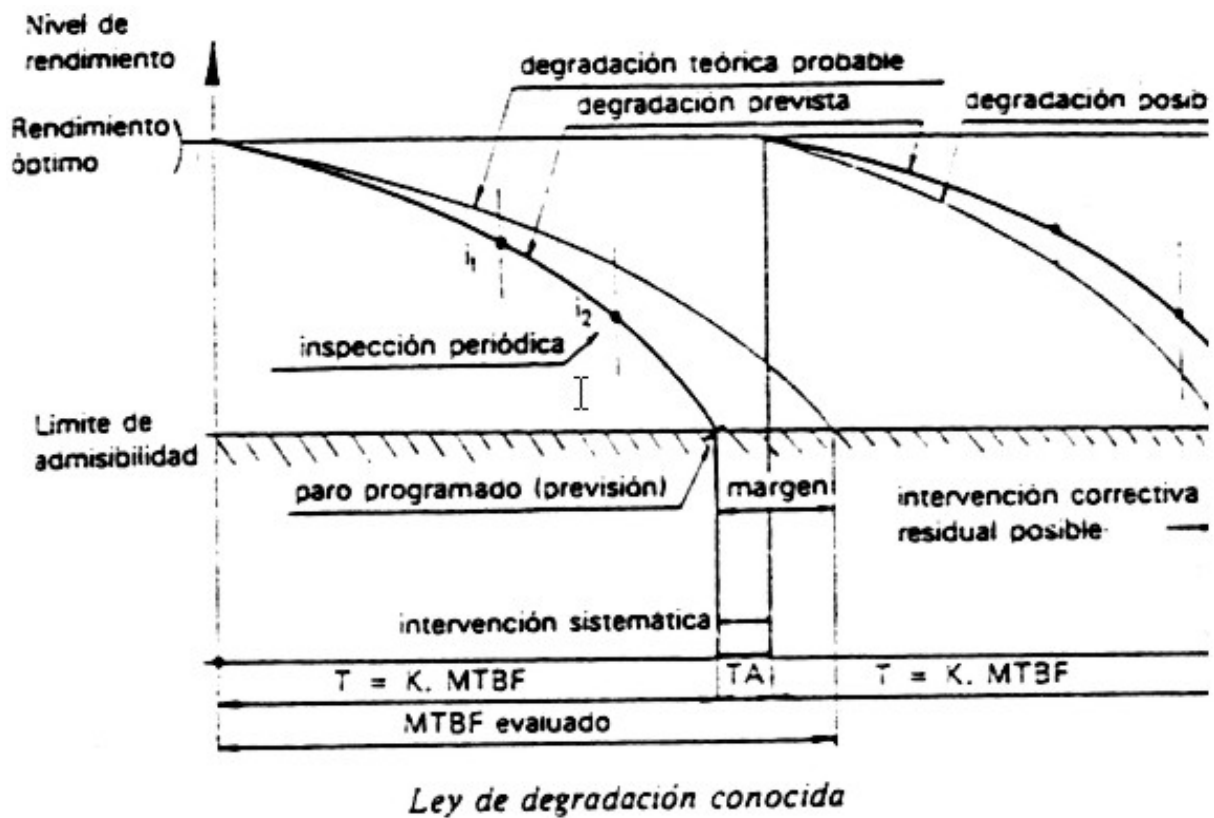
Para poder utilizar datos estadísticos será necesario que transcurra un cierto tiempo, para poder contar con los datos históricos de cada equipo.

De tal modo que el preventivo se retrasa con respecto a la falla y el mantenimiento correctivo toma el lugar del preventivo y neutraliza los posibles beneficios.

Sobre la base de lo expuesto, el mantenimiento preventivo requiere una correcta metodología para determinar su periodo de intervención.



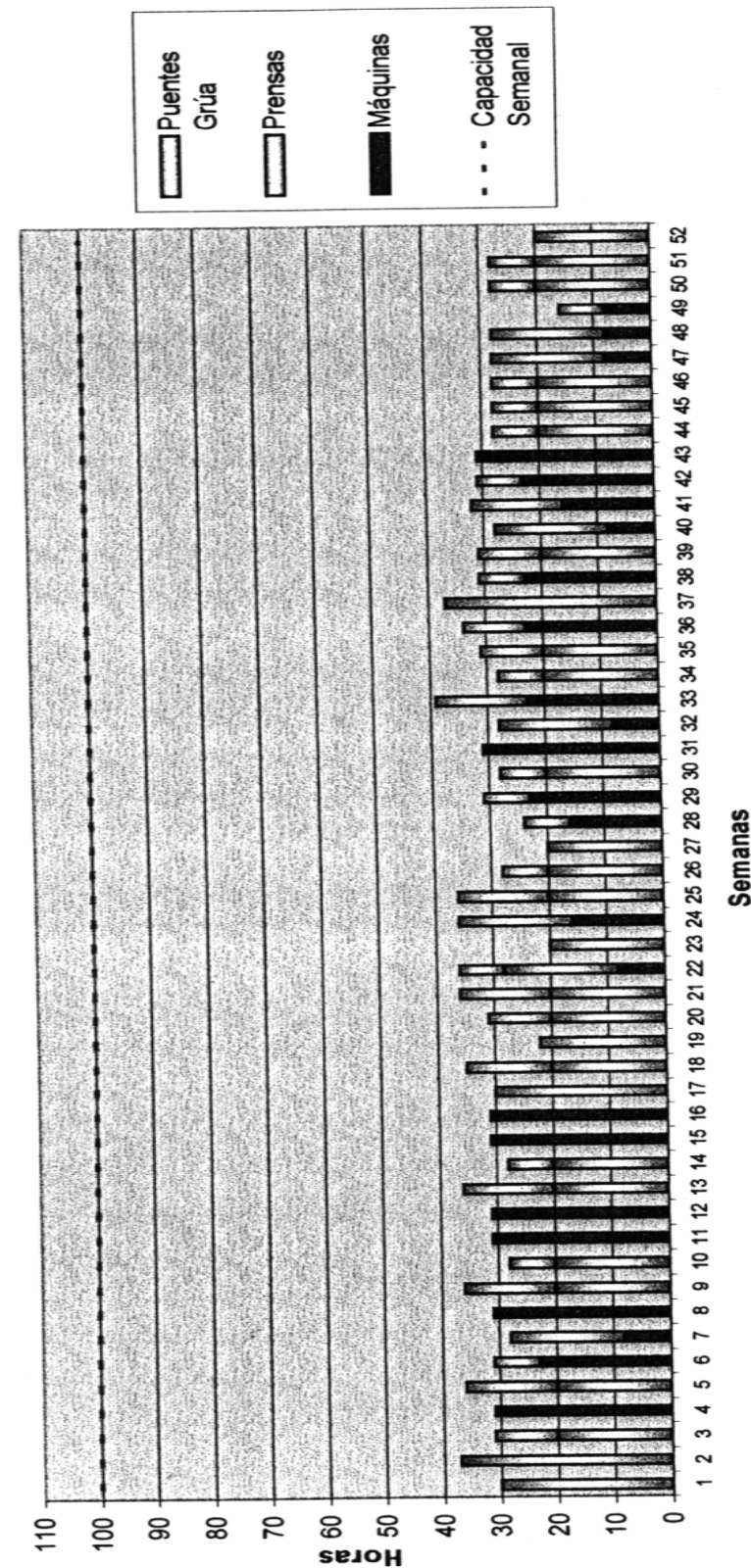
A continuación veremos la curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas.



Planilla de panificación de mantenimiento preventivo (ejemplo)

SEMANAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Maquina Tipo	No. Maq.	Prioridad	Frecuencia	Hs Est.	Gama																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Fresadora	22	3	Semestral	23	MPPre1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Carga del mantenimiento Preventivo (ejemplo)



3.4.1.1. Cálculo de costos de la política de mantenimiento sistemático

Estos costos están compuestos por los costos directos de mantenimiento preventivo y por los costos de mantenimiento correctivo asociados a la infiabilidad que va a existir

$$CTPM = CDMP + CMC$$

Donde:

CTMP: Costo total de la política de mantenimiento preventivo.

CDMP: Costo directo de mantenimiento preventivo.

CMC: Costo por mantenimiento correctivo.

A su vez tenemos que:

$$CDMP = MOMP + CR + CM + CH + Cstock + CO$$

Donde:

MOMP: Es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas – hombre-.

CR: Es el costo de los repuestos cambiados.

CM: Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento preventivo.

CH: Indica el costo de herramental para mantenimiento preventivo.

CO: Costo de oportunidad por parada para mantenimiento preventivo.

Cstock: Es el costo de mantener el inventario de repuestos.

Por otro lado se tiene que los costos por lucro cesante se obtienen como un porcentaje del mantenimiento correctivo.

$$CMC = \% CTMC$$

3.4.2. Mantenimiento Condicional o Predictivo

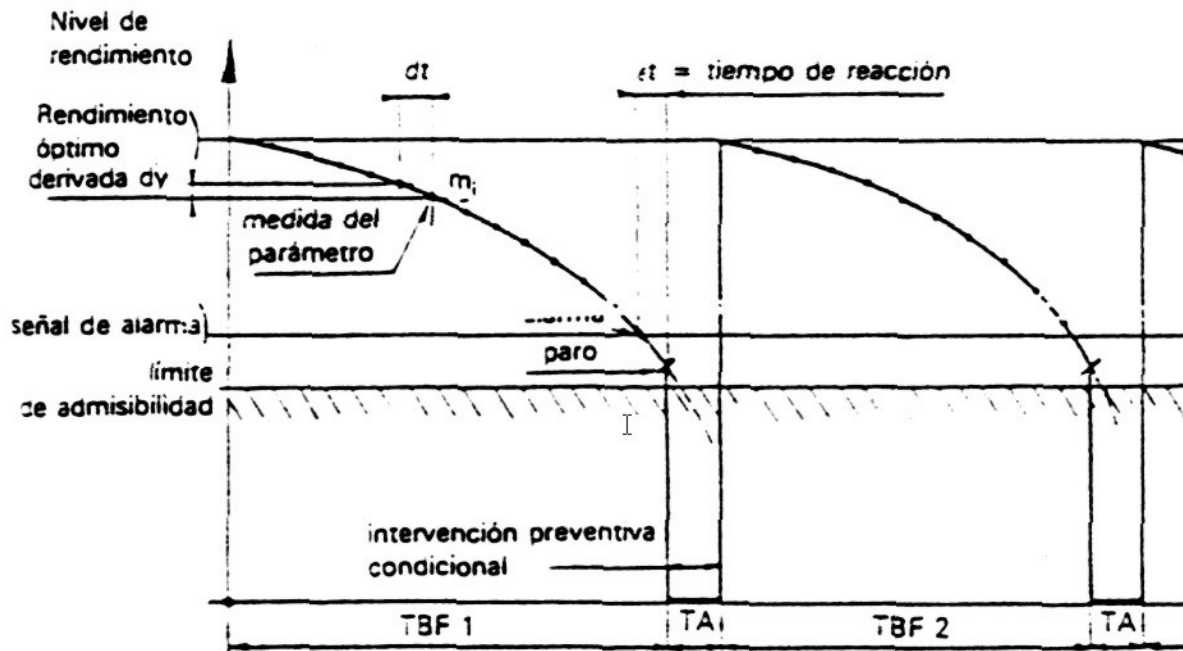
Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamientos cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en que periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando.

La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

A continuación veremos la curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas.



Ley de degradación innecesaria

3.4.2.1. Ventajas del mantenimiento predictivo



- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Por ultimo garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

3.4.2.2. Objetivos del mantenimiento predictivo

Ahora con el Mantenimiento Predictivo sólo se va a arreglar un equipo cuando se sabe que presenta un fallo y no se interfiere con equipos que funcionan bien.

Establecer tendencias en el tiempo de los fallos que se empiezan a desarrollar. Se puede hacer con precisión, y las operaciones de mantenimiento se pueden planificar de tal manera que coincidan con paros programados de la planta.

Ahora bien los objetivos más importantes de este mantenimiento son:

Reducción de los tiempos muertos, de los inventarios, de tiempos extras, de compras de piezas emergentes; lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos principalmente a los departamentos encargados de mantenimiento.

3.4.2.3. Técnicas de ensayo no destructivos

“Las herramientas de mantenimiento predictivo se pueden encontrar en un amplio rango de costos, sofisticación y niveles de experiencia y conocimientos requeridos para interpretar eficazmente los resultados del diagnóstico”.

Este tipo de ensayo esta dirigido fundamentalmente a la detección de defectos causados por fatiga. Es sabido, estadísticamente, que la mayoría de las fallas estructurales, sobre todo en las piezas solicitadas por acciones dinámicas, se deben a la fatiga.

En las piezas pueden existir múltiples defectos que no impiden la utilización racional de éstas. El problema real consiste en decidir, cuando se determinan una falla, si la misma es perjudicial o inofensiva. Esta decisión sobre la aceptación o rechazo está basada, en general, en la siguiente información: ubicación, tamaño, forma del defecto, solicitación en correspondencia, material y características del mismo, función que debe cumplir el elemento, confiabilidad requerida, etc. Para

determinados elementos se han creado patrones de rechazos y aceptación, pero en general depende en última instancia del criterio y experiencia acumulada por el operador.

Interesa que la inspección se realice en forma preventiva. Esta puede llevarse a cabo en las siguientes oportunidades o circunstancias:

- a) Al estado de suministro de compra.
- b) Durante las distintas etapas de fabricación.
- c) Durante las inspecciones periódicas.
- d) Después del reacondicionamiento.

La elección del método más conveniente o apropiado está condicionada a diversos factores, siendo tan diversos los problemas de control no resulta raro que un elemento mecánico deba ser sometido a más de un ensayo no destructivo. Debemos recordar que cada técnica de ensayo no destructivo es apta para resolver un determinado problema.

Con la idea de poder reforzar los programas de mantenimiento en función de mejorar la calidad y la productividad de la planta, estas son algunas de las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados:

- 1) Análisis de Aceite.
- 2) Termografía (análisis infrarrojo).
- 3) Análisis de vibración.
- 4) Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- 5) Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- 6) Monitores de tonelaje.
- 7) Inspeccion mediante particulas magneticas.
- 8) Inspeccion por ultrasonido.
- 9) Inspeccion Radiografica.
- 10) Inspeccion mediante liquidos penetrantes.

1. Análisis de aceite

En el análisis de aceite se comparan los lubricantes usados con los nuevos, para determinar:

- Las condiciones del lubricante.
- La presencia de contaminantes.
- Las condiciones de las superficies de desgaste.

Tipos de ensayos

Espectroscopia por emisión atómica:

Identifica las partículas metálicas muy finas disueltas en el lubricante.

Las partículas gruesas (desgaste severo) no son analizadas.

Viscosidad:

Mide las capacidades del flujo de un lubricante.

Otros ensayos físicos y químicos:

- Evalúa si el aceite es o no adecuado para el servicio.
- Servicios de laboratorios costosos – anuales en equipos críticos.

Aplicaciones

- Monitoreo de equipos con tanques de lubricación
- Determinar el reemplazo del aceite, tomando como base las condiciones y no los calendarios/medidores internos.
- Frecuentemente usado junto con el análisis de vibración para confirmar las conclusiones.

2. Termografía

La termografía utiliza sistemas de cámaras sensibles a los rayos infrarrojos para capturar la radiación (calor) emitida por los objetos, con el fin de producir una “imagen”. Los patrones térmicos basados en las diferencias de temperatura, son registrados en video para su inmediata reproducción, procesados por sistemas de análisis de imagen por computadoras y desarrollados en copias Xerox impresas a los fines de documentación y pedidos de trabajo.

La imagen térmica es útil para su aplicación en Mantenimiento Predictivo en dos modos:

- 1) Es un método de no-contacto para identificar componentes mecánicos y eléctricos que están “más calientes” que lo normal, frecuentemente es una indicación de falla inminente.
- 2) Indica la pérdida excesiva de calor, que usualmente es un signo de aislamiento incorrecto o inadecuado.

Aplicaciones

- Durante el ensayo final (en fábrica) de los equipos nuevos.
- La puesta en marcha inicial in situ del equipo.
- Análisis /tendencias rutinarias.
- Verificación de acciones de reparación.



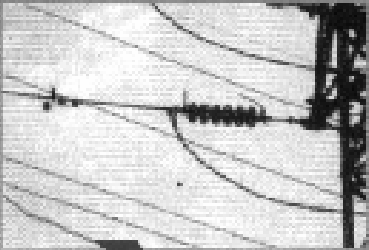
- Resolución de problemas.
- Ideal para la explotación de equipos eléctricos en busca de componentes defectuosos, identificando:
 - Desgaste normal.
 - Contaminación química.
 - Fatiga.
 - Montaje o instalación incorrectos.
 - Conexiones flojas.
 - Condiciones de sobrecarga.
 - Sistema principal de distribución eléctrica.
 - Exploración de componentes mecánicos en busca de calor excesivo (cojinetes, falta de alineado, etc.).
 - Exploración de techos (pérdida de energía, humedad).
 - Exploración de aislamiento de estufas/refractarios.
 - Sistemas de vapor (pérdidas, aislamiento, trampas).

Ejemplo de quipo para realizar Termografia

TERMOGRAFIA

Para mantenimiento preventivo/predictivo en:

- Usinas eléctricas
- Plantas Industriales
- Acerías
- Petroquímicas
- Contactores y tableros de comando y distribución



The image is a composite graphic for a thermography equipment advertisement. At the top, the word 'TERMOGRAFIA' is written in large, bold, white, pixelated capital letters against a dark background. Below this, on the left, is a list of applications for thermography, preceded by the phrase 'Para mantenimiento preventivo/predictivo en:'. The list includes: 'Usinas eléctricas', 'Plantas Industriales', 'Acerías', 'Petroquímicas', and 'Contactores y tableros de comando y distribución'. To the right of the text, there are three thermal images. The top one shows a power line with a hot spot. The middle one is a similar image with a data overlay showing 'T1= 46.5', 'T2= 47.5', and 'T3= 47.5'. The bottom two images show a contactor from different angles, highlighting a hot spot on its top surface.

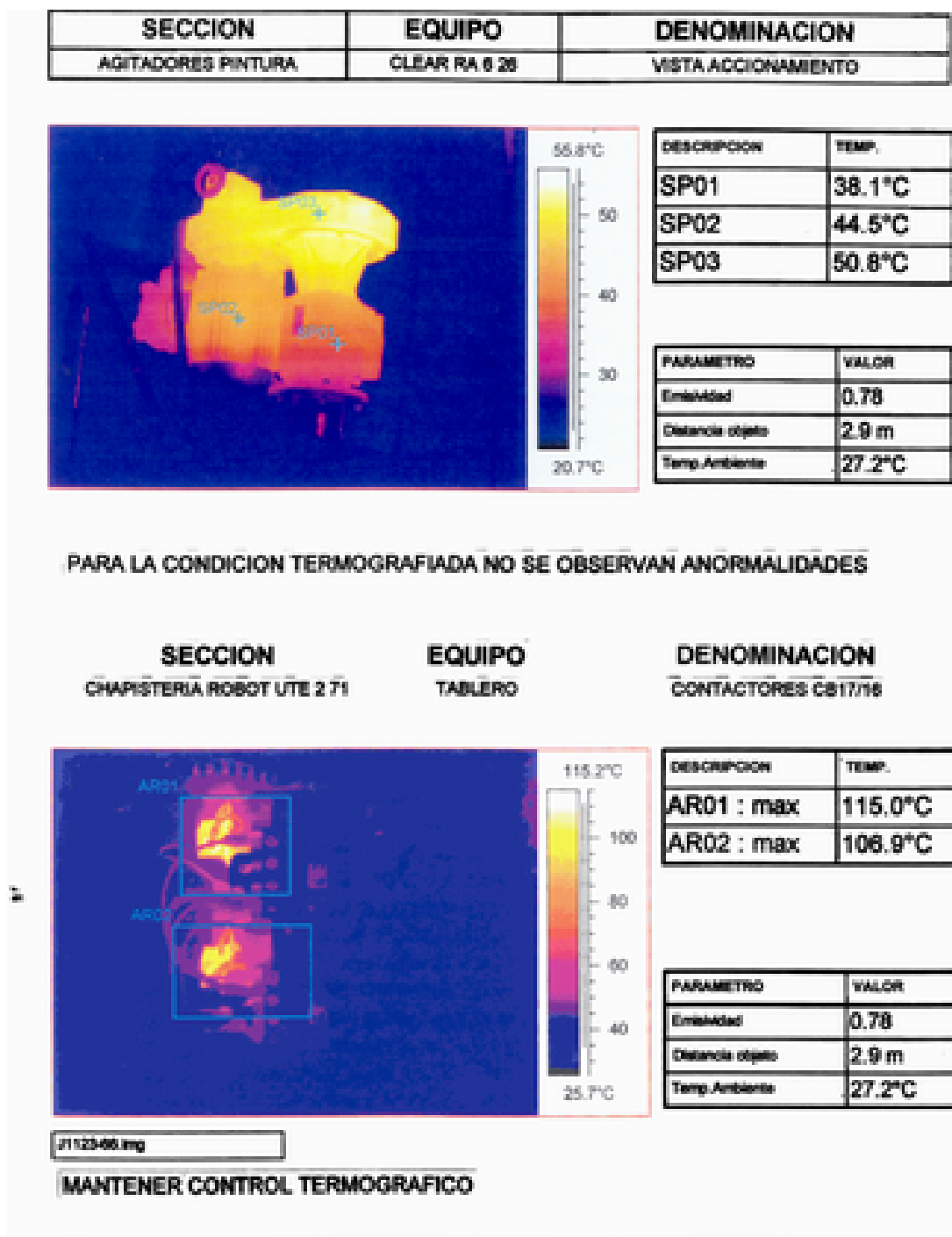
A black and white photograph showing a person's hand holding a handheld infrared thermometer. The thermometer's display shows a reading of 87.85. The background is a dark, industrial setting with vertical pipes and valves. The overall image has a grainy, high-contrast appearance.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

MEDICION DE TEMPERATURA SIN CONTACTO

Con los termómetros infrarrojos, el diagnóstico y la reparación de: bombas, motores, tableros eléctricos y maquinarias en general en cualquier planta son más simples, rápidas y efectivas. Se puede medir a distancia en zonas peligrosas o de difícil acceso. Sólo basta apuntar, apretar el gatillo y leer.

Ejemplo de informe termografico



Informe de Medición de Termografía

Sub estación transformadora N° 2 Tablero de baja tensión T2



Fusibles banco de capacitores
transformador N° 1

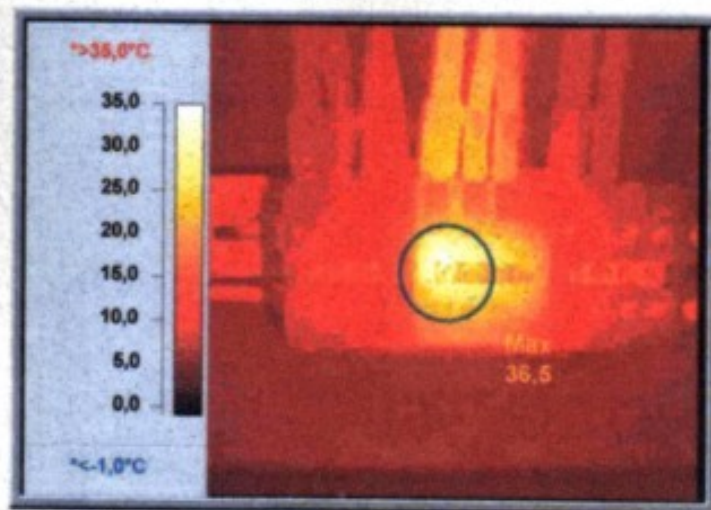
Time 09:39:30 AM
Date 02/07/2001
Zoom Level X 1
Telescope 16°
Filter None
Emittance 0,78

Se detectó alta temperatura en la mordaza inferior de la fase "T". Se recomienda reemplazar la base portafusible y limpiar la superficies de contacto de la cuchilla del fusible.

Tablero prueba de estanqueidad (A008-3)

Bornera 0L2

Time 10:12:55 AM
Date 02/07/2001
Zoom Level X 1
Telescope 16°
Filter None
Emittance 0,78



Se detectó alta temperatura en el puente de la bornera. Se observó que el tornillo que aprieta el puente está salido y no se lo puede ajustar, por lo que se recomienda reemplazar la bornera.

3. Análisis de vibración

Este análisis mide la frecuencia de las vibraciones del equipo para ayudar a diagnosticar el origen de las fallas y mide la amplitud para ayudar a determinar la severidad de las mismas.

Las vibraciones pueden deberse a:

- Carga desequilibrada.
- Falta de alineado.
- Desprendimiento.
- Correas defectuosas.
- Cojinetes deteriorados.
- Aflojamientos.

Tipos de alarmas de análisis de vibración

Los niveles de alarma del análisis de vibración frecuentemente incluyen:

- Alarma por falla
 - Advertencia de problemas críticos-falla inminente.
 - Alarma más alta.
- Alarmas de alerta.
 - Advertencia de una situación seria pero no crítica.
 - Advierte a los técnicos que una máquina se debería evaluar detalladamente.
 - Proporciona una advertencia anticipada para la planificación de acciones de reparación.
- Alarmas de índice de línea de base.
 - Monitorea la tendencia de la vibración a través del tiempo, para establecer una línea de base.
 - El nivel de alarma se establece tomando como base un aumento del porcentaje sobre una lectura de línea de base (referencia).
 - Las lecturas de la vibración de la corriente se compara con los datos más recientes, para detectar los problemas de los equipos nuevos.

Aplicaciones

- Es mejor utilizada en ejes de alta velocidad y equipos giratorios.
- Detecta los defectos de cojinetes/alineado.

Cuando:

- “Señales” (datos de línea de base) recogidas del equipo para monitorear los cambios.

- Las mediciones tomadas en equipos nuevos o reconstruidos pueden detectar futuros problemas, aún antes de la aceptación en producción. **(Elimina las fallas en lugar de predecirlas).**
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.
- Resolución de problemas.

Nota: Para evaluar correctamente un análisis de vibración se requiere experiencia, capacitación y personal calificado.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

COLECTOR DE DATOS DE VIBRACIONES

DSP Logger



CARACTERÍSTICAS DESTACADAS:

- Espectros de 400 líneas con alarmas de Precaución y Emergencia.
- MEDICIONES:
 - Espectro de velocidad
 - Espectro de aceleración
 - Espectro de envolvente
 - Velocidad RMS
 - Aceleración RMS
 - Velocidad 0-Pico
 - Aceleración 0-Pico
- Medición fuera de ruta configurable en campo
- Almacenamiento de 2000 espectros por transferencia

- Visualización del último valor y espectro adquirido
- Display gráfico de 320 x 240 con Backlight y ajuste de contraste
- Baterías de Ni Mh sin efecto memoria
- Herramientas de cursor y zoom sobre los espectros
- Salida de Auriculares

Código: 11140-2

DSP-DM Data Management

- Gestión de Mantenimiento Predictivo, y análisis de vibraciones para PC de escritorio.
- Windows 95 o 98.
- Análisis de espectros.
- Comparación de espectros.
- Comparación de puntos de distintos equipos.
- Comparación de mediciones de un mismo equipo.
- Ingreso manual de mediciones de valores globales.
- Posibilidad de copiar plantas equipos o puntos.
- Configuración de equipos incluyendo datos mecánicos.
- Asignación de gráficos o fotos a un equipo.
- Configuración de puntos de medición con descripciones.
- Máscaras de Espectros.
- Historial de reparaciones y comentarios por equipo.



4. Monitoreo de Motores Eléctricos y Análisis de las Condiciones

Mediante diversas técnicas de análisis de motores, las fallas en motores eléctricos nuevos y existentes se pueden detectar y corregir antes de que el motor falle.

Entre alguna de las técnicas de monitoreo de las condiciones del motor más tradicionales y comúnmente usadas, podemos citar:

- Resistencia a tierra (RTG): La condición monitoreada es la integridad del sistema aislante, poniendo a tierra los conductores de potencia.
- Ensayo comparativo de subida de voltaje o tensión. La inserción autónoma con pulsos eléctricos controlados en un motor, se usa para verificar la condición de arrollamiento de bobina, vuelta por vuelta y conexión a tierra. Este método de ensayo también revela el aislamiento fase por fase y la orientación de la bobina.
- Análisis de temperatura normalizada del motor.

Aplicaciones

- Motores eléctricos

Cuando:

- Durante el ensayo final de los motores nuevos.
- En la recepción de motores nuevos o reconstruidos.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

5. Alineado de Precisión y Dispositivos de Balanceo

Se utiliza para inspeccionar el alineado y balanceo de las máquinas acopladas. Estas herramientas predictivas incluyen sistemas de alineado láser y electromecánico.

Aplicaciones

- En toda máquina acoplada en la que la falta de alineado o el desequilibrio ocasionaran la falla prematura o problemas de calidad.
- Motores de impulsión, bombas, nivelación de prensas, componentes giratorios de alta velocidad.

Cuando:

- Durante el ensayo final de equipo nuevo.
- En la recepción de equipos nuevos o reconstruidos.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

6. Monitores de Tonelaje

Los monitores de tonelaje son dispositivos que utilizan un medidor de deformación para medir el tonelaje dinámico o pico.

Aplicaciones

Todo equipo tipo prensa.

Cuando:

- Prueba de todas las herramientas y verificación de reparación.
- Cambios de prensas de estampado.
- Monitoreo en línea de golpes de prensas pesadas.

El monitoreo directo del tonelaje del ciclo de prensas se puede usar para evaluar la integridad de los componentes de la prensa.

7. Inspección mediante partículas magnéticas

La inspección mediante partículas magnéticas es una técnica no destructiva utilizada para la detección de discontinuidades en materiales magnéticos, mediante la cual se obtiene una indicación visual del efecto en la superficie del elemento ensayado. En especial se emplea para detectar grietas u otros defectos superficiales pero se puede también utilizar para detectar discontinuidades sub-superficiales.

Principio en que se basa el Método

En un elemento magnético cualquier discontinuidad constituye un obstáculo para las líneas de fuerzas que sufren una interrupción y/o desviación dando origen en la superficie de un par de polos capaz de retener partículas magnéticas, a una indicación visible de la ubicación y extensión de la discontinuidad, pudiendo ser ésta superficial o sub-superficial. Fig. 1.

Etapas del Proceso

1. Preparación de la superficie: Resulta indispensable una perfecta limpieza de la superficie del elemento eliminando los rastros de aceite, arena, óxido, incrustaciones, etc. Los rastros de aceite contaminan el baño en el método húmedo o limitan la acción de las partículas en el método seco. La observación sobre superficies escabrosas puede suministrar falsa información. En caso de piezas soldadas debe eliminarse cuidadosamente el fundente, pues distorsiona la acción de las partículas en el método seco.

2. Magnetización del Elemento: El magnetismo necesario para el ensayo puede obtenerse como Magnetismo Residual (como su nombre lo indica se utiliza el magnetismo remanente al interrumpir el suministro de corriente, en este caso las partículas magnéticas se aplican a posteriori), Magnetismo Continuo (con este método la aplicación de las partículas se realiza simultáneamente con la aplicación de la fuerza magnética, para un mismo valor de la corriente magnética aplicada éste método resulta más sensible que el anterior), o Magnetismo Relámpago (consiste en la aplicación inicial de una corriente elevada y luego, sin cerrar el circuito, reducirla y mantenerla a un valor menor).

3. Aplicación de las partículas magnéticas: Las partículas magnéticas pueden aplicarse en dos formas distintas. Con el Método Húmedo las partículas (coloreadas de negro, rojo o fluorescentes) están en suspensión coloidal en un destilado de petróleo parecido al kerosene. Con este preparado se rocía el elemento o bien se sumerge en el mismo. En el Método Seco las partículas (coloreadas de negro, rojo, gris o amarillo) se aplican por espolvoreado.

4. Desmagnetizado: El desmagnetizado no siempre puede ser necesario, pero en general resulta conveniente. El magnetismo residual resulta perjudicial en piezas en movimiento (árboles rotantes) donde pueden atraer las partículas metálicas arrastradas por el lubricante y acelerar así el desgaste. También el maquinado puede encontrarse entorpecido por la adherencia de virutas. Las piezas que se sometan posteriormente a tratamiento térmico no necesitan ser desmagnetizadas. El desmagnetizado se realiza, en su forma mas simple, deslizando la pieza a través de un solenoide alimentado con corriente alterna.

Tipo de Corriente Utilizada

La corriente empleada para la generación del campo magnético puede ser:

a) Corriente continua, con tres variantes.

- Corriente continua pura (generada por acumuladores o alternadores)
- Corriente continua más una alterna, proveniente de un proceso de rectificado de onda completa.
- Corriente continua más una alterna, proveniente de un proceso de rectificado de media onda.

b) Corriente alterna de bajo voltaje

TABLA I

Variación de la eficiencia para la determinación de los defectos Internos

MÉTODO MAGNÉTICO

Aplicaciones Típicas		Material	Cavidades Inclusiones Segregaciones	Grietas
1.	Fundiciones	A	2	2
2.	(partes delgadas)	B	0	0
3.		C	0	0
4.	Fundiciones	A	2	2
5.	(Partes gruesas)	B	0	0
6.		C	0	0
7.	Forjados	A	2	2
8.	Sinterizados	A	0	1
9.		B	0	0
10.		C	0	0
11.	Soldadura	A	2	2
12.	(Delgados)	B	0	0
13.	Soldadura	A	2	2
14.	(Gruesos)	B	0	0
15.	Laminados	A	2	2
16.	Trefilados	B	0	0

A= Aleaciones de Hierro.

B= Aleaciones ligeras

C= Aleaciones de cobre

Dirección de Magnetización

La dirección y carácter del campo magnético depende de la forma que se aplique la fuerza magnética y el tipo de corriente utilizada. Si distinguen dos tipos de campos:

- **Campo circular** es el generado por el pasaje directo de la corriente a través de un elemento o de un conductor que lo atraviese. Fig. 2.
- **Campo longitudinal** es el generado por un solenoide o por los polos de un imán. Fig. 3.

La elección entre campo circular y longitudinal está caracterizado por la dirección de las líneas magnéticas requeridas, éstas deben ser aproximadamente de 90° respecto a la dirección principal del defecto a detectar.

El campo longitudinal está caracterizado por la presencia de dos o más polos externos y por una considerable pérdida de energía magnética externa. El campo resulta el más apropiado para la detección de defectos transversales.

El campo circular se emplea para detectar defectos paralelos al flujo de corriente. Tiene la ventaja de que el campo magnético está casi totalmente contenido en el elemento. Por ello es que se suele dar preferencia de empleo.

La corriente eléctrica puede atravesar el elemento creando contactos apropiados en sus extremos o por contacto local mediante mordazas especiales, clavijas o pernos, en tal caso la magnetización es localizada.

Método del Campo Movable

Este método consiste en la creación de campos magnéticos en más de una dirección en forma casi simultánea. Los campos inductivos pueden ser combinaciones de campos circulares y longitudinales o de otros tipos. Se emplea en piezas que requieren distintos tipos de inspección. La ventaja que presenta el método es que debido al rápido cambio de dirección del campo magnético se hace posible la detección de fallas distintamente orientadas en un solo proceso. Para magnetizar una parte dada, el campo magnético (líneas de fuerza) es siempre perpendicular a la dirección de la corriente, en consecuencia la corriente eléctrica debe circular paralelamente a la dirección principal de la discontinuidad.

Intensidad de Corriente a Utilizar

Los valores a continuación son a título de orientación únicamente. El valor de la corriente alterna a utilizar se calcula en base a 160 Amperes por pulgada de perímetro de la sección normal del elemento a ensayar (63 Amperes /Cm).

El valor de corriente continua utilizada debe ser tal que provea 500 Oersted entre la polaridad cuando se mide con una luz de 2 pulgadas.

Tipos de Defectos que Pueden Detectarse

El método de partículas magnéticas se utiliza preferentemente para la detección de pequeñas discontinuidades superficiales. La sensibilidad alcanzada puede llegar a detectar discontinuidades superficiales de solo 0.02 mm de profundidad.

Los defectos sub-superficiales son más difíciles de localizar, requieren experiencia y conocimiento profundo del problema por parte del operador.

Las inclusiones cercanas a la superficie son detectables en piezas forjadas o laminadas empleando el método de magnetización continua, utilizando corriente continua y partículas húmedas. Como su presencia es a menudo no comprometedora para la resistencia (depende de la orientación, tamaño y distribución de las imperfecciones) resulta necesario establecer patrones de aceptación adaptados a cada circunstancia.

Los defectos superficiales en soldaduras como falta de fusión y penetración, inclusiones de escoria o gas, y asimismo grietas en los cordones de soldadura, son comúnmente detectables empleando el método continuo de magnetización, C.C. rectificada media onda, partículas secas y magnetismo localizado. Para la detección de defectos sub-superficiales en las piezas fundidas como rechupes, porosidades e inclusiones de escoria y gas se emplean técnicas similares.

Criterios para la Interpretación de los Resultados de Ensayo

En el caso de defectos superficiales la determinación resulta, lo mismo que su interpretación, relativamente sencilla. La indicación suele aparecer clara y neta, con buena adherencia de las partículas magnéticas.

El conocimiento, por otra parte del operador, de las características mecánicas del material y secuencias de los procesos metalúrgicos aplicados, constituye a menudo una valiosa ayuda para la interpretación del tipo de defecto observado. La interpretación de las indicaciones relativas a defectos sub-superficiales, suele ser más difícil, necesitando el operador basta experiencia en el tema y conocimiento de características del elemento ensayado. Los defectos sub-superficiales en las soldaduras y fundiciones pueden a veces subsanarse recurriendo al maquinado superficial y/o subsiguiente reparación.

Falsas Indicaciones

En algunos casos podrá suceder que tengamos un resultado distinto al real como ser, cuando existe sobresaturación o exceso de corriente en piezas con cambios bruscos de sección o en los ángulos entrantes, algunas de las líneas magnéticas “saltan” fuera de la superficie creando una polaridad que origina una zona de depósito de partículas, precisamente en la zona que es factible de producirse grietas. Si la corriente aplicada es excesiva, al repetir el ensayo con una corriente menor, y si la falla no es real, desaparecerá la falsa indicación.

Cuando una pieza presenta grandes diferencias de diámetro se debe aplicar por separado, en cada uno, el valor de corriente que le corresponda y efectuar la observación entre cada magnetización.

Cuando se emplea corriente continua se suele observar en la superficie acumulaciones no bien definidas de partículas, que en ciertos casos no se sabe si atribuirles a falsas indicaciones o a fallas superficiales. En tales circunstancias se deberá consultar con operadores especiales.

En la zona de unión de materiales distintos por bien que se realice la operación, incluyendo la soldadura, se suelen dar indicaciones en la correspondencia de la junta. Ello no significa necesariamente falla en la soldadura, a veces puede ser debido a diferencias en la susceptibilidad magnética entre el material base y el de aporte. Las juntas soldadas deberán ser inspeccionadas por personal especializado. En todos los casos debe tratarse de no aplicar densidades de flujo excesivas.

Indicaciones de Dibujo

Conviene acompañar los planos de las piezas con croquis demostrativos del tipo de magnetización a utilizar.

La dirección del flujo de corriente puede simbolizarse por dos flechas coaxiales cada una en correspondencia con la superficie de la pieza sobre las que se aplican las polaridades. Colateralmente a la flecha se coloca la sigla F.C. (Flujo de Corriente) y como subíndice la intensidad de corriente en Amperes utilizada. Ver Fig. 5.

Con el procedimiento enunciado se detectan discontinuidades longitudinales. Para localizar grietas transversales se puede proceder de las dos formas siguientes:

- a) Hacer pasar la corriente diametralmente, para la cual se necesitan dos aplicaciones. Ver Fig. 6.
- b) Crear un campo magnético longitudinal: mediante un solenoide o por polaridades de un electroimán, designado abreviadamente con la sigla C.N. (campo magnético). Este símbolo se agrega debajo del valor de corriente anteponiéndole el signo (+). Ver Fig. 5.

Si la pieza es hueca conviene atravesarla con una barra de cobre, por la que se hace circular el mismo valor de corriente que la empleada cuando se utiliza la pieza como conductora. Se evita con este procedimiento la posibilidad de calentamiento excesivo o efecto de arco en la pieza ensayada.

El empleo recomendado de este método se designa con la sigla B.C. (barra conductora). Ver Fig. 7.

Conclusiones Generales Finales sobre la Técnica de Polvo Magnético

Para la localización de discontinuidades superficiales puede emplearse cualquier tipo de corriente. El método continuo ofrece mayor resolución que el residual.

Para grietas muy finas el método húmedo representa ventajas respecto al seco.

Para la inspección de defectos sub-superficiales, se requiere sensibilidad máxima, desde ese punto de vista el método seco resulta más ventajoso que el húmedo. En general para la detección de este tipo de fallas se considera como mejor combinación el método continuo, con partículas secas y corriente continua rectificada de media onda.

El método continuo suele emplearse más que el residual, debido a su mayor sensibilidad. La corriente continua rectificada de media onda es la que mayor sensibilidad.

Cualquiera sea el proceso de magnetización, el pasaje de corriente debe realizarse paralelamente a la dirección principal de la falla a detectar.

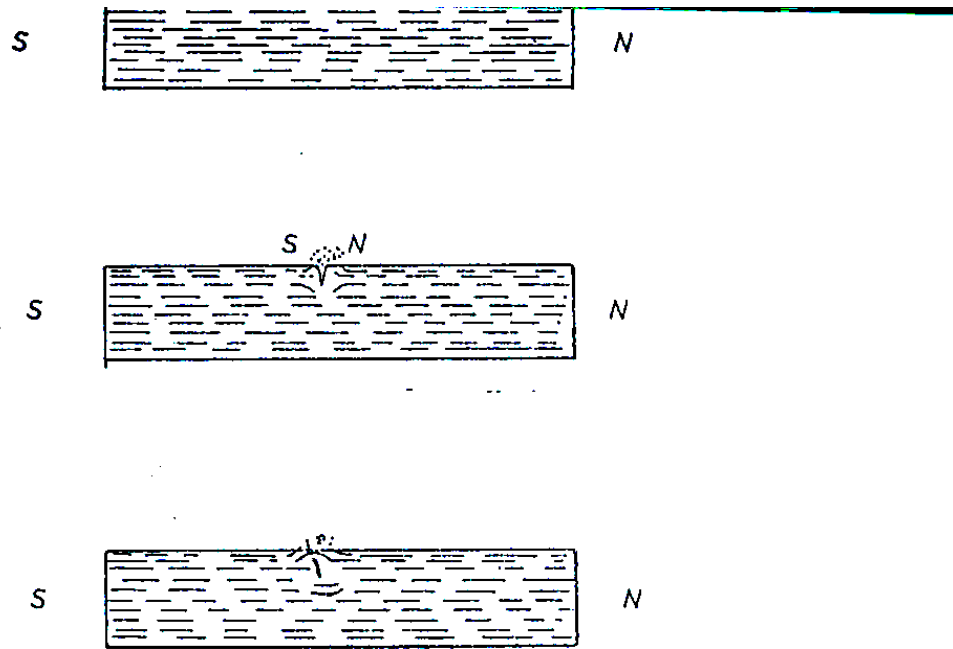


FIG. 1.-

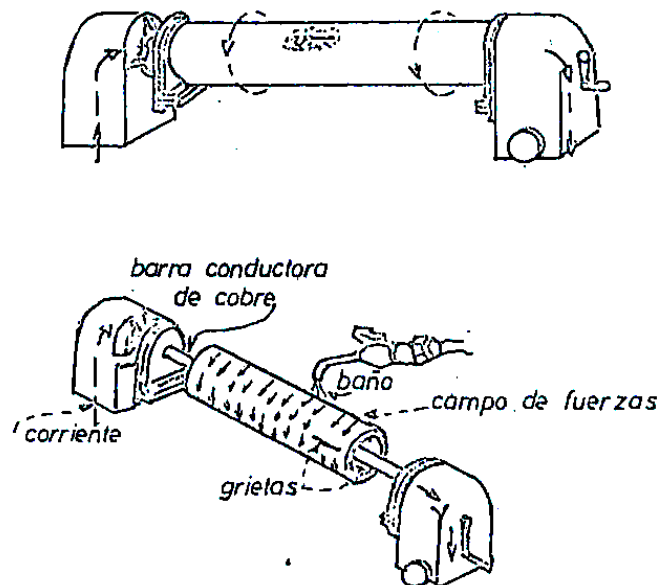


FIG. 2.- CAMPO MAGNETICO CIRCULAR. INSPECCION.

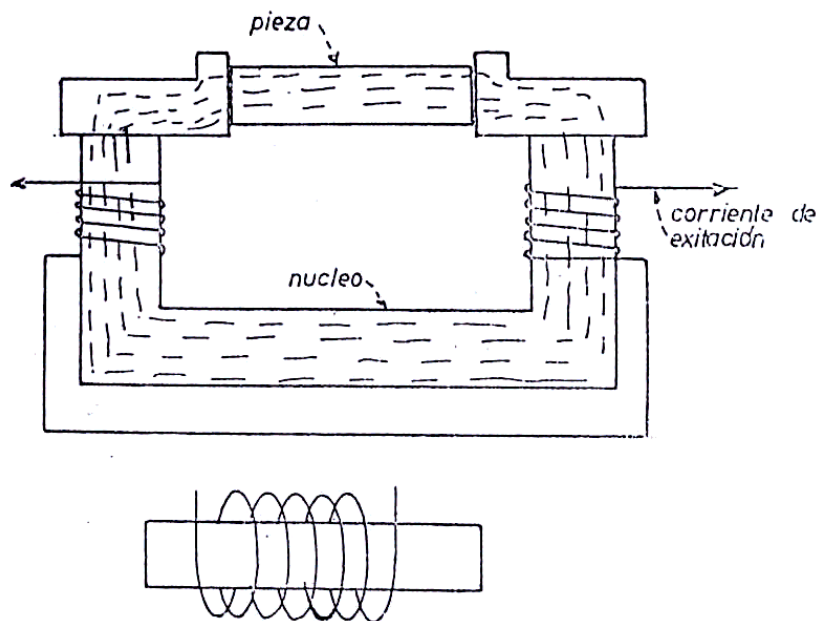


FIG. 3.- CAMPO MAGNETICO LONGITUDINAL OBTENIDO CON NUCLEO

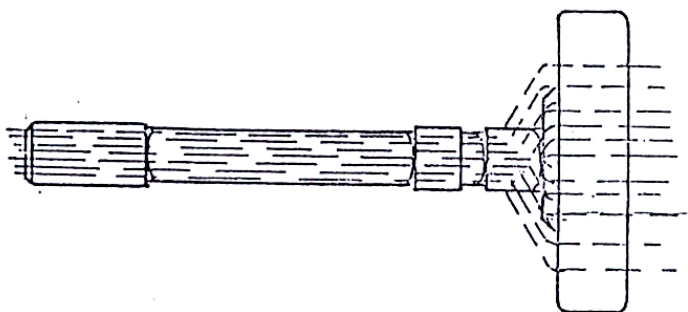


FIG. 4.-

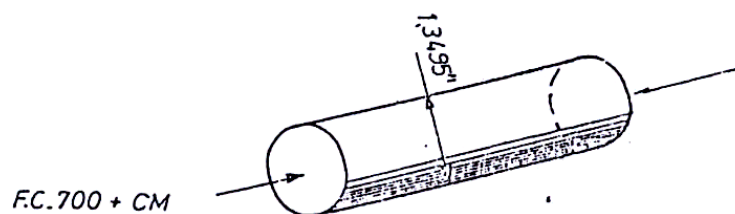


FIG. 5.-

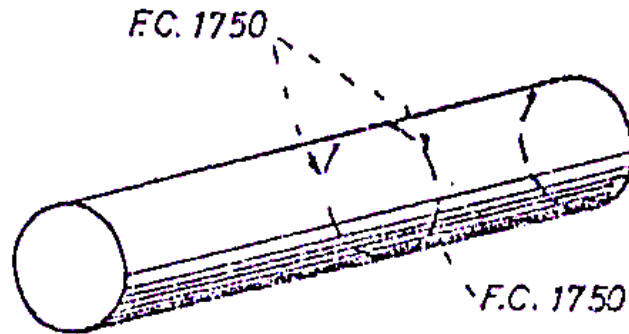


FIG. 6.-

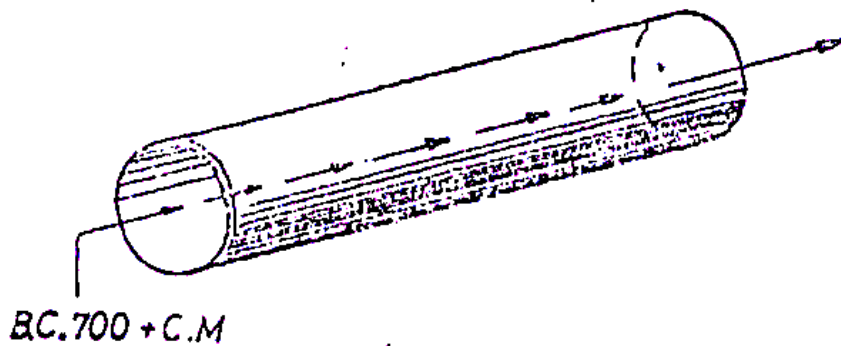


FIG. 7.-

8. Inspección de ultrasonido

La inspección con ultrasonido es una técnica de ensayo no destructiva, que permite, utilizando vibraciones mecánicas de alta frecuencia, cumplimentar los objetivos siguientes: detección y ubicación de discontinuidades externas e internas o bien heterogeneidades de los materiales, determinar diferencias en estructuras y propiedades físicas, medir espesores o variación de espesor con acceso por un solo lado. En circunstancias favorables puede determinarse también tamaño, forma y posición de la falla.

Principio de Funcionamiento

Un impulso eléctrico es convertido en una vibración mecánica mediante un transductor, convenientemente montado en un soporte adecuado y ubicado en una posición que permita el pasaje de la vibración al elemento en estudio.

Dichas vibraciones, de frecuencia muy elevada. (mayores a 25 kHz) recibe el nombre de onda ultrasónica. Las ondas ultrasónicas propagadas a través del elemento, son reflejadas por el contorno y por las discontinuidades que encuentra en su camino. La porción de onda reflejada que retorna al transductor, es a su vez convertida en un impulso eléctrico. El impulso eléctrico, convenientemente amplificado, alimenta un osciloscopio a rayos catódicos donde se refleja verticalmente un punto luminoso que atraviesa la pantalla del mismo. El punto luminoso es disparado, horizontalmente en el instante en que el transductor transmite la energía sónica al elemento. La posición de la deflexión causada por la onda, al reflejarse sobre el excitador constituye una medida de la distancia entre la superficie reflectora y el transductor. Los equipos ultrasónicos pueden variar la velocidad de barrido en forma continua, en una amplia banda, de manera que el tiempo total pueda hacerse corresponder desde un par de centímetros hasta medio metro o más.

Consideraciones de los Factores que Influyen Sobre el Método

El factor fundamental que interesa conocer para interpretar los métodos de inspección con ultrasonido, es la forma de transmisión de la onda supersónica. Son tres los modos con que una vibración ultrasónica se transmite a través del material a saber: Ondas longitudinales (ondas de compresión), con las partículas vibrando en la dirección de la propagación. Ondas transversales, con las partículas vibrando normalmente a la dirección de la propagación. Ondas superficiales, que se propagan en la superficie con las partículas vibrando en forma combinada longitudinal y transversal.

Velocidad de Propagación

La velocidad de propagación, con que se transmite la onda, depende del material del elemento y del “modo de vibrar”.

Longitud de la onda ultrasónica

La longitud de onda “ λ ” está relacionada con la velocidad de propagación “V” y la frecuencia de vibración ultrasónica “f” por la relación: $\lambda = V/f$. La longitud de onda condiciona los fenómenos de absorción, reflexión, visibilidad de los defectos, relación sensibilidad, distancia, etc.

Impedancia Acústica

La impedancia acústica está definida por la formula:

$$Z = V * \rho \text{ (gr*s)/ cm}^2$$

Físicamente la impedancia acústica representa la resistencia que el medio presenta a la propagación de la onda ultrasónica. Los valores de “Z” influyen sobre la reflexión que se origina en las interfaces, en especial la interface aire-material. El coeficiente de reflexión “R” está definido por la relación:

$$R = I_r/I_o \quad I_r = \text{Energía reflejada.} \quad I_o = \text{Energía incidente.}$$

Se puede demostrar asimismo que:

$$R = \left[\frac{Z_A - 1}{Z_B} \right]^2$$

Z_A = Impedancia del medio “A”

Z_B = Impedancia del medio “B”

Si los medios “A” y “B” tienen igual o parecida impedancia acústica, “R” se anula o tiene un valor muy pequeño. Para que exista una buena reflexión es necesario que la relación de impedancias valga por lo menos 2 (valor correspondiente a un 10% de la energía incidente).

Sensibilidad

La mayor o menor habilidad para detectar una pequeñísima discontinuidad constituye la sensibilidad del ensayo ultrasónico. La medida de la sensibilidad del transductor está expresada por la amplitud de la indicación de una pequeña discontinuidad.

Resolución

El poder de resolución es la mayor o menor habilidad para detectar una discontinuidad cercana a la superficie de incidencia. La resolución resulta buena cuando la indicación del defecto resulta neta y clara y no aparece “pérdida” en el impulso inicial. Para obtener un compromiso aceptable entre sensibilidad y poder de resolución, se aconseja la elección de los transductores de mayor diámetro y las frecuencias más elevadas. Las limitaciones a la frecuencia son impuestas por el tamaño del grano y de las porosidades. Las dimensiones de la superficie a inspeccionar y su curvatura limitan el diámetro del transductor. Los diámetros de los transductores varían entre 6 a 30 mm.

Acoplamiento entre Elemento a Ensayar y Transductor

El cristal se coloca directamente sobre la superficie seca del elemento, se transmite muy poca energía debido a la impedancia acústica de la interfase (aire) por lo tanto se recurre a medios de acoplamientos líquidos-viscosos, entre transductor y material. En general se emplea aceite pero virtualmente cualquier líquido puede ser utilizado (agua, parafina, glicerina, etc.) con el acoplamiento óptimo solo el 12% de la energía generada atraviesa el elemento y de ella el 12% retorna al transductor receptor, en consecuencia solo el 1.4% de la energía original queda disponible para ser convertida en señal eléctrica. Para mejorar las condiciones de acoplamiento se suele sumergir total o parcialmente el elemento y transductor en un líquido apropiado.

Constitución de un Equipo para Ensayo Ultrasónico

- El equipo elemental consta de los siguientes elementos:
- Un generador de impulsos eléctricos de frecuencia y tensión dada.

- Un transductor que produce vibraciones ultrasónicas (cristal de cuarzo, titanio de bario o zirconato de plomo) y las propaga al elemento examinado.
- Un segundo transductor que a veces se identifica con el primero que recepta las ondas reflejadas y retransforma en impulsos eléctricos.
- Un amplificador y procesador.
- Un tubo de rayos catódicos.

Aplicaciones

- Detección de fugas de presión/vacío en conexiones, sellos, juntas, intercambiadores de calor, trampas de vapor y condensadores/calderas.
- Detección de problemas mecánicos en cojinetes, válvulas, motores, bombas y cajas de engranajes.
- Detección de fallas en componentes eléctricos.

Cuando:

- Durante el ensayo final (en fabrica) del nuevo equipo.
- En la puesta en marcha inicial in situ del equipo.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

Fenómenos Relacionados con la Propagación de la Onda Ultrasónica

Forma del haz de propagación: La forma del haz de propagación depende de las dimensiones de la fuente que lo produce y de la longitud de onda, cuanto mayor sea el diámetro del transductor y menor longitud de onda empleada, más cilíndrico será el haz.

Variación de la intensidad de la onda ultrasónica: La intensidad de la onda ultrasónica varia con la expresión siguiente:

$$I_x = I_0 * e^{-Kx}$$

Donde:

I_x = intensidad de la onda a una distancia “x” del punto de partida.

I_0 = intensidad inicial de la onda.

K = coeficiente de absorción, función del medio que atraviesa

x = distancia a la cual se mide “ I_x ”

Dispersión del haz: Cuando las ondas supersónicas chocan contra una gran cantidad de inclusiones o porosidades, se origina una reflexión al azar, característica que sirve precisamente para individualizar este tipo de falla.

Técnicas de Examen

Las técnicas de examen más comúnmente empleadas son:

Técnicas por transmisión o transparencia: Con esta técnica se mide la variación de absorción del haz de ondas. Requiere el empleo de dos transductores, un emisor y un receptor, colocados en lados opuestos. Las ventajas del método son la simplicidad del equipo y manejo y que la energía pasa a través del elemento solo una vez, permitiendo el empleo del método en materiales de difícil penetración. Las desventajas del método son, la resolución que es menor que en el método de eco múltiple, que se quiere una fijación esmerada de los dos transductores y de las superficies, que no se obtiene información sobre la posición en profundidad de defecto (Cuando el defecto es pequeño en relación al área del transductor, se puede realizar una estimación de la dimensión en base a la intensidad de la señal. Si el defecto es grande, su extensión puede determinarse por la posición de los transductores donde no se registra transmisión de energía a través del elemento).

Campo de Aplicación: Resulta apropiado para la detección de defectos laminares, es decir en objetos demasiados delgados para ser examinados por el método eco.

Técnica por eco directo o por reflexión: Este método se basa en la medición del tiempo empleado por la onda longitudinal en cumplir el siguiente trayecto: Transductor emisor - pared reflejante - transductor receptor. En general es el mismo transductor el que transmite y recibe, en este caso la transmisión se realiza por paquete de ondas de manera que se permita al emisor funcionar como receptor entre la partida de un paquete y el sucesivo. La sensibilidad depende del tamaño de grano del material. En metales de grano fino, acero y aluminio, se pueden detectar defectos de 0.5 mm de diámetro a una distancia de 125 a 150 mm.

Campo de aplicación: Permite detectar grietas, inclusiones, segregaciones, porosidades, sopladuras, rechupes, etc. proveyendo información sobre variación en la estructura, densidad y otras diferencias en la homogeneidad. Permite asimismo la medición de espesores por acceso de un solo lado.

Técnica de Resonancia: Este método está basado en el fenómeno de resonancia que se verifica cuando el espesor del elemento atravesado por la onda, resulta igual o múltiplo de la media longitud de onda completa. Su ventaja es que permite la inspección de elementos de pocas décimas de espesor con acceso de un solo lado. La desventaja es que para la detección de grietas la resolución suele ser inferior a la de la técnica de eco múltiple y su espaciado se encuentra fuertemente influenciado por la terminación superficial y los defectos estructurales del elemento.

Campo de aplicación: Detección de defectos de tipos laminar en zonas vecinas a la superficie, por ejemplo grietas de laminado. Para medición de espesores, se utiliza la fórmula siguiente:

$$e = \lambda/2 = V/2f = V/2 * (f_n - f_{n-1})$$

Donde:

e = espesor del elemento, (cm)

V = velocidad de propagación de la onda, (cm/s)

f = frecuencia fundamental, (ciclos/s)

f_n = frecuencia correspondiente al orden armónico “n”.

Por lectura directa es factible medir espesores de 4 a 8 mm., por lectura indirecta, en base a armónicas, hasta 70 y 100 mm.

Técnicas por eco múltiple: Este método está basado en determinar la absorción de la energía ultrasónica, considerando el número de veces que el haz de ondas puede ser reflejada antes de que su energía sea dispersada por el material. Las ventajas son el empleo de un solo transductor que permite realizar la inspección de un solo lado del elemento y la sensibilidad y resolución que resulta en muchas aplicaciones la optima. La desventaja es el espesor mínimo inspeccionable de 2.5 mm.

Campo de aplicación: Esta técnica resulta particularmente indicada para la detección e individualización de defectos estructurales.

Técnica de onda superficial: Este método permite la detección de defectos superficiales hasta de una profundidad aproximada de una o dos veces la longitud de onda utilizada. La sensibilidad alcanzada es equivalente a la de la técnica de reflexión. Su ventaja es que las ondas superficiales pueden recorrer la superficie rodeando cantos redondeados, proveyendo así de un método para inspeccionar áreas de filetes. Su limitación, si se pretende detectar pequeños defectos superficiales o sub-superficiales, es que la superficie del elemento debe ser lisa y estar perfectamente limpia.

Técnica de inmersión: El método es similar a los ya analizados, pero el elemento se encuentra total o parcialmente sumergido en líquido apropiado (generalmente agua o parafina). Las ondas reflejadas principales provienen de la superficie superior del elemento (1^{er} eco de agua A) y de la superficie más alejada (eco del contorno C). Existen además otra serie de ecos, el más importante es el 2^{do} eco de agua A₂ correspondiente a la doble reflexión entre el transductor y la superficie superior del elemento. Para evitar este eco (que puede provocar confusión) es necesario alejar el transductor a una distancia tal que el tiempo insumido en la reflexión por agua sea mayor que el correspondiente a través del elemento. Este método permite inspeccionar a través de filetes y áreas, contorno irregular y en condiciones de superficie que impidan el contacto directo del transductor. Se pueden detectar defectos internos a una profundidad de aproximadamente 3 mm., mientras que en contacto se logra solo hasta 10 a 12 mm.

Conclusiones generales sobre la técnica de inspección por ultrasonido

En la práctica la técnica del análisis ultrasónico resulta sumamente compleja, los oscilogramas se encuentran a menudo alterados por la presencia de impulsos que complican la interpretación del hecho buscado. Entre las causas principales de alteración figuran las siguientes:

Variación de la forma geométrica.

Variación de la velocidad de las ondas.

Tamaño de grano del material.

Segregaciones del material.

También el exceso de sensibilidad conduce a una manifestación exagerada de los defectos internos. Por todas estas razones el manejo e interpretación de los ensayos ultrasónicos solo puede confiarse a operadores entrenados y con experiencia.

En la investigación inicial es posible efectuar cortes y ataques superficiales para correlacionar las indicaciones suministradas por la reflexión o resonancia, con las dimensiones, forma, tipo y posición de las discontinuidades o singularidades existentes. Se pueden en tal forma crear patrones estandarizados de aceptación o rechazos.

9. Inspección radiográfica

La inspección radiográfica es una técnica de ensayo no destructivo que utiliza la energía, irradiada en formas de rayos X o Gamma, transmitida a través del cuerpo a ensayar.

Principio en que se basa el Método

La absorción parcial de la energía que atraviesa un cuerpo debido a la variación de espesor de éste, provocada por porosidades, grietas, heterogeneidades estructurales, composición, etc., se detecta sobre una placa radiográfica o se observa directamente sobre un fluoroscopio, hace posible el estudio de los defectos internos del material.

Etapas del Proceso

Esta técnica incluye la utilización de una fuente de radiación y un medio detector apropiado. La fuente de radiación puede ser una máquina de rayos X o un material radiactivo, tal como el Radium, Cobalto 60 o Iridium 192. El detector puede ser una placa fotográfica especial, sensible a los rayos X o Gamma o bien una pantalla fluoroscópica.

Objetivo

En la importancia mecánica se utiliza para satisfacer tres propósitos básicos: Investigación, ensayo de rutina y control de calidad. El Método puede aplicarse como control de recepción, inspección de proceso (fundamentalmente en piezas fundidas y soldadas) o como control final, para controlar la posición correcta de elementos internos en conjuntos de armado.

Importancia

Resulta de primordial importancia su aplicación en piezas de bajo factor de seguridad, o donde la falla puede resultar peligrosa para la seguridad de las personas y/o instalaciones, el costo de reposición es muy elevado.

Técnica de inspección con Rayos X

Dos factores son de determinación importante: Límite de sensibilidad y ancho mínimo de la imagen del defecto. La sensibilidad radiográfica es la medida porcentual de la variación mínima de espesor detectable en la imagen del defecto. La sensibilidad estándar suele ser de 2% del espesor. Con cuidados especiales se pueden lograr sensibilidades desde 1 al 0.5%.

El límite de resolución de los detalles está muy ligado al tamaño de grano de la emulsión de la película, dependiendo de:

- Tamaño de la fuente emisora de rayos X.
- Relaciones geométricas entre la fuente emisora, la pieza en ensayo y la película, lo mismo que la distancia y espesor de la pieza.

- Longitud de rayos X.
- Radiación secundaria.
- Procesamiento de la película.
- Técnica radiográfica.

Ventajas del método radiográfico.

- 1). Excelente sensibilidad para la inspección.
- 2). Nitidez geométrica de la imagen.
- 3). Obtención de una comprobación permanente del ensayo (placa radiográfica).
- 4). Interpretación confiable del tipo de defecto.

Limitaciones del ensayo radiográfica.

- 1). No puede obtenerse emisión radial uniforme.
- 2). Accesibilidad a las piezas a ensayar, restringida.
- 3). Accesibilidad del equipo, a las piezas a ensayar, restringida.

Como con los rayos X no se puede lograr una emisión radial uniforme, la imagen de defectos internos, pertenecientes a superficies curvas de espesor uniforme (cojinetes de fricción, cañerías, etc.) se presenta distorsionada y con sensibilidad variable. Este inconveniente puede solucionarse recurriendo a fuentes radioactivas de emisión. Con este método se puede asimismo inspeccionar en lugares poco accesibles, por ejemplo detección de defectos de soldadura en cañerías y recipientes.

Otras limitaciones se refieren a la capacidad de interpretación del operador, éste debe conocer en detalle, las condiciones que pueden motivar el rechazo, y estar familiarizado con los procesos de fabricación que hacen al producto inspeccionado.

Aplicaciones Básicas de la Técnica de Inspección con Rayos X.

Las aplicaciones más comunes son para inspección de piezas fundidas. Se pueden detectar rechupes, porosidades, sopladuras, inclusiones, grietas, segregaciones, desviaciones de nodos, etc. También para inspección de piezas soldadas, donde se pueden evidenciar los siguientes defectos: porosidades, grietas, penetración insuficiente, inclusiones, etc. Por ultimo se usa para inspección de conjuntos armados para controlar el emplazamiento de partes internas.

Espesores que pueden Inspeccionarse y Energía de Radiación Necesaria.

En los aceros el espesor, que puede inspeccionarse con rayos X resulta proporcional a la energía de radiación.

Criterio para la Selección del equipo de rayo X.

Espesor y tipo del material a inspeccionar.

Cantidad de material a inspeccionar.

Variedad de medidas, formas y composición del producto.

Necesidad de ser o no portátil el equipo.

Consideraciones económicas.

La correcta valuación y balance de estos factores permiten la selección optimizada del o los equipos.

Técnicas del Examen Fluoroscópico

Ventajas del examen fluoroscópico.

Imagen directamente visible.

Posibilidad de observar el espécimen en movimiento.

Rapidez de inspección.

Bajo costo de producción de la imagen.

Aplicaciones Principales.

Su campo principal de aplicación es la inspección de piezas fundidas de aleaciones de aluminio y magnesio, para detectar: porosidad, rechupes, e inclusiones y para verificar en conjuntos armados con cubiertas de acero, bronce o aluminio de poco espesor, el montaje correcto de elementos internos. Debido a que este método no permite el efecto acumulativo de la radiación emergente de la pieza de ensayo, tal como sucede en el método radiográfico, para determinado espesor y material se requiere mayor voltaje que, por razones de seguridad, se suele limitar a 160 Kv.

Los límites prácticos de espesores inspeccionables con ese voltaje son, para diversos materiales, los siguientes:

Elemento	Espesor
Magnesio	75 mm
Aluminio	50 mm
Acero	4 mm
Cobre	3 mm
Zinc	3 mm

Bajo condiciones optimas, la sensibilidad, al inspeccionar aluminio es de 5 a 6 %. Cavidades menores de 1mm son difíciles de determinar.

10. Inspección mediante líquidos penetrantes

Esta técnica de inspección no destructiva permite la detección de defectos, con apertura en la superficie de los elementos, en materiales no ferrosos. Se aplica en aleaciones de aluminio, magnesio, cobre, titanio, carburos sinterizados, aceros inoxidables (en general en aleaciones no magnéticas) o en cerámicas, plástico y vidrio. Los materiales magnéticos también pueden inspeccionarse con este método, pero resulta preferible, en estos casos, el empleo de técnicas de magnetización.

Lista de Elementos Necesarios

Equipo de limpieza y desengrasado.

Cuba para baño de inmersión, cuando las dimensiones de la pieza lo permiten.

Parrilla para escurrir.

Líquido penetrante.

Revelador, líquido o en polvo.

Equipo de iluminación ultravioleta, cuando se emplee líquido penetrante fluorescente.

Equipo de limpieza final.

Las etapas de preparación y examen

1. Limpieza de la pieza. Resulta indispensable, para el éxito del método, una limpieza profunda que elimine rastros de aceite, grasa o agua, que impiden una buena penetración. El óxido puede cubrir el defecto y la costra de laminación o forja al atrapar líquido penetrante suministrando una información falsa. Debe asimismo removerse pintura o recubrimiento galvánicos y neutralizarse rastros de alcalinidad o acidez. Este tipo de inspección debe realizarse previo al perdigonado o pulido, pues estas operaciones pueden cerrar las grietas impidiendo la penetración del líquido. El método de limpieza generalmente adoptado es el vapor de agua.

2. Aplicación del penetrador. Puede aplicarse por inmersión o rociado. La permanencia de contacto oscila entre 2 y 20 minutos, dependiendo del material y tipo de defecto a detectar. La tabla a continuación suministra una información orientativa al respecto.

Material	Estado	Tipo de defecto	Tiempo de penetración (min)	
			ZIGLO	ZIGLO-PENTREX
Plásticos	Cualquiera	Grietas	5 a 30	2
Vidrio	Cualquiera	Grietas	5 a 30	5
Vidrio con metal	Cualquiera	Grietas o fuga	30 a 120	5 a 60
Puntas de carburo		Adhesión insuficiente porosidades	30	5
		Grietas de rectificado	10	
Alambres de Tg		Grietas	1 hs a 24 hs	
Aleación de Titanio	Cualquiera	Todos	Emplear técnica de postemulsión	15

3. Remoción del penetrador en exceso. Esta operación resulta conveniente realizarla bajo iluminación con luz ultravioleta, pues así resulta más fácil observar en que parte de la superficie ha sido removido el penetrante. La remoción se realiza con agua que no supere los 43°C.

4. Aplicación del revelador. Esta operación tiene como objetivo extraer del defecto el líquido penetrante y hacer de fondo a fin de que sea bien visible. Puede emplearse revelador húmedo o seco. La revelación húmeda se puede realizar por inmersión o con brocha o rociado. La técnica de

revelación seca requiere un cambio en la secuencia de las operaciones indicadas para el revelado húmedo, debe aplicarse sobre superficies secas.

5. Operación de secado. El secado es necesario luego del revelado húmedo y antes del revelado seco. Esta operación se realiza con circulación de aire caliente. Se recomienda una temperatura de 100°C. No superar los 120°C.

6. Observación de las indicaciones. La inspección se realiza iluminando con luz ultravioleta. Poros y vacíos aparecen como puntos brillantes, mientras que las grietas se muestran como líneas fosforescentes. Conviene limar o cortar determinados defectos, luego de la observación de la indicación fluorescente, para adquirir experiencia respecto a la relación entre tamaño del defecto con las características de la indicación.

7. Limpieza de la pieza luego de inspeccionada. El método descripto hasta aquí se refiere al empleo de penetrantes emulsionados, que pueden ser eliminados perfectamente por lavado con agua. Cuando se utilizan penetrantes post emulsionado (con emulsionador separado) el método de trabajo es similar al visto solo que en este caso se requiere, para hacer posible la remoción del penetrante en exceso, la aplicación de un líquido emulsionador.

El tiempo de permanencia del emulsionador es crítico, su valor correcto debe ser determinado experimentalmente. Puede variar entre 10 segundos a 5 minutos, depende de la terminación superficial y del tipo de defecto. Las superficies lisas requieren menor tiempo que las rugosas. A continuación se transcribe un cuadro comparativo entre líquidos penetrantes emulsionados (Zyglo) y pos emulsionados (Ziglo-Pentrex).

Penetrantes Zyglo

Ventajas.

- Fluorescencia de gran visibilidad.
- Facilidad de lavado con agua.
- Apto para superficies rugosas.
- Apto para superficies ranuradas o roscadas.
- Rápido y económico.
- Apto para detección de un amplio rango de defectos.

Desventajas

- Dificulta la reinspección.
- El anodizado afecta la sensibilidad.
- El cromado afecta la sensibilidad.
- No confiable para detección de pequeños defectos superficiales.

Penetrante Zyglo - Pentrex.

Ventajas.

- Fluorescencia de gran visibilidad.
- Elevada sensibilidad para la detección de pequeños defectos superficiales.
- Facilidad de lavado con agua luego de aplicar el post emulsionador.
- Inspección rápida, especialmente en piezas grandes.
- Tiempo de penetración corto.
- No está afectado por el anodizado.
- No está afectado por el cromado.

Facilidad de reinspección.

Desventajas

La aplicación de un post emulsionador constituye una operación extra.

Dificultad para eliminar, por lavado, el líquido penetrante en:

Partes roscadas.

Partes ranuradas.

Agujeros ciegos.

Superficies roscadas.

3.4.2.4. Aplicación de las herramientas del predictivo

La aplicación efectiva de herramientas del predictivo puede potenciar la productividad de los equipos de la planta aumentando su disponibilidad, de cuatro formas diferentes:

- 1) Las herramientas del predictivo pueden detectar futuros problemas en equipos nuevos, de modo que los mismos pueden ser eliminados antes que se dañe o falle el componente del equipo.
- 2) Las herramientas del predictivo pueden detectar problemas existentes con el equipo antes de las actividades tradicionales del MP y proporcionar advertencias anticipadas adicionales de las fallas del equipo, para monitorear detalladamente las condiciones del mismo y reducir el tiempo de inactividad no programada y el tiempo de reparación.
- 3) Las herramientas del predictivo se pueden usar para evaluar las acciones de reparación antes de poner nuevamente el equipo en servicio.
- 4) Las herramientas del predictivo se pueden usar como una ayuda para resolver los problemas de falla real del equipo y reducir el tiempo de inactividad por reparación.

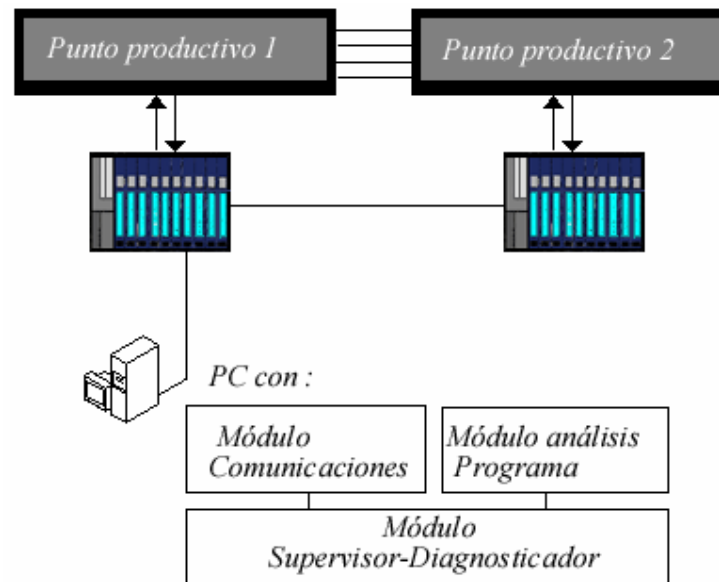
3.4.2.5. Sistema Supervisor-diagnosticador

Existen sistemas de supervisión de procesos industriales controlados por autómatas que permiten el diagnóstico de fallos y la ayuda al mantenimiento.

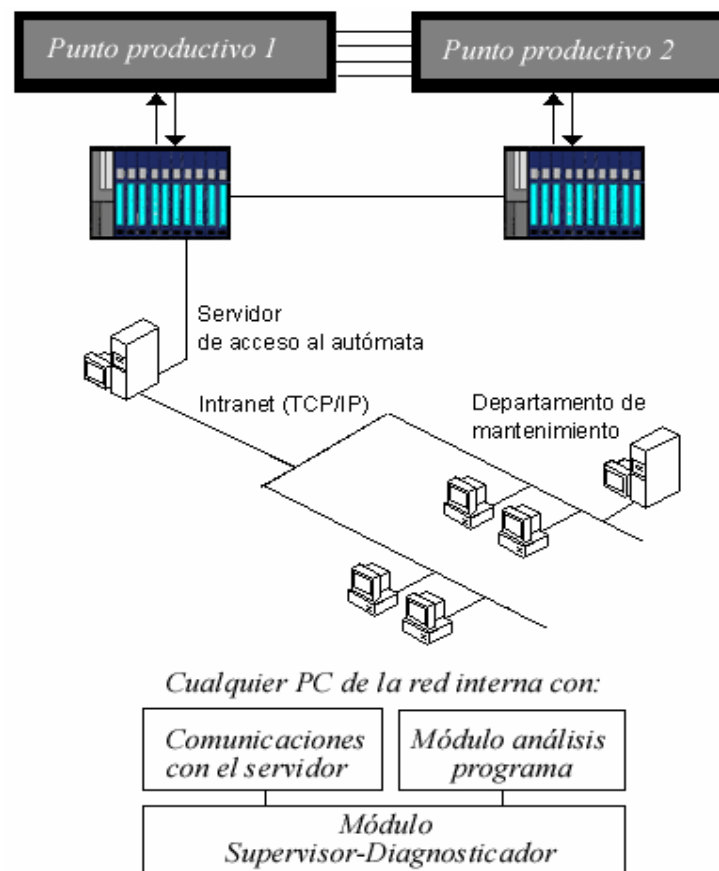
Elementos que lo componen:

- **Módulo de carga del programa.** Será el encargado de interpretar el programa del autómata. Construir el árbol de decisión que será con el que trabaje la herramienta. Dependiente del autómata.
- **Módulo de comunicaciones.** Será el encargado de extraer la información del estado en el que se encuentra el autómata.
- **Módulo-Herramienta Supervisor-Diagnosticador.** Basado en PC, independiente del autómata. Es el que implementa todas las reglas de decisión y diagnóstico, además de incluir un "interface" amigable e intuitivo para el operario de mantenimiento.

El esquema de este sistema se detalla a continuación:



La generalización de la herramienta y el hecho de permitir su uso desde un punto cualquiera de la línea lleva a usar el siguiente esquema:



3.5. Determinación del período de intervención y dimensión del área

Es importante determinar el correcto periodo de intervención, de lo contrario, pueden generarse pérdidas básicamente debidas a dos tipos de errores:

- sobre mantenimiento
- sub mantenimiento

El **sobre mantenimiento** se produce cuando el mantenimiento preventivo interrumpe la vida útil y la operación normal de una máquina o equipo sin causa aparente.

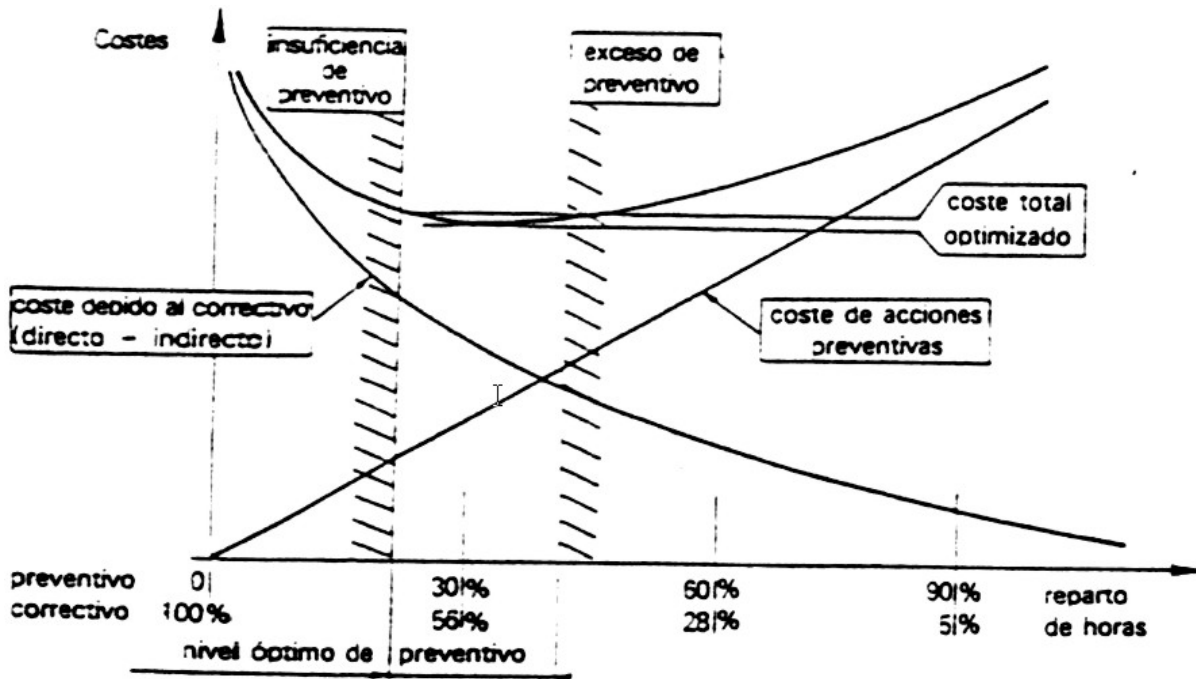
Por lo tanto la vida útil será totalmente desaprovechada y ocasionará una acumulación innecesaria de actividad de preventivo, que aumentará el gasto. Esto ha provocado en muchas ocasiones desacreditar el mantenimiento preventivo.

El **sub mantenimiento** ocurre cuando se determinan inadecuadamente los tiempos medios entre las fallas y la programación.

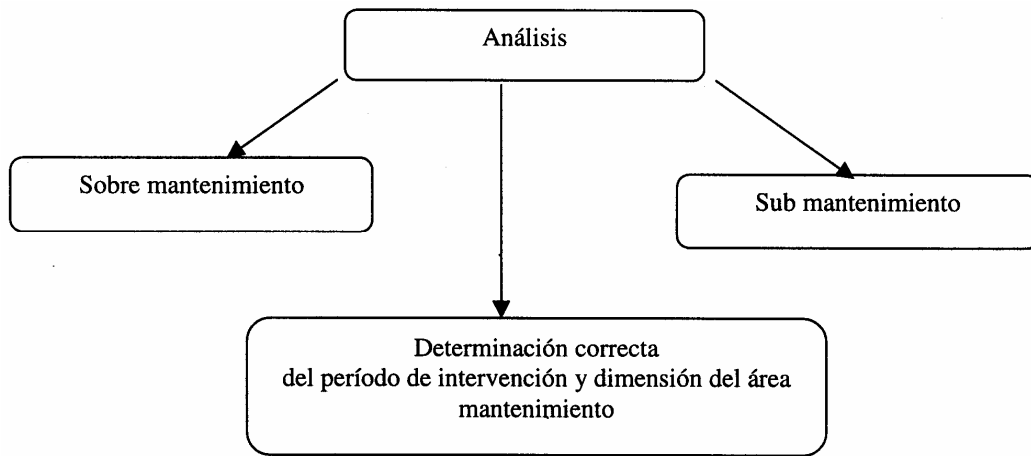
Para evitar estos problemas hay que analizar los siguientes aspectos:

- Recomendaciones del fabricante de las máquinas, especialmente en la primera etapa.
- La experiencia adquirida durante la primera etapa del funcionamiento en el mantenimiento correctivo.
- La fiabilidad del equipo realizada a partir de un histórico.
- La cantidad de equipos, máquinas y su complejidad.
- Datos estadísticos tomados de plantas similares.
- Estimación de los costos de preventivos y correctivos.

A continuación vemos las curvas de costos que relaciona el mantenimiento preventivo con el correctivo



Teniendo en cuenta estos aspectos se determina el período correcto de intervención y la correcta dimensión del área mantenimiento



Problemas Propuestos

- 1) ¿Qué entiende por mantenimiento preventivo? ¿Cuáles son sus características?
- 2) ¿Cuál es la finalidad de las acciones que lleva a cabo el mantenimiento modificativo?
- 3) Defina al mantenimiento predictivo.
- 4) Mencione las herramientas más frecuentemente usadas para el mantenimiento predictivo.
- 5) ¿Cuáles son los pasos que debemos seguir ante una rotura?
- 6) ¿A qué se denomina mantenimiento sistemático?
- 7) ¿Cómo se determinan a priori los puntos y el período de intervención en el mantenimiento preventivo?
- 8) ¿Cómo se calcula el costo total del mantenimiento correctivo?