

Capítulo I

APROXIMACIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

1. INTRODUCCIÓN A LA FUNCIÓN "MANTENIMIENTO"

1.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?

La conservación de los equipos de producción es una apuesta clave para la productividad de las fabricas así como para la calidad de los productos.
Es un reto industrial que implica la revisión de las estructuras inmóviles actuales y la promoción de métodos adaptados a la nueva naturaleza de los materiales.

a) Examen de algunas definiciones del mantenimiento:

-- Según Larousse:

"conjunto de todo lo que permite mantener o restablecer un sistema en estado de funcionamiento".

-- Según AFNOR (NF X 60-010):

"conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado".

-- Comentarios:

"mantener" comprende la noción de "prevención" en un sistema en funcionamiento;

"restablecer" contiene la noción de "corrección" consecutiva a una pérdida de función;

"estado específico" o "servicio determinado" supone la predeterminación del objetivo a conseguir, con la cuantificación de los niveles característicos.

Esta definición AFNOR "olvida" el aspecto económico, laguna llenada en el documento de introducción X 60-000:

"mantener bien es asegurar las operaciones al coste global optimo".

b) El mantenimiento es la "medicina de las maquinas"

Con el fin de profundizar más adelante en el dominio del mantenimiento, será útil la comparación práctica entre la "salud humana" y la "salud maquina".

Existe una analogía, puesta en evidencia en el siguiente cuadro:

SALUD DEL HOMBRE		Analogía		SALUD- MAQUINA	
Conocimiento del hombre	Nacimiento	Puesta en servicio	Conocimiento de la tecnología		
Conocimiento de las enfermedades			Conocimiento de los tipos de fallos		
Carnet de salud	Longevidad	Durabilidad	Histórico		
Dossier medico			Dossier maquina		
Diagnostico,examen ,visitas	Buena salud	Fiabilidad	Diagnostico, prueba, inspección		
Conocimiento de los tratamientos			Conocimiento de las acciones curativas		
Tratamiento curativo	Muerte	Rechazo	Arreglo, reparación		
Operación			Renovación, modernizacion, recambio estándar.		
MEDICINA				MANTENIMIENO INDUSTRIAL	

Existen otras similitudes, a nivel de patología, de los diagnósticos e incluso de los útiles (endoscopias, radioscopias, monitores), similitudes que iremos descubriendo sucesivamente.

Una observación aleatoria: los dossiers-maquinas e históricos están a menudo mejor mantenidos que los carnets de salud...

Esta analogía permite que se ose dar la siguiente definición:

"El mantenimiento es la medicina de las maquinas",

lo cual es una abreviación practica para desmitificar la función Mantenimiento, pero no contiene ningún juicio de valor sobre la importancia relativa hombre/maquina.

c) El mantenimiento y la vida de una maquina

El mantenimiento empieza mucho antes que el ida de la primera avería de una maquina. De hecho, empieza desde su concepción.

En la concepción es cuando la mantenibilidad (aptitud de ser mantenida), la fiabilidad y la disponibilidad (aptitud de ser "operacional") y la durabilidad (duración previsional de su vida) van a ser predeterminadas.

El papel del mantenimiento, en el seno de la estructura de utilización, empieza por el consejo en la compra (teniendo en cuenta los criterios que se dan a continuación).

Es deseable que el mantenimiento participe a partir de la instalación y puesta en marcha de la maquina: así desde el primer día de producción, con posibilidad de avería potencial, el servicio conoce ya la maquina, posee el dossier y el programa de mantenimiento.

Por tanto, su misión es triple:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| --vigilancia permanente o periódica | con toma, puesta en memoria y |
| --arreglos y reparaciones | tratamiento de las informaciones |
| --acciones preventivas | operacionales recogidas. |

El conocimiento del material, de sus debilidades, degradaciones y desviaciones completadas día a día, permite correcciones, mejoras y, en el plano económico, optimizaciones que tienen por objeto reducir al mínimo el ratio:

$$\frac{\text{gastos de mantenimiento} + \text{costes de paros fortuitos}}{\text{servicio efectuado}}$$

El último papel a jugar por el mantenimiento es el de determinar el momento económico del cese de cuidados a dedicar a la maquina, y de participar en la elección de su reemplazamiento; pues una maquina "muere" inexorablemente, y el ahínco terapéutico, incluso técnico, cuesta caro.

1.2. HISTORIAL Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

a) El término "mantenimiento" tiene su origen en el vocabulario militar, en el sentido "mantenimiento en las unidades de combate, del efectivo y del material a nivel constante".

Es evidente que las unidades que interesan aquí son las unidades de producción, y el combate es ante todo económico.

La aparición del término "mantenimiento" en la industria ocurrió hacia 1950 en Estados Unidos. En Francia, se superpone progresivamente al "entretenimiento"; la muestra de anuncios que se da en las páginas 8 y 9 demuestra la sinonimia que existe actualmente.

b) ¿Entretenimiento o mantenimiento?

Más allá del vocabulario de moda, existe una real y profunda mutación que encubre a estos dos términos.

Esquemáticamente, se puede decir que:

- entretener es arreglar y reparar un parque de material, con el fin de asegurar la continuidad de la producción:

entretener, es soportar el material;

- mantener es escoger los medios para prevenir, corregir o renovar según el uso del material, según su criticidad, a fin de optimizar el coste global de posesión:

mantener es dominar

De hecho, la mayor parte de los servicios de "entretenimiento tradicional" están en mutación hacia el mantenimiento, y no importa querer ver más allá de las "etiquetas" pegadas a los servicios actuales.

Ejemplos de ambigüedad de terminología:

c) ¿Por qué esta evolución?

Argumentos técnicos y económicos explican esta evolución.

- Los equipos de producción se automatizan. Se vuelven más "compactos", más complejos y son utilizados de modo más intenso.

Intervenir en estas máquinas requiere, pues, una competencia y un dominio de la técnica creciente. Cada vez es menos posible improvisar con el destornillador ~ la llave inglesa. . .

Hace 20 años, un taller mecánico de producción estaba compuesto de 20 máquinas, 20 conductores, un ajustador y un agente de entretenimiento. Hoy en día, para ser competitivo, el mismo taller se compone de una línea de producción atendida por dos obreros de producción y mantenida por dos técnicos.

- Los equipos son más gravosos (inversiones) y tienen plazos de amortización más cortos.
- Los tiempos de indisponibilidad de un "proceso" son económicamente más críticos que en un parque de máquinas no situadas "en línea"; algunos costes de paro son prohibitivos.

d) Criterios de valoración del mantenimiento

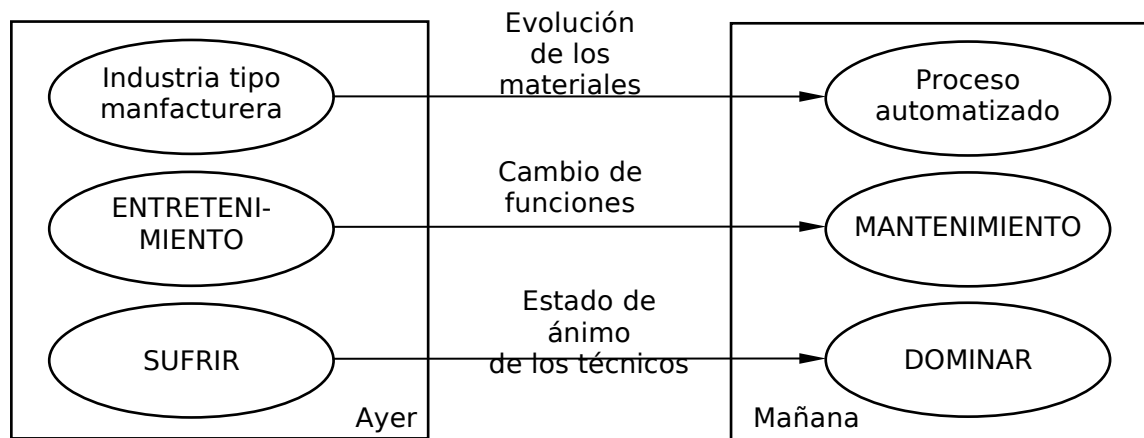
La mutación del entretenimiento hacia el mantenimiento es acelerada por un cierto número de factores de valoración, tales como:

- el potencial de inversión y de reconstrucción de las empresas, que favorece la dotación de equipamientos modernos y de medios para gestionarlos;
- la naturaleza del parque a entretener; si es homogéneo, estandarizado, si los costos de los fallos son elevados, entonces el mantenimiento resulta indispensable;
- los requerimientos de seguridad impuestos a materiales críticos;
- la sensibilización de los responsables en las economías que se puede esperar de un mantenimiento racional del parque.

Según la consideración de estos criterios, los "servicios de mantenimiento" ocupan posiciones muy variables dependientes de los tipos de industria:

- posición fundamental para las centrales nucleares, las empresas de transporte (metro, aeronáutica...);
- posición importante para las empresas de proceso (en particular la petroquímica, con sus reglamentos de seguridad);
- posición secundaria para los parques de materiales dispares, de costos de paro bajos;
- el entretenimiento tradicional es el mejor adaptado para empresas sin producción en serie, de estructura "manufacturera".

e) Síntesis

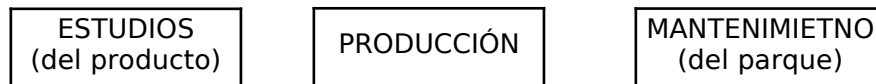


f) El dicho del poeta Henry Michaux:

"Cuando los coches piensen, los Rolls Royce estarán más angustiados que los taxis . . . "

1.3. LA FUNCIÓN "MANTENIMIENTO"

a) La función "mantenimiento" es una de las tres funciones técnicas de la industria:



- la función mantenimiento tiende a separarse de la producción (presupuesto propio, autonomía de gestión).
- Hay que tener en cuenta que la "producción" sigue siendo el objetivo evidente y prioritario de la empresa: el "mantenimiento" constituye una "ayuda a la producción".

b) Interfases de un servicio de mantenimiento

Este gráfico muestra que el mantenimiento es una función integrada en la vida de la empresa y que el técnico de mantenimiento es un hombre "de contacto".
Igualmente muestra la importancia de la definición de los procesos de comunicación interfunciones.

1.4. DIFERENTES SECTORES QUE PRACTICAN EL MANTENIMIENTO

a) Existe diferenciación entre las industrias electromecánicas (objetivo tradicional de la enseñanza técnica) y las empresas susceptibles de poner en práctica una política de mantenimiento.

b) Algunos ejemplos

Los transportes (por carretera, por ferrocarril, marinos, aeronáuticos), la petroquímica (refinerías), las centrales nucleares, son tres sectores que han aportado mucho al desarrollo de las técnicas de mantenimiento.

Hospitales	Radio, TV	Empresas de servicio
Supermercados	Laboratorios	Municipios importantes
Prensa	Canteras, minas	Bomberos, etc.

En cada uno de estos sectores se evidencia la necesidad de "mantener" los

c) ¿Quién hace mantenimiento?

En esta obra tomaremos como modelo de organización el servicio interno de mantenimiento. Los métodos y procedimientos estudiados habrá que adaptarlos a las necesidades de las otras estructuras que hacen mantenimiento.

1.5. LA EXPRESIÓN DE LAS NECESIDADES INDUSTRIALES

Uno de los mejores medios para discernir las necesidades industriales en materia de técnicas de mantenimiento es dar la palabra a las empresas, a través de una muestra de ofertas de empleos, que se presenta en las paginas 22 y 23.

Algunas observaciones después de la lectura de las ofertas de empleo

- Se expresa una necesidad de técnicos especializados en mantenimiento.
- Las ofertas provienen de ramás industriales muy diversas.
- Las ofertas "para la exportación" son bastante numerosas.
- La demanda de técnica polivalente es flagrante, sobre una base de formación electromecánica (frío, automatismos, robótica, calderería...).
- Se abre un abanico de funciones: trabajos nuevos, S.P.V. gestión de la energía, del entorno..
- Se aprecia una sensibilización en el aspecto económico: inversión, presupuesto, seguimiento de los gastos. ..
- Aparecen ofertas relativas a una sola función "metodos-mantenimiento".
- En fin, la sinonimia de los términos "entretenimiento" y "mantenimiento" es evidente en el uso industrial actual, lo que hace más útil aun la difusión de las diferencias establecidas en esta obra entre estos dos términos.

1.6. EL TÉCNICO DE MANTENIMIENTO

a) Necesidad de una formación polivalente

La tecnología de los materiales actuales implica una competencia técnica polivalente tanto para el equipo de intervención como para el técnico que tiene la responsabilidad. Las "fronteras" entre los terrenos mecánicos, hidráulicos, electrónicos, informáticos . . . no son evidentes en las maquinas "compactas" (véanse algunas dificultades de diagnostico).

Una polivalencia a nivel de la gestión es igualmente indispensable.

El técnico de mantenimiento tendrá que gestionar en todo o en parte:

- el conjunto del servicio, el personal, el presupuesto, las inversiones,
- el material de servicio, pero también los materiales de manutención, de elevación, los equipamientos "periféricos" (ejemplo: estación de depuración, central de energía, climatización...),
- la energía, el entorno,
- las existencias necesarias,
- los trabajos exteriores.

Para tomar la decisión es indispensable el dominio de los datos técnicos, económicos y sociales. Hay que tener la convicción de que no existe un buen mantenimiento absoluto, pero si un mantenimiento económico y eficaz en un momento dado, para un equipamiento dado. ..

b) Algunas observaciones sobre el oficio de "técnico de mantenimiento"

- - Con respecto al entretenimiento tradicional, el oficio ha sido claramente valorizado: las "herramientas" teóricas (fiabilidad, mantenibilidad...) y científicas (C.N.D., análisis de vibraciones . . .) han enriquecido las tareas relativas a un material también tecnológicamente más avanzado que antes.
- Sin embargo, el mantenimiento es una tarea ingrata. Si bien los éxitos son poco visibles y naturales (¡esto funciona!), por el contrario las dificultades son sonadas: interrupción de la producción...
- A corto plazo, las acciones de mantenimiento cuestan caro a la dirección y dificultan la producción, de ahí la importancia de poder justificar el fundamento de estas acciones a medio y a largo plazo.
- Otro problema corporativo: el periodo estival es a menudo un periodo de intensa actividad para los servicios de mantenimiento (paro anual de producción material disponible para el entretenimiento ~ disponibilidad de los agentes de mantenimiento).
- Además de su vocación de mantener el útil de producción, el técnico de mantenimiento tendrá eventualmente la posibilidad de extender sus responsabilidades a campos tales como:
 - la organización de un servicio posventa,
 - la participación en estudios, concernientes a fiabilidad y a la disponibilidad previsional, la mantenibilidad, la elaboración de "planes de mantenimiento" para algunos contratos, los trabajos nuevos...
 - la participación en la puesta en practica de un "G.M.A.O." por la definición de un cuaderno de cargas: que datos hay que tomar, para que tratamiento, para que explotación?

- En conclusión, se puede destacar el "perfil" del técnico de mantenimiento como el de un hombre de terreno, de contacto y de equipo, que se apoya en su formación técnica inicial, y seguidamente en su experiencia para hacer evolucionar siempre la gestión del material que tiene bajo su responsabilidad.

2. EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA

2.1. LAS INDUSTRIAS Y EL MANTENIMIENTO

a) Evolución tecnológica

El siguiente gráfico ilustra de manera esquemática la evolución de las empresas de producción que reemplazan N máquinas en paralelo (industrias manufactureras) por n unidades de producción en serie (on line).

b) Modelos de industrias con mantenimiento integrado

Distinguiremos tres tipos de industrias que poseen servicios de mantenimiento integrados en su estructura (organigrama):

Empresas manufactureras: gran parque de maquinaria, productos numerosos; ejemplo: calderería.

Empresas de proceso: puestos en serie, pocos productos; ejemplo: refinería, papelera.

Empresas de servicios: equipos muy diversos; ejemplos: hospitales, transportes.

La importancia de la función mantenimiento es evidente en los dos últimos tipos, por los criterios dominantes siguientes:

"procesos": coste del paro, disponibilidad

"servicios": seguridad, disponibilidad.

De lo que se deduce que:

cuanto más costosa es la indisponibilidad, más económico es el mantenimiento;

cuanto más esta en juego la seguridad, más se demuestra que el mantenimiento es obligado.

2.2. MISIÓN DEL SERVICIO MANTENIMIENTO

De una manera rápida, se puede definir la misión del servicio de mantenimiento como:

La gestión optimizada del parque de material (de la herramienta de producción).

Esta optimización se debe hacer en función de los objetivos, que deben estar claramente definidos, teniendo en cuenta tres factores:

- factor económico: menos costes de fallo, menos costes directos de prestación, economías de energía. . .
- factor humano: condiciones de trabajo, seguridad, impedimentos. . .
- factor técnico: disponibilidad y durabilidad de las máquinas.

Con unos objetivos a alcanzar precisos, la misión del servicio de mantenimiento consiste en **dominar** el comportamiento del material y **gestionar** los medios a poner en práctica.

Este es el objetivo de este texto.. .

Algunas reflexiones preliminares

- El servicio de mantenimiento tiene la responsabilidad de mantener la "salud" del parque de materiales de manera preventiva (antes del fallo)-y de manera correctiva (después del fallo).

- El entretenimiento no es un fin en si mismo, sino una necesidad que el productor soporta y que el financiero encuentra costosa.

Atención: sea cual sea la importancia del servicio de mantenimiento, este no es el objeto, sino un medio para ayudar a producir. . .

- El servicio de producción tiene una visión del entretenimiento a corto plazo. El servicio de mantenimiento, responsable del estado y de la conservación del material, debe tener la visión:

- a corto plazo (curativo),
- a medio plazo (preventivo),
- a largo plazo (duración de vida y reemplazamiento del parque).

Estos aspectos no se oponen más que en apariencia; son conciliables si las responsabilidades "mantenimiento-producción" están bien definidas.

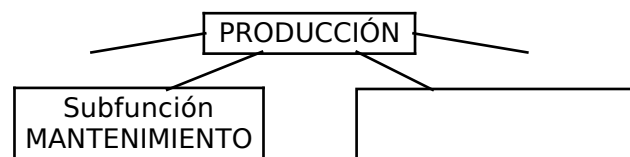
- por la política de la empresa,
- por la estructura de la empresa,
- por los medios suministrados al entretenimiento.

- La aplicación de métodos previsionales de mantenimiento a materiales de alta producción es menos costosa que la pérdida de producción debida a un paro intempestivo. Y cuando la producción es on line, el paro de una maquina implica el paro de toda la línea. '

2.3. ANÁLISIS DE LA CONEXIÓN MANTENIMIENTO--PRODUCCIÓN

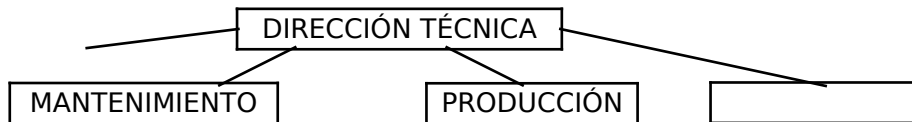
Antes de abordar el estudio de un organigrama "ideal" de la función técnica, es indispensable reflexionar sobre la evolución de las relaciones de la producción con el mantenimiento.

- La imagen tradicional del entretenimiento es la de una subordinación, ilustrada así:



En este esquema, el responsable de la producción impone sus criterios a corto plazo; tolera la lubricación, soporta los paros fortuitos, pero rechaza toda programación de paros preventivos.

- La "promoción" del entretenimiento al mantenimiento pasa por la "horizontalidad" de dos funciones, siguiendo el modelo siguiente:



En este contexto, el mantenimiento asegura el dominio de la "posesión" de un equipo:

- participación en la elección (con la producción),
- participación en las negociaciones de adquisición, en la instalación,
- dominio del mantenimiento bajo la óptica de una durabilidad predeterminada,
- búsqueda de mejoras y de optimización.

Esta estructura no elimina la *conflictividad* de las dos funciones.

Una concertación casi permanente es obligada, así como un buen conocimiento recíproco de requerimientos, misiones y problemas.

"Mientras yo juegue tenis con el jefe de producción, el mantenimiento será posible y eficaz", me decía un responsable de mantenimiento. . .

- La evolución en un futuro próximo tiende a una imbricación de las funciones.

En principio, por la fusión de los objetivos:

- gestionar la productividad,
- gestionar la calidad.

El mantenimiento esta cada vez más afectado por la calidad de los productos, que pasa por la calidad de las maquinas.

A continuación, por la convergencia de los medios.

La televigilancia permite la conducción de una cadena, responsabilidad natural de la producción. También permite igualmente la detección, con vistas a la corrección de los defectos, lo cual incumbe a mantenimiento.

De igual manera, la ayuda informática puesta en practica para gestionar la producción (G.P.A.O.) tiene numerosas conexiones con los sistemas G.M.A.O.

Finalmente, la T.P.M. (Total Productive Maintenance) japonesa muestra la conveniencia de confiar a los conductores de maquinas las acciones de mantenimiento de primer y segundo nivel. Con la misma lógica, el T.R.S. (Tasa de Rendimiento Sintético) es un indicador de gestión que tiene en cuenta a la vez los comportamientos de la producción y del mantenimiento.

2.4. ÁREAS DE ACCIÓN DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO

He aquí la lista de las diferentes tareas de las que un servicio de mantenimiento, según el contexto, puede ser responsable, lo cual prueba la necesidad de una formación polivalente. ..

- Por supuesto, el mantenimiento de los equipos: acciones correctivas y preventivas, arreglos, reparaciones y revisiones.
- La mejora del material, bajo la óptica de la calidad, de la productividad o de la seguridad.
- Los trabajos nuevos: participación en la elección, en la instalación y en la puesta en marcha de los nuevos equipos.
- Los trabajos relativos a la higiene, la seguridad, el entorno y la polución, las condiciones de trabajo, la gestión de la energía. . .
- Trabajos de reconversión de locales, modificación, demolición.
- La fabricación y la reparación de piezas de recambio.
- El aprovisionamiento y la gestión de las herramientas, de los recambios. . .
- Prestaciones diversas, para la producción (realización de montajes, por ejemplo) o para cualquier otra clase de servicio.
- El entretenimiento general de los edificios administrativos o industriales, de los espacios verdes, de los vehículos.. .

Observación: es muy importante codificar la naturaleza de las actividades (tiempos empleados) de manera que se puedan distinguir los costes específicos de mantenimiento del útil de producción de los costes relativos a otras actividades.
Esto es de interés para la gestión de "presupuesto de entretenimiento".

2.5. ANÁLISIS DE UN ORGANIGRAMA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

a) ¿Qué es un organigrama?

Se trata de una representación esquemática de la estructura de una empresa (de un servicio) que pone en evidencia las áreas de responsabilidad de cada elemento de que se compone.

Responde a la pregunta: "¿Quién hace que?"

El organigrama puede ser de orientación "jerárquica" (modelo militar construido sobre los grados) o "funcional" (véase el ejemplo de la página siguiente).

La separación de las funciones que muestra el organigrama no implica "el aislamiento": se deben definir los flujos de comunicaciones entre los diferentes bloques.

b) Interés del organigrama

Su interés primordial es limitar el radio de acción de cada responsable, para evitar las incursiones y luchas de expansión de influencias: algunos hombres son bulimicos . . .

En el cuadro de la mutación de un servicio de entretenimiento, es indispensable "redistribuir las cartas" de manera compatible con los nuevos objetivos definidos: el primer trabajo de una empresa consultora de gestión encargada de hacer evolucionar el servicio de entretenimiento es volver a estudiar su organigrama.

Se dice que un "buen" organigrama es una condición necesaria para la realización de la función de mantenimiento de la empresa, pero no es una condición suficiente. . .

c) Ejemplo de organigrama

El organigrama que se propone a continuación es un ejemplo "medio" compatible con un servicio de mantenimiento de 60 personas, en una empresa de 600 personas, que tiene cuatro unidades (o cuatro sectores) de producción.

Observación: un organigrama funcional no da ninguna indicación relativa a las comunicaciones interservicios. Así, por ejemplo, el servicio "metodos-mantenimiento" estará relacionado con el servicio comercial (maquina nueva), la oficina de estudios (trabajos de mejora pesados), la unidad 2 (análisis de una caída de disponibilidad).

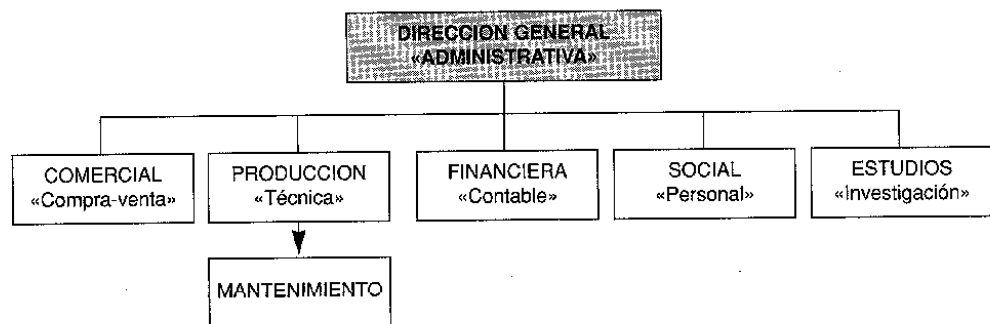
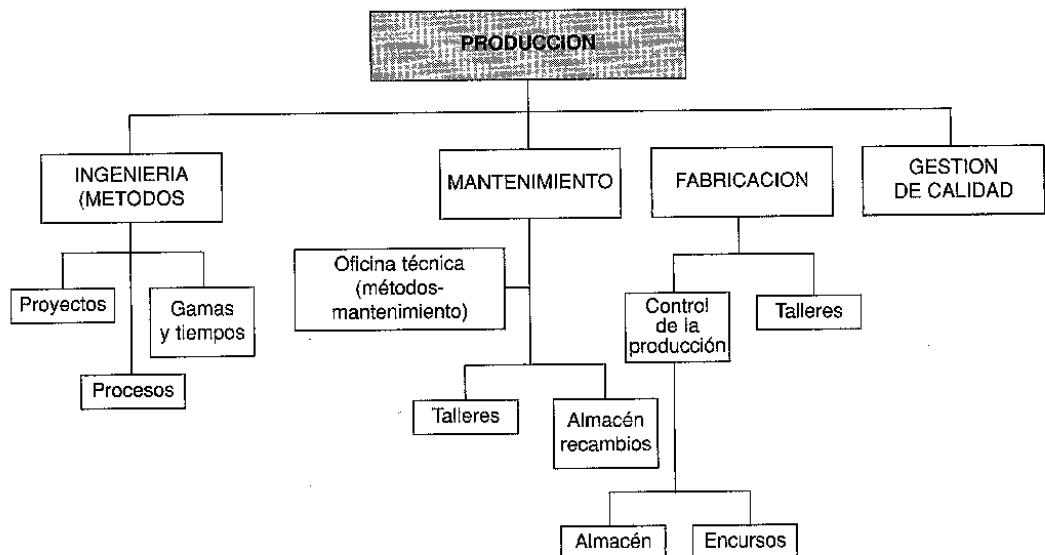


Figura I-5. Organigrama general

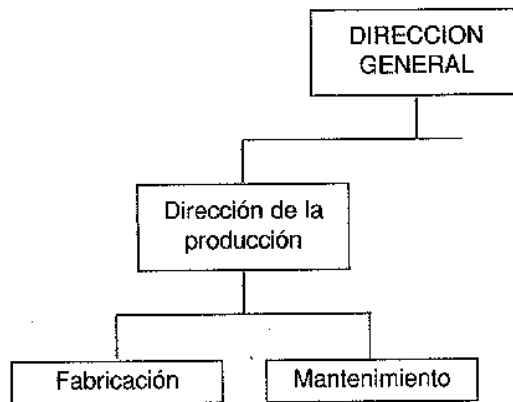


d) Análisis crítico del organigrama anterior

(1) Es importante que los servicios "Producción" y "Mantenimiento" estén en "horizontal"

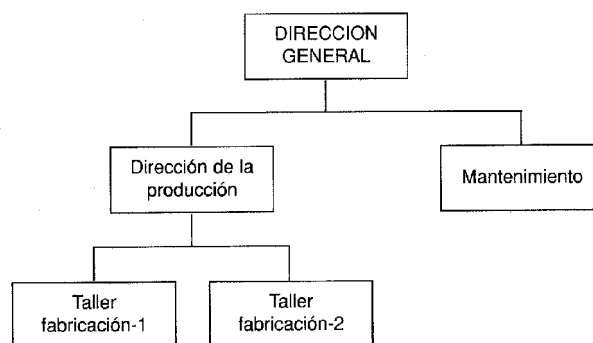
El primero tiene una visión a corto plazo del entretenimiento del parque.

El otro debe estar unido a medio y largo plazo: una relación "jerarquizada" no permitiría la realización de una política de mantenimiento racional. A cada uno sus objetivos...

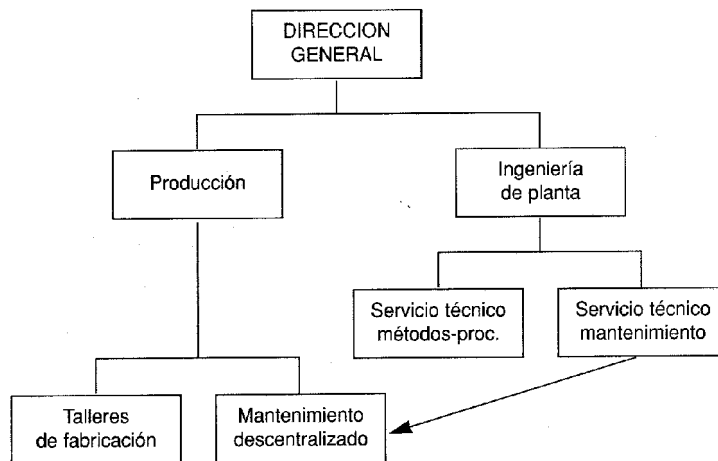


(2) Los destacamentos por sectores están ligados a un equipo al que ellos conocen perfectamente. Es importante que estén a cargo del responsable del entretenimiento; para:

- coherencia de la política,
- coordinación de los trabajos,
- seguimiento centralizado del material,
- procedimientos estandarizados que permitan la circulación de la información,
- facilidad de intercambio entre equipos, etc.



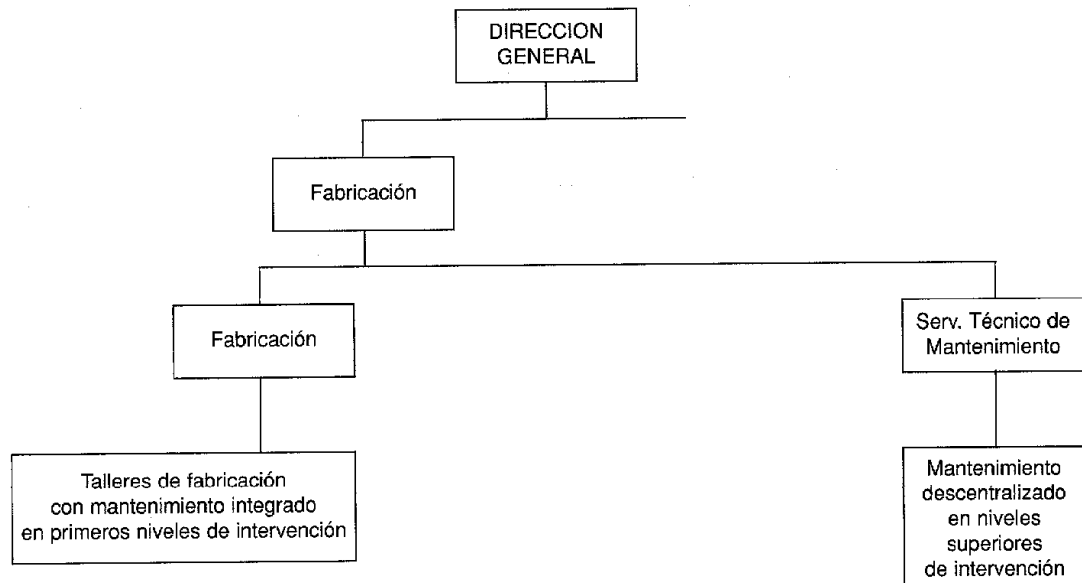
(3) Los destacamentos son equipos pluritecnicos de composición adaptada al material. Ejemplo: 1 jefe de equipo + 1 electricista + 2 hidráulicos + 2 tuberos + 1 mecánico. La estructura empírica del "servicio eléctrico" y servicio "mecánico" esta mal adaptada a las intervenciones en equipos con tecnologías múltiples. Plantea problemas de coordinación, de responsabilidad. . .



(4) La función "ordenamiento" es olvidada a menudo: permite realizar una intervención a una hora H racional con todos los medios a disposición del jefe de destacamento:

- personal,
- herramientas,
- preparaciones y dossiers técnicos,
- normas de seguridad,
- medios especiales (elevación, andamios...),
- materias y recambios.

El desarrollo del libro permitirá un análisis más profundo de las áreas de actividad de cada uno de los sectores que constituyen un servicio de mantenimiento.



2.6. ¿ HAY QUE CENTRALIZAR O DESCENTRALIZAR EN MANTENIMIENTO?

Esta pregunta se plantea durante la estructuración del organigrama.

La experiencia de las sociedades "consultoras de mantenimiento" muestra:

- El interés de una centralización jerárquica que permite:
 - la optimización del empleo de los medios,
 - el mejor dominio de los costos (presupuesto seguimiento e imputación),
 - la estandarización de los procedimientos y medios de comunicación,
 - un seguimiento homogéneo de los materiales y sus fallos,
 - la agrupación de las inversiones costosas de materiales de mantenimiento, en el taller central, a disposición de los destacamentos sectoriales,
 - una mejor gestión de todo el personal involucrado en el entretenimiento.
- El interés de una descentralización geográfica (por los destacamentos de intervención sectorizados) que permite:
 - la delegación de la responsabilidad a los jefes de equipo,
 - mejorar las relaciones con el "obrero" (contacto permanente),
 - la ventaja del trabajo en equipos reducidos polivalentes,
 - la eficacia y rapidez de las intervenciones en materiales bien conocidos.

La proporción relativa de centralización-descentralización se debe adaptar al tamaño y naturaleza de la empresa.

3. TERMINOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO

3.1. ALGUNAS DEFINICIONES BÁSICAS

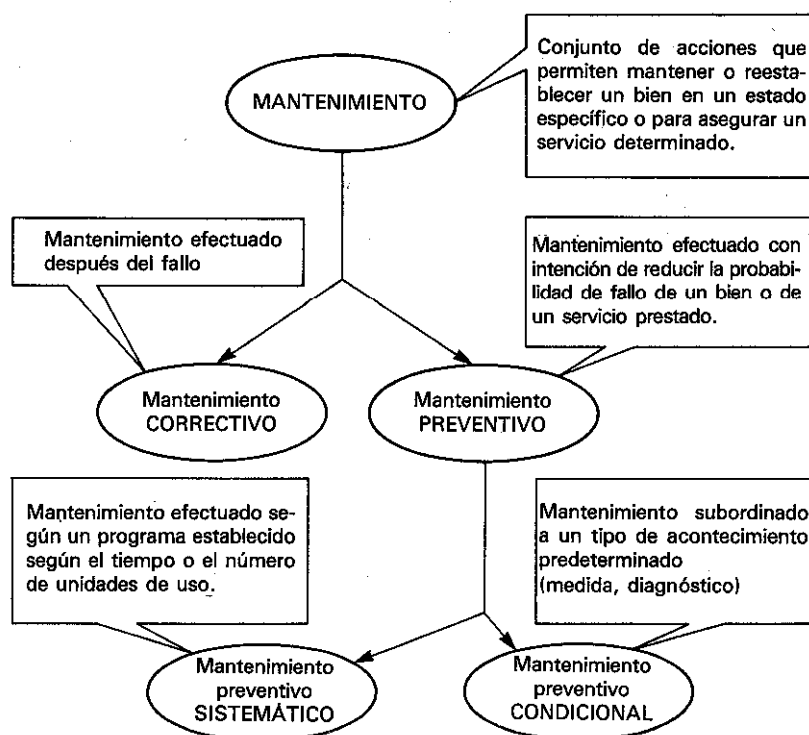
AFNOR difunde desde 1981 un conjunto de normas relativas "al mantenimiento y la gestión de bienes duraderos", normas destinadas a unificar el vocabulario y los métodos de mantenimiento.

Sin embargo, no ha tenido en cuenta el importante vocablo conocido como la terotecnología.

a) La terotecnología

Es una combinación de *management* (gestión) de la economía y del *engineering* (tecnología), con vistas a la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos, sus comportamientos y precio de coste; su instalación, entretenimiento, modificación y durabilidad.

b) Tipos de mantenimiento (según las normas AFNOR X 60 010 y 60 011)



c) El mantenimiento correctivo

Se descompone en dos tipos, con definiciones no normalizadas:

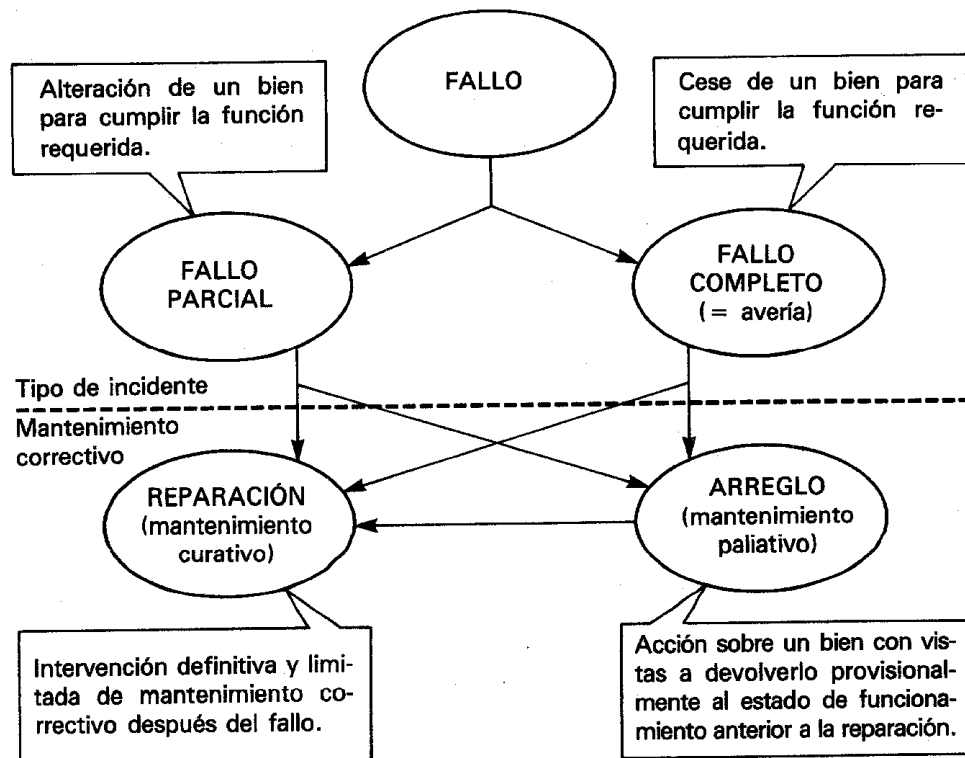
- mantenimiento **paliativo**, que comprende las intervenciones tipo **arreglo**;
- mantenimiento **curativo**, que comprende las intervenciones "tipo" **reparaciones**.

Acciones del mantenimiento correctivo:

- test**: comparación de las respuestas de un dispositivo a una solicitud con las de un dispositivo de referencia;
- detección**: acción de descubrir por vigilancia intensiva, la aparición de un fallo;

- localización:** acción de localizar los elementos por los que se manifiesta un fallo;
- diagnostico:** identificación de la causa del fallo con la ayuda de un razonamiento lógico;
- arreglo, reparación:** véase el esquema que se dará más adelante;
- las revisiones:** "conjunto de controles, exámenes, intervenciones efectuadas con vistas a asegurar el bien contra cualquier fallo mayor durante un numero de unidades de uso determinado". Pueden ser "limitadas" o "generales".

d) Los fallos (según la norma AFNOR X 60 011)



**3.2. LOS CINCO NIVELES DE MANTENIMIENTO
(según la norma AFNOR X 60 011)**

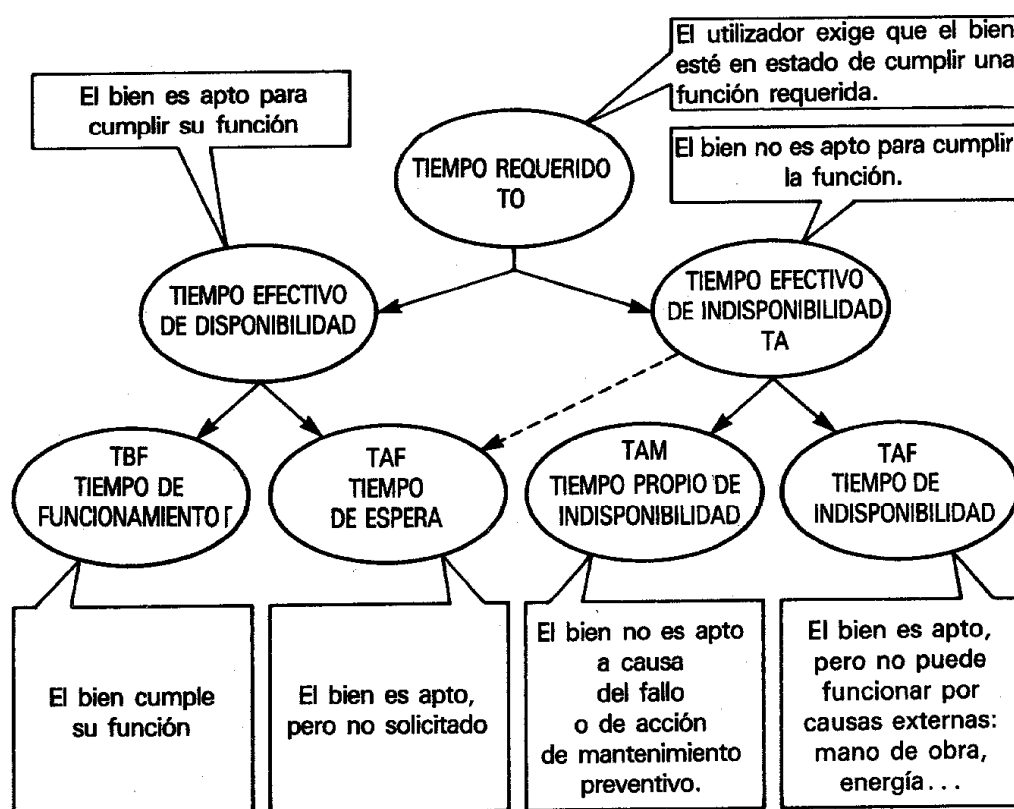
- 1º nivel: Ajustes simples previstos por el constructor en medio de órganos accesibles sin ningún desmontaje del equipo, o cambio de elementos accesibles para plena seguridad.
- 2º nivel: Arreglos por cambio-estandar de elementos previstos para este fin, u operaciones menores de mantenimiento preventivo (rondas).
- 3º nivel: Identificación y diagnostico de averías, reparación por cambio de componentes funcionales, reparaciones mecánicas menores.

4º nivel: Trabajos importantes de mantenimiento correctivo o preventivo.

5º nivel: Trabajos de renovación, de reconstrucción o reparaciones importantes confiadas al taller central.

3.3. LOS TIEMPOS RELATIVOS AL MANTENIMIENTO (según la norma AFNOR X 60 015)

a) Algunas definiciones básicas



En el marco de la gestión del mantenimiento, se distinguen los tiempos de paro TA imputables al mantenimiento, que se llaman TAM, y los no imputables al mantenimiento TAF (F de "fabricación").

Por la forma de recogida de los tiempos, los tiempos de espera serán imputados a la fabricación (TAF). En efecto, los contadores horarios que afectan a una máquina totalizan solamente los TBF.

Entonces la codificación puede distinguir, para cada paro, el tiempo de espera de los diferentes tiempos de indisponibilidad.

Se llamara T O al "tiempo-requerido" de la norma, con referencia al "tiempo de apertura", termino utilizado corrientemente en las cadenas de producción.

$$T O = \sum TBF + \sum TAM + \sum TAF.$$

b) La noción de "duración de uso"

La noción de tiempo, fundamental en mantenimiento, aparece a menudo en las definiciones de AFNOR bajo la forma de "unidades de uso".

Precisemos esta expresión (norma NF X 60 010).

- Uso: "Utilización de un producto con vistas a obtener un servicio"
- Unidad de uso: "Magnitud definida escogida para evaluar cuantitativamente el uso en condiciones convencionales eventualmente normalizado"

Concretamente, las unidades de uso que se utilizan en la industria son la hora, a veces la semana, el mes o el año.

Pero estas pueden ser igualmente unidades de tiempos "indirectos", tales como:

- ciclos de funcionamiento (para una electroválvula, por ejemplo),
- piezas producidas (para una maquina de producción),
- cantidades producidas (toneladas para un proceso),
- distancias recorridas (km. para un vehículo).

c) Escalas de tiempos de referencia

Se utilizan escalas de tiempos absolutos o relativos.

Se toma un ejemplo sencillo:

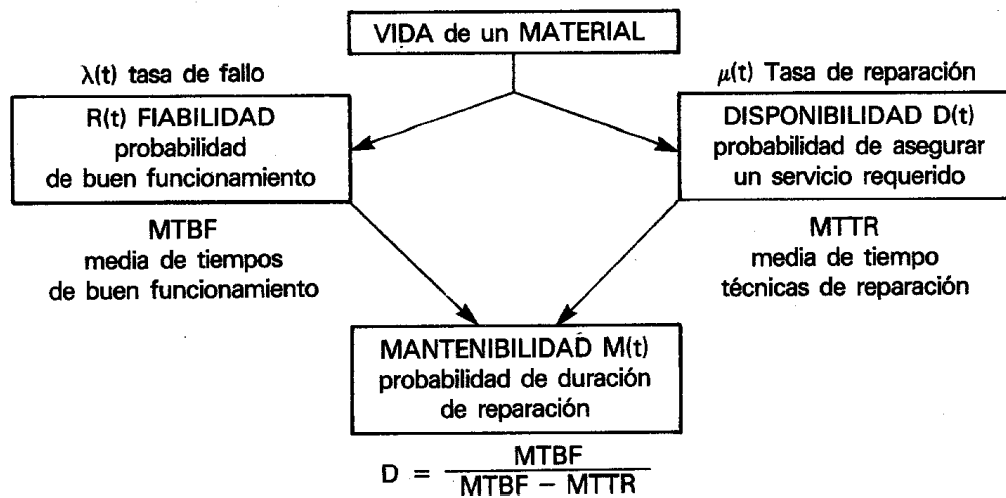
La utilización de un vehículo desde hace tres años (enero 1983 a enero 1986).

Es una referencia a una escala "absoluta".

El recorrer 45.000 o 60.000 km. es una referencia de la utilización propia del vehículo.

La ultima escala es técnicamente más interesante; pero conduce a una **individualización** de la gestión a veces poco practica.

3.4. FIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD



Estos tres conceptos se pueden enfocar de forma previsional (antes del uso) o de manera operacional (durante o después del uso).

Las tres funciones precedentes, llamadas respectivamente R (t), M (t), D (t), son funciones de tiempo. En mantenimiento es indispensable precisar la noción de tiempo, de acuerdo con la norma X 60-015.

a) La "vida de una maquina"

Comprende una alternancia de paros y de "buen funcionamiento", durante su duración potencial de utilización (= tiempo requerido = $t_o - t_l = T O$).

Estas duraciones pueden ser observadas o estimadas.

Una parte (variable) de los TA (tiempos de paro) esta constituida por los TTR (tiempos técnicos de reparación).

b) Indicador de disponibilidad

$$\hat{D} = \frac{TO - \sum TA}{TO}$$

c) MTBF y MTTR

La MTBF, o media de los tiempos de buen funcionamiento, es el valor medio en tre paros consecutivos, para un periodo dado de la vida de un dispositivo:

$$MTBF = \frac{\sum_0^n TBF_i}{n}$$

De la misma forma, la MTTR (o media de los tiempos técnicos de reparación) será:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=0}^n TBF_i}{n}$$

Estos valores pueden ser calculados (después de observaciones), estimados, prefijados o extrapolados.

3.5. LOGÍSTICA DEL MANTENIMIENTO

--Este termino de origen militar se refiere al sostén de las tropas aportado por el transporte y el abastecimiento.

Por extensión, la industria ha tomado el termino, que engloba todos los medios (incluso el mantenimiento) que ayudan a la producción.

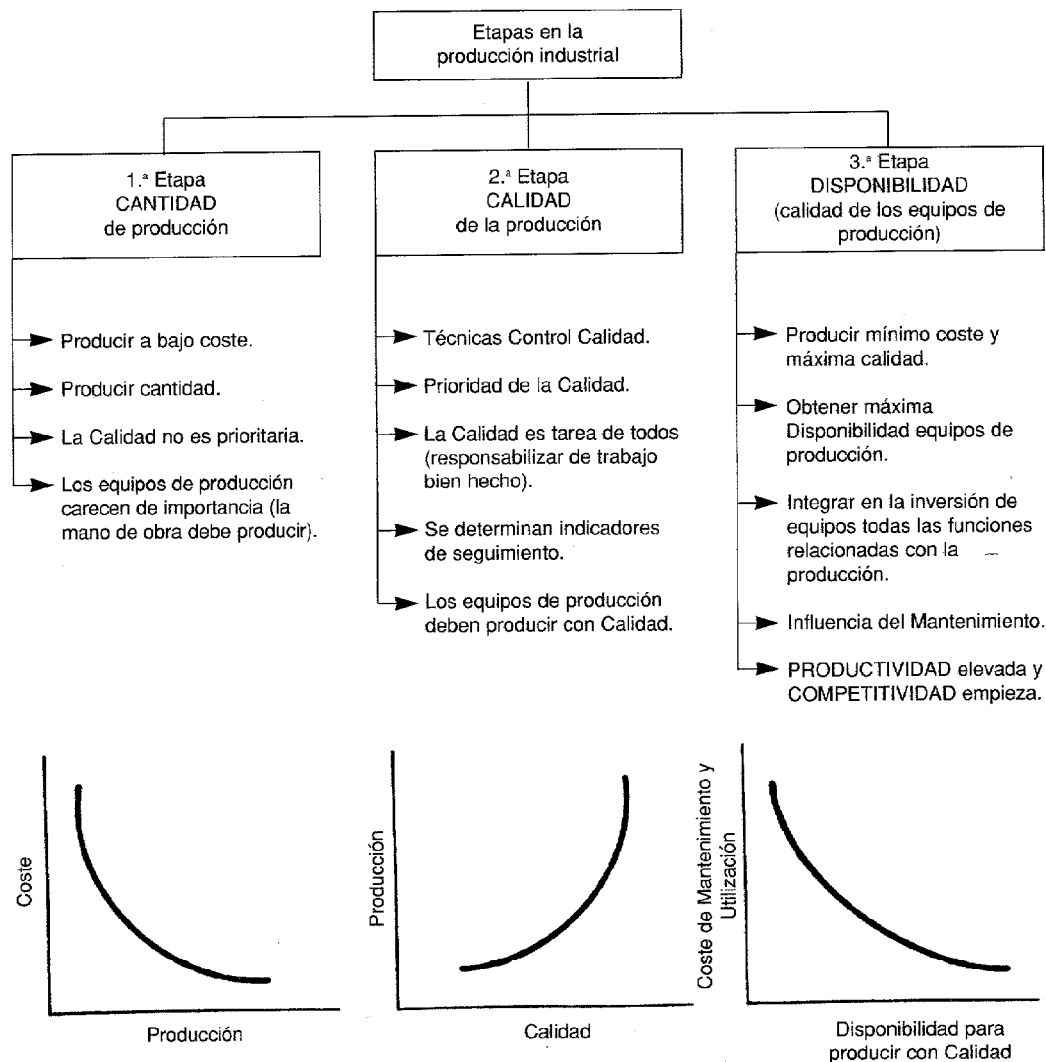
--En mantenimiento, la "logística" es el conjunto de medios puestos a disposición para asegurar una misión de mantenimiento; a saber, las herramientas, los recambios, los medios de elevación, de manutención, el personal necesario . . .

4. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

En las dos primeras etapas antes enumeradas, los servicios de Mantenimiento han pasado inadvertidos cuando <<las cosas marchaban bien>> y han sido tachados de ineficaces y costosos en otras situaciones.

Sin embargo, el Mantenimiento ha tenido también su evolución a través de tres etapas muy marcadas (véase figura I-13), coincidentes más o menos con las etapas del desarrollo industrial ya enumeradas.

1ª Etapa: Mantenimiento por rotura. Hast~ los años 50, con una organización y planificación mínimas (mecánica y engrase) pues la industria no estaba muy mecanizada y las paradas de los equipos productivos no tenían demasiada importancia al tratarse de maquinaria sencilla y fiable, debido a esta sencillez, así como fácil de reparar.



2ª Etapa: Mantenimiento Planificado (PM). La creciente automatización de los procesos productivos y su complejo mantenimiento, hizo que a partir de los años 50 en EE.UU. se introdujese el concepto de Mantenimiento Preventivo. Ya en la década de los 60 surge en EE.UU. el concepto de Mantenimiento Productivo en el seno de General Electric Co. Este concepto hacía referencia a que el objetivo del mantenimiento no era únicamente reparar los equipos sino también planificarle y mejorar la productividad mediante adecuadas acciones de mejora en los mismos. De esta manera, el PM engloba el Mantenimiento Correctivo-Preventivo-Predictivo y la mejora (véase figura I-13).

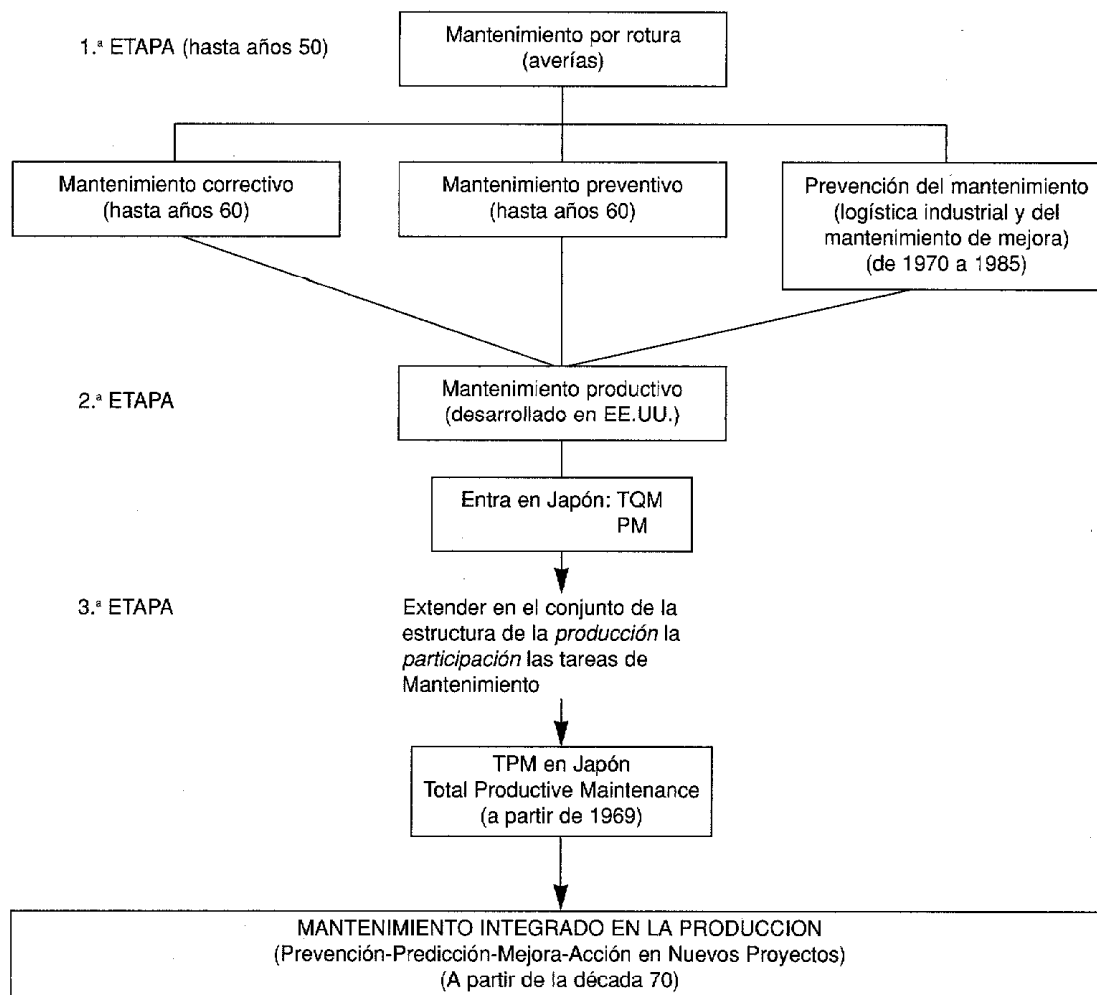
A partir de 1964 se introduce el PM en Japón, no sin antes haberle dotado del toque característico japonés: mientras en la mayoría de las empresas americanas el Mantenimiento y la Producción se mantenían separados, los japoneses consiguen que todos los operadores participen en el mantenimiento de los equipos de producción.

El Mantenimiento Preventivo al que nos hemos referido consiste en revisiones periódicas de las instalaciones buscando anticiparse a las posibles averías. Se trataba, por tanto, de una serie de actuaciones Sistemáticas en las que se desmontaban las máquinas, y se observaban para reparar o sustituir los elementos sometidos a desgaste.

El elevado coste de estas revisiones (de mano de obra, de tiempo de parada, etc.) hizo que el Mantenimiento Preventivo fuese reemplazado, allí donde fue posible, por el Mantenimiento Predictivo. En este caso, las intervenciones sobre los equipos productivos no dependen de un programa preestablecido, sino de las condiciones de funcionamiento de dichos equipos. Son estas las que anuncian que alguna de sus partes esta llegando a un punto en el que va a ser necesaria una intervención que podemos planificar.

El Mantenimiento Predictivo consiste, por tanto, en un conjunto de técnicas y métodos que aplicados sobre las maquinas y equipos, permiten conocer su estado para poder así intervenir con anterioridad a que pueda producirse el fallo.

Debemos, por tanto, establecer una serie de parámetros medibles cuya variación va a reflejar el deterioro de aquellos componentes que pueden producir fallos o averías en los sistemas.



3ª Etapa: Mantenimiento Productivo Total (TPM). Si bien el TPM fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa japonesa Nippondenso del grupo Toyota y y Japón lo generaliza a partir de 1971, esta etapa en nuestro entorno no comienza hasta el final de la década de los 80. Partiendo del concepto americano del PM que habían adoptado en la 1ª etapa y que separaba al personal de mantenimiento del de la

producción y evolucionaron hacia el mantenimiento y mejora de los equipos con la implicación de toda la organización.

RESUMEN

Niveles de mantenimiento

Primer nivel TPM: Automantenimiento

- Primera intervención ante una incidencia (vigila comportamiento de máquinas).
- Cambio y reglajes de herramientas-útiles.
- Colabora con especialistas de mantenimiento.
- Cuida y manija la instalación y su entorno.
- Realización del primer nivel de M/P

Segundo nivel TPM: Especialistas

- Especialistas electromecánicos.
- Especialistas automatismos.
- Primer diagnóstico y reparación.
- Colabora con Mantenimiento Central.
- Realiza segundo nivel M/P.

Tercer nivel: Profesionales de Mantenimiento

- Mantenimiento condicional.
- Mantenimiento programado nivel 3.
- Intervención de las averías complejas.
- Realiza propuestas de mejoras de máquinas

Cuarto nivel: Técnicos de mantenimiento

- Participa en nuevos proyectos de equipos
- Participa en la recepción y puesta en marcha.
- Asegura el funcionamiento continuo.
- Estudia mejoras y modificaciones.
- Estudia y optimiza gamas de Mantenimiento Preventivo.
- Control del Mantenimiento Contratado

Quinto nivel: Mantenimiento Contratado

- Contrato de asistencia con fabricantes de equipos especiales y de alta tecnología.
- Contrato de mantenimiento con empresas exteriores especializadas como ayuda a los niveles 3+4.
- Contratos de conformación específica.

Capítulo 2

HERRAMIENTAS PARA ADMINISTRAR LA CONSERVACIÓN

2. 1 INTRODUCCIÓN

Todo aquello de lo cual nos servimos para facilitar nuestra labor, lo denominamos herramienta. Existen infinidad de estas que pueden estar representadas por artefactos, gráficas, métodos, reglamentos, etc., pero es notorio que algunas de ellas se aplican con más facilidad que otras en ciertos aspectos específicos, por lo que para nuestros fines solo vamos a considerar aquellas que creemos más útiles para desarrollar en forma practica y sencilla nuestro trabajo administrativo de' conservación. El conocimiento ;de dichas herramientas y su aplicación rutinaria, nos dará resultados predeterminados y nos facilitara no sólo la planeación de: la conservación')n sino también su control. -

Estos aspectos son, desafortunadamente, los menos atendidos en muchas de nuestras fabricas.

Tendremos, pues. como nuestras herramientas principales, las siguientes: :

- Índice ICGM (RIME)
- Principio de Y. Pareto .
- Inventario de conservación :
- Costo mínimo de conservación
- Determinación de la confiabilidad del equipo
- : Detección analítica de fallos
- El manual de administración

Iremos analizando cada una de ellas en el orden aquí mencionado, para facilitar su estudio, pues aunque toda la planeación de la conservación industrial debe empezar con el inventario de los equipos, instalaciones y construcciones que debemos atender, es necesario que dicho inventario este jerarquizado, por lo que, al tocar inicialmente el índice ICGM, aprenderemos la importancia del código máquina y, al combinarlo con el principio de Pareto, podremos obtener la jerarquización del inventario.

Con esto, podremos determinar cuales son los recursos (equipos, instalaciones y construcciones..) vitales, cuales los de transición o importantes y cuales los triviales.

Por lo que respecta al resto de las herramientas principales que se mencionaron anteriormente, aunque entre ellas no exista relación tan estrecha, consideramos que también facilita su explicación el estudiarlas en esa secuencia.

2.2 ÍNDICE ICGM (RIME)

EMERGENCIAS A GRANEL

Todos sabemos que las labores de un gerente de conservación son múltiples, muy variadas y, en ocasiones, de emergencia.

Suponga que usted es gerente de conservación de una fábrica muy importante y un día lunes, al llegar a su labor, se encuentra con un panorama impresionante, debido a los sucesos que le reportan, siendo estos los siguientes: -

1. Fallo en el equipo de aire acondicionado, que atiende en forma exclusiva a la sala de juntas de la empresa. Usted sabe que ese mismo día, precisamente en una hora más, se celebrará la junta de consejo que es vital, y que su director general, persona sumamente exigente, no tolera por ningún motivo que se le proporcione un ambiente incomodo al consejo de administración.
 2. Fallo en la máquina de inserción automática de circuitos integrados. Su funcionamiento es imprescindible para mantener una continuidad en la línea de producción. El jefe de producción le exige atención inmediata y lo hace responsable de las consecuencias que se tengan, tales como materiales de alto costo dañados, paros de líneas dependientes de esta máquina, tiempos muertos de personal, etc.
 3. Fallo en una banda de ensamble elíptica. También, el jefe de producción le hace ver que es tan importante como la máquina de inserción automática, exigiéndole que ambas cosas deban quedar arregladas de inmediato.
- Herramientas para administrar la conservación 33
4. Fallo en el elevador de personal del área de oficinas (edificio de seis pisos). Este daño es reportado por uno de los vigilantes de seguridad, pintándole un cuadro aterrador, dándole su opinión de que la atención a esa falla no puede esperar.

Para complicar aun más el problema, los recursos físicos y humanos con que cuenta, solo le permitirán solucionar uno de esos cuatro problemas.

Convendría que en una hoja por separado diera respuesta a las siguientes preguntas

- A. ¿Cuál de los cuatro problemas atendería usted primero?
- B. ¿En que basa su decisión?

Como se puede observar, la decisión no es fácil de tomar, pues hace falta una herramienta que permita identificar la labor de conservación con mayor prioridad sobre las otras.

Suspendamos temporalmente el ejercicio anterior para analizar que es el índice ICGM y como se aplicaría en la solución del problema que se presenta.

El índice ICGM (Índice de clasificación para los gastos de conservación), que en los E.U.A. se conoce como RIME (Ranking Index for Maintenance Expenditure) y sobre el cual tiene derechos reservados Ramond and Associates Inc.; es una herramienta que permite clasificar los gastos de conservación interrelacionando los recursos sujetos a estos trabajos, con la clase o tipo de trabajo por desarrollar en ellos. Es notorio, por consiguiente, que el índice ICGM se compone de dos factores denominados:

1. Código máquina

Aquel que identifica a los recursos por atender (equipos, instalaciones y construcciones).

2. Código trabajo

Aquel que identifica a cada tipo de trabajo al que se sujetaran dichos recursos.

El índice ICGM se obtiene de la multiplicación de estos dos factores.

Por tanto, tenemos:

Índice ICGM = código máquina x código trabajo.

Podemos agregar a esta explicación que el índice ICGM tiene tres aplicaciones perfectamente bien delineadas:

1. Jerarquización de la expedición de las labores de Conservación, de acuerdo a su importancia relativa. -
2. Elaboración racional del presupuesto anual para los gastos de conservación
3. Auxiliar en la clasificación de los equipos, instalaciones y construcciones de la empresa, determinando si son "vitales", "importantes" c, "triviales", para definir la clase y cantidad de trabajo de conservación que se les debe proporcionar.

Existen dos métodos para utilizar el índice ICGM, uno en forma simplificada y el otro más sofisticado. En esta ocasión solo analizaremos el método simplificado, pues en nuestra opinión es el más práctico para la mayoría de las empresas mexicanas y, además, responde al objetivo principal de esta obra, que es el de producir a nivel mundial un cambio en la filosofía actual (mantener el servicio y preservar los recursos).

2.2.1 ÍNDICE ICGM SIMPLIFICADO

Para establecer este índice en la empresa, puede seguirse la mecánica siguiente: -

1. Se estructura un comité compuesto por personas conocedoras de las funciones de conservación, producción y finanzas, ya que estos tres criterios deben tenerse presentes durante todo el tiempo que dure la elaboración del sistema ICGM.
2. Se levanta un inventario universal, que contenga "todo" lo que debe ser atendido para asegurar un funcionamiento adecuado de la empresa. Aquí aparecerá todo tipo de máquinas, edificios, jardines, caminos de acceso y, en suma, todo aquello que integra la empresa.
3. El comité llevará a cabo las juntas que sean necesarias, a fin de analizar cada una de las unidades contenidas en el inventario y darle un valor de acuerdo con su importancia relativa. Con esto se obtiene el "Código Máquina". Cuando decimos importancia relativa, nos referimos a la importancia que para la producción tiene el recurso analizado (equipo, instalación o construcción) con respecto a los demás, calificándolo con puntuación del 1 al 10, con lo cual quedara formado nuestro inventario por diez grupos de recursos, cada uno de diferente valor. No hay que olvidar que durante las juntas de análisis del código máquina, cada integrante del comité debe tener en mente factores tales como: rentabilidad del equipo, la relación que este tiene con respecto a otros, su grado de utilización y, en fin, todo lo que ayude a determinar su grado de importancia con respecto a los demás.

Por ejemplo si en una fabrica se decidió que las máquinas herramienta, tales como fresadoras, cepillos, esmeriles y pulidoras, son de vital importancia para la producción, estas tendrán una calificación máxima dentro del grupo de 10 en que hemos dividido nuestro inventario. Si, además, encontramos por ejemplo, que las grúas, bandas transportadoras, hornos de temple, etc., forman un grupo cuya importancia sea inmediata inferior a la anterior, a este grupo le asignaríamos una calificación de 9. De esta misma manera se continuara calificando todo el inventario hasta terminar con el.

Con el objeto de tener una idea más clara sobre el tercer paso aquí descrito, a continuación se muestra la Tabla 2- 1, que puede tomarse como guía durante las juntas de "Análisis Código Máquina" que lleva a cabo el comité.

Código máquina	Cocepto
10	RECURSOS VITALES. Aquellos que influyen en más d un proceso, o cuya falla origina un problema de tal magnitud que la alta dirección de la empresa no está dispuesta a correr riesgos. Por ejemplo líneas de distribución de vapor, gas, aire, calderas, hornos, subestación eléctrica, etc.
9	RECURSOS IMPORTANTES. Aquellos que, aunque están en la línea de producción, su función no es vital, pero sin ellos no puede funcionar adecuadamente el equipo vital y, además no existen máquinas redundantes o de reserva, tales como montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción, etc.
8	RECURSOS DUPLICADOS SITUADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, similares a los anteriores (9), pero de los cuales si existe reserva.
7	RECURSOS QUE INTERVIENEN DE FORMA DIRECTA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, tales como: dispositivos de medición para el control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales, máquinas de inspección, etc.
6	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN SIN REEMPLAZO, tales como: equipo de aire acondicionado para el área de pruebas, equipos móviles, equipo para surtimientos de materiales en almacen, etc.
5	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN CON REEMPLAZO, tales como:
4	similares al punto anterior, pero que sí tienen reemplazo.
3	RECURSOS DE PINTURA Y EMBALAJE, tales como: compresores, inyectoras de aire , máquinas de pintura de acabado final, y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que, además, se tenga reemplazo.
2	EQUIPOS GENERALES, Unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicios, etc.
1	EDIFICIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD, alarmas, pasillos, almacenes, calles, estacionamientos, etc. EDIFICIOS E INSTALACIONES ESTÉTICAS. Todo aquello que no participa directamente en la producción: jardines, campos deprotivos, sanitarios, fuentes, etc.

Si analizamos esta tabla, se podrá observar claramente que la calificación más alta se asigna a los artículos que proporcionan el servicio más importante, del cual no se puede prescindir, y que el comité que lo elabore, tiene que diseñarlo de acuerdo a las

necesidades de la fabrica j el tipo de esta, sus recursos, sus procesos de fabricación y. en suma, todo aquello que la singularice; no se tendrán resultados adecuados si se trata de adaptar una tabla código máquina de otra empresa a la propia.

Con el objeto de comprobar si se ha asimilado lo tratado hasta este punto, suspendamos un momento nuestra explicación y continuemos con el ejercicio que hablamos comenzado.

Ahora que ya quedo usted enterado de lo que es el índice ICGM y de su uso, vamos a suponer que consigue que en su fabrica se establezca este para atender sus equipos, instalaciones y construcciones en forma racional y evitar discusiones entre su personal y el de producción. Ahora ya han sido aceptados y autorizados por la alta dirección los códigos que componen al ICGM y resulta que usted vuelve a vivir en forma idéntica los cuatro problemas explicados anteriormente, pero los analizamos y observa que la calificación aceptada para cada recurso con problemas, es la siguiente:

Problema	Recursos	Código máquina
1	Equipo de aire accionado en la sala de juntas	4
2	Máquina de inserción automática	6
3	Banda de ensamble elíptica	5
4	Elevador para el personal de oficinas	4

Con este nuevo concepto, seguramente ya podrá decidir sin lugar a dudas cual problema atendería primero. Explíquelo en una hoja por separado y diga en que basa su decisión.

Ahora bien, si usted determinó que, de acuerdo con los valores del código máquina que le fueron proporcionados, el recurso que deberá atenderse primero es la máquina de inserción automática a continuación, la banda de ensamble elíptica y así sucesivamente, será erróneo, porque habíamos mencionado que el Índice ICGM es un producto de dos factores o códigos y, hasta este momento, solo hemos proporcionado el código máquina; por tanto, el siguiente paso que daremos será elaborar el código trabajo.

Cuando el comité haya terminado el código máquina, procederá a hacer un listado de los diferentes trabajos que el departamento de conservación tiene que llevar a cabo: correctivo preventivo, limpieza, auxilio a producción, hechura de refacciones, etc., y en la misma forma que en el caso anterior, estos trabajos los dividiremos en 10 grupos o código, cuidando de asignarles un valor del 1 al 10, de acuerdo con la importancia que guardan estos con respecto a la productividad. La Tabla 2-2 puede servir de ayuda, para facilitar el análisis del comité sobre este renglón.

Código trabajo	Descripción de trabajos por efectuar
10	PAROS: Todo aquello que se ejecute para etender las causa de pérdida del servicio o de la calidad esperada, proporcionado por las máquinas, instalaciones y construcciones, vitales e importantes. O aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar pérdidas de vidas humanas o afecciones a la integridad física de los individuos.
9	ACCIONES PREVENTIVAS URGENTES: Todo trabajo tendente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el apartado anterior (10) y que pudieros haber surgido por inspecciones, pruebas, avisos de alarmas, etc.
8	TRABAJOS DE AUXILIO A LA PRODUCCIÓN: Modificaciones tendentes a optimizar la producción, o surgidas por cambiode producto o por mejoras al mismo, etc.
7	ACCIONES PREVENTIVAS NO URGENTES: Todo trabajo tendente a eliminar a largo plazo los paros o conceptos analizados en el punto 10 - lubricación, atención de desviaciones con consecuencias a largo plazo,trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva, etc.
6	ACCIONES PREVENTICAS URGENTES: Todo trabajo tendente a eliminar paros, acciones preventivas urgentes, acciones preventivas no urgentes y que no se hayan divisado posibles fallas.
5	ACCIONES RUTINARIAS: Trabajos en máquinas o equipos de repuesto, en herramientas de conservación y en atención a las rutinas de seguridad.
4	ACCIONES PARA LA MEJORA DE LA CALLIDAD: Todo trabajo tendente a mejorar los resultados de producción y de conservación.
3	ACCIONES PARA LA DISMINUCIÓN DEL COSTO. Todo trabajo tendente a minimzar los costos de producción y conservación y que no esté considerado en ninguna de las anteriores categorías (mejora del factor de potencia eléctrica en la empresa, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en el verano, etc.)
2	ACCIONES DE SALUBRIDAD Y ESTÉTICA: Todo trabajo tendente a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles y donde el personal de limpieza no puede intervenir, debido a los riesgos o delicadeza del equipo por atender (pintura, aseo o desinfección de lugares como subestación eléctrica, salas de computación, etc.)
1	ACCIONES DE ASEO Y ORDEN: trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones del departamento de conservación.

Ahora, con esta nueva información, continuemos nuestro ejercicio. Suponga usted que al recibir los alarmantes informes descritos al principio del ejercicio, usted analizo la situación y, además de calificar el código máquina ahora se pone a analizar el código trabajo y encuentra lo siguiente:

1. Equipo de aire acondicionado de la sala de juntas.

En este equipo se tiene que hacer una labor de limpieza, con fines estéticos, lo cual esta calificado en el código trabajo con un valor de 2 .

2. Máquina de inserción automática.

Este equipo tiene una tolva floja, por lo que produce un ruido molesto, pero no pone en peligro la producción. El código trabajo lo califica con un valor de 6.

3. Banda de ensamble elíptica.

Se trata de un caso parecido al anterior, pues una banda floja golpea contra su cubierta, pero tampoco pone en peligro la producción; el código trabajo también tiene un valor de 6.

4. Elevador para el personal de oficinas.

En este caso se tiene una verdadera emergencia, pues el elevador sufrió una descompostura, en tal forma, que el cable se salió de sus poleas y tres personas quedaron atrapadas, peligrando su integridad física; a este labor, el código de trabajo le da un valor de 10.

Ahora, con estos datos, qué problema atendería usted primero? ¿Porque ?

Piense cuidadosamente y termine de hacer el ejercicio.

Con toda seguridad, el sistema del ICGM quedó perfectamente aclarado para usted, pues es lógico que al recibir los alarmantes informes mencionados en nuestro ejercicio, lo primero que haría sería investigar lo que realmente estuviera sucediendo para poder obtener los dos códigos, hace la multiplicación correspondiente y determinar cual es el Índice ICGM mayor al cual se le daría prioridad y todos quedarían conformes, ya que esas son las reglas que se han de respetar, con lo cual se resolverá más del 80% de los problemas actuales de esta índole, y quedarán muy pocos casos dudosos.

La solución al ejercicio sería:

Problema	Equipo, instalación o construcción	Código máquina	Código trabajo	Índice ICGM	Prioridad
1	Equipo de aire acondicionado S. Juntas	4 x	2 =	8	4o.
2	Máquina de inserción automática	6 x	6 =	36	2o.
3	Banda de ensamble elíptica	5 x	6 =	30	3o.
4	Elevador para el personal de oficinas	4 x	10 =	40	1o.

También hablamos de que otra de las aplicaciones de este sistema es la elaboración racional de nuestro presupuesto anual para los gastos de conservación. Esto se explica fácilmente, si consideramos que por estudios económicos nuestra Dirección General determino disminuir nuestro presupuesto de gastos de conservación en un x %, lo que nos obligara a presupuestar trabajos de esta índole calificados con los ICGM más altos, hasta que estos agoten el presupuesto autorizado; aquí vemos claramente que estamos racionalizando nuestro presupuesto para aplicarlo en aquellos trabajos de conservación que lo harán más eficaz.

Por último, habíamos mencionado que el ICGM nos sirve como auxiliar (exclusivamente el código máquina) para que, combinado con el principio de Pareto logremos identificar en nuestra fábrica los recursos vitales los importantes y los triviales, a fin de suministrarles las labores más adecuadas de acuerdo con esta jerarquizaron. Este concepto lo trataremos en el inciso 2.4.

Por todo lo hasta aquí mencionado, podemos concluir que el Índice ICGM hace más patente nuestra nueva filosofía, en la cual decidimos que lo importante de la conservación industrial, es el mantener dentro de los límites esperados, la calidad del servicio que prestan nuestros equipos, instalaciones y construcciones que nuestro objetivo es el servicio adecuado y que la máquina es el medio para obtenerlo.

Por último, se hace notar que los códigos del ICGM no son constantes durante toda la vida útil de las máquinas, ya que estas pueden cambiar de labor, de producto, de volumen, de producción y, en fin, tener cualquier cambio que aumente o disminuya la importancia y calidad del servicio que deben proporcionar. Se acostumbra hacer una publicación mensual sobre aquellas máquinas que han variado su "código máquina"; este es un trabajo sencillo y que produce la continuidad necesaria para contar con un ICGM confiable.

A fin de facilitar la aplicación del ICGM, se recomienda tener anotado el código máquina en las tarjetas de registro de las máquinas y el código trabajo estará en forma de lista, y ambas a disposición del responsable de expedir las labores de conservación.

2.3 PRINCIPIO DE Y. PARETO

Todos sabemos por experiencia, que los trabajos de conservación exigen tener un espíritu de sacrificio, aceptar que en muy pocas ocasiones alguien considere que nuestro trabajo es eficiente, y este seguramente se debe a que todos nos acostumbramos con rapidez a disfrutar de comodidades a que la energía eléctrica este presente en el momento que la requerimos que el teléfono funcione adecuadamente a la hora que deseamos hacer uso de él, que nuestro automóvil, el aire acondicionado de la oficina, las relaciones del almacén, las herramientas, aparatos de medición, en fin, todo aquello que nos rodea este proporcionándonos las satisfacciones que esperamos de ellos. Cualquier fallo en cualquier renglón nos causa frustración por lo general, reclamamos a la persona o personas que suponemos responsables. sin embargo, cuando todo funciona adecuadamente, no se ocurre pensar que detrás de todo ese buen estado de cosas existe personal que se esta preocupando por que estas continúen así; ese es el personal de conservación y en nuestra empresa, desde el más alto nivel hasta el último hombre, preocupados por que todo funcione bien, tarde o temprano tienen que pasar malos ratos por esta incomprensión. La satisfacción que normalmente encontramos los que hemos dedicado la vida al desarrollo de la conservación industrial a cualquier nivel, es muy íntima, ya que por lo general no viene de afuera, sino de los triunfos que uno mismo reconoce al evitar o minimizar fallos. Si reconocemos que tenemos ese espíritu de sacrificio, seguramente estaremos de acuerdo en considerar que nuestro trabajo es una labor altruista y que, por tanto, nuestra satisfacción será mayor mientras nuestros equipos, instalaciones y lugares estén proporcionando una calidad de servicio adecuada a los usuarios de los mismos.

La gran cantidad de situaciones que vivimos cada día de trabajo da como resultado que tenemos que atender un sinnúmero de tareas, algunas muy importantes, muchas otras, triviales, y estamos atendiendo, en el mejor de los casos, un poco de todo; terminamos el día cansados, con muchas frustraciones, llevándonos trabajo a casa para continuar en

la noche o en el fin de semana, posponemos nuestras vacaciones, "no tenemos tiempo" para prepararnos o para cualquier otra cosa que no sea el trabajo del momento. Esto se debe a que, además de que nuestra labor de conservación es por naturaleza exigente, no estamos usando las herramientas adecuadas para mejorar el empleo de nuestro tiempo y por eso "no nos alcanza".

En hoja por separado hágase el siguiente ejercicio, con el objeto de comprobar que existe la oportunidad de mejorar en este renglón.

Recomendamos que, con sus conocimientos actuales, trate--usted de solucionar el problema aquí planteado, para que después compare con la verdadera solución; recuerde que del análisis de los propios errores se obtiene más aprendizaje que del análisis de los triunfos.

PLAN PARA MINIMIZAR FALLOS

Usted es directivo de conservación en una empresa y, a fin de año, auxilia a su personal de planeación a elaborar un plan para el año siguiente con el fin de disminuir lo más posible los fallos y tratar d que el numero de estas sean sensiblemente menor que el del año actual. Para facilitar el problema, suponga que usted mantiene en su planta 126 máquinas de las mismas características, marca, tamaño, etc. Al analizar su estadística del año encuentra las deficiencias listadas en la Tabla 2-. Explique usted que recomendaciones daría para lograr que el plan antes mencionado diera los resultados deseados. Ahora, cierre el libro y haga su ejercicio hasta terminarlo.

Causas	Fallas encontradas
Compresores de aire	125
Llaves o palancas	176
Laminadoras	80
Alarmas	1300
Zumbadores o timbres	195
Extractores	100
Operación deficiente de la máquina	6950
Baterías	225
Troqueladoras	90
Interruptores	4895
Collarines	240
Discos o teclados	1100
Equipos de operador	3898
Precalentadores	1050
Contactores de marcha	265
Interruptores de corte	186
Contactos de seguridad	140
Tanques de agua	220
Cuchillas planas	145
Tolvas	130
Cremalleras	135
Pedales de seguridad	120
Cadenas	172
Cizallas	153
Total:	22090

Con toda seguridad, muchas ideas pasaron por su mente para solucionar el problema que le planteamos, algunas buenas, otras que desecho y, probablemente, elaboro un plan que pudo haberle satisfecho. Si usted es de los afortunados que saben que un buen director, gerente, jefe o administrador de cualquier nivel, se distingue por que jerarquiza sus situaciones de preocupación y las canaliza adecuadamente, quedándose el solo con aquello que no debe delegar? entonces con toda seguridad conoce procedimientos que le ayuden a jerarquizar, tales como "análisis de las situaciones" de Kepner y Tregoe o "El principio de Y. Pareto" y, si aplico este ultimo, con toda seguridad usted tuvo buenas bases para hacer un plan confiable.

Vilfredo Pareto fue un sociólogo y economista italiano (1848-1923), quien introdujo el método analítico a la economía política siendo, además autor de dos obras 'El peligro socialista y "Cursos de economía política pero ahora, por lo que más se le conoce a nivel mundial? es por el principio que lleva su nombre y el cual es de una gran ayuda para el directivo moderno.

Vilfredo Pareto descubrió que el efecto ocasionado por varias causas tiene una tendencia bien definida, ya que el aproximadamente 20% de las causas originan el 80% del efecto y el 80% de las causas restantes son responsables del 20% del resto del efecto. Este fenómeno se repite con una aproximación aceptable, que ha sido útil para aplicarlo diariamente a fines prácticos. En el ejercicio anterior en el cual se busco minimizar fallos; si se aplica este criterio, se llegara a la conclusión que unas pocas causas (20%) son responsables del 80% de nuestros problemas, por lo que, si atendemos perfectamente a estas, solucionaremos una gran parte de las situaciones de preocupación. De la exposición anterior se llega al enunciado del principio

"Si hacemos una lista con todas las causas que contribuyen a la obtención o aparición de cualquier efecto que queramos analizar, y las ordenamos de mayor a menor, de acuerdo a la magnitud de su contribución, encontraremos que el 20% de dichas causas es responsable del 80% del efecto total y que el restante 80% solo es responsable del 20% del mencionado efecto.

Veamos, por tanto, cual es el procedimiento para aplicar el principio de Pareto, "ley" del 80/20 o del A, B7 C.

1. Defina el efecto que le interesa analizar.
2. Elabore una lista con todas las causas que originan el efecto que le interesa analizar, anotando el valor con el que cada una contribuye.
3. Ordene las causas con base en su contribución, de mayor a menor.
4. Sume el total de los valores con que cada una contribuye para obtener el 100% del valor.
5. Calcule por cada causa, con que porcentaje contribuye al total
6. Identifique las causas "vitales" que originan aproximadamente en 80% del efecto y tome acciones cuidadosas e individuales.

7. Identifique las causas de "transición" o "importantes" y tome acciones globales o de grupo.
8. Identifique las causas "triviales" y atiéndallas en forma correctiva y sólo cuando sea necesario.

Apliquemos este criterio para el desarrollo de nuestro ejercicio.

Podemos suponer que con la lista de la tabla 2- 3 hemos conseguido avanzar hasta el segundo paso, pues en primer lugar, a nosotros nos interesa en este caso analizar los fallos; en segundo lugar, se supone que obtuvimos de nuestra estadística la mencionada lista y, además, el valor con el que cada causa contribuye, a continuación desarrollaremos los puntos 3 al 5, con lo cual la lista quedara en la siguiente forma

En este caso es posible observar que se distinguen tres grupos bien definidos; los factores 1 al 3 tienen una contribución acumulada del 71%, los factores 4 al 6 acumulan el 15 % y la gran mayoría restante del 7 al 24 solo acumulan el 14%.

De aquí que a los primeros les llamaremos "vitales", a los segundos, "importantes" o de transición y a los últimos "triviales".

Ya con todo este análisis, atacaremos el problema de acuerdo a la mecánica inicialmente recomendada. Puntos 6 al 8. Por ejemplo, el factor vital más importante:, es la operación deficiente de las máquinas, por lo que se desarrollaría un plan exclusivamente para resolver este problema, nombrando a un responsable de la atención del mismo y el cual tendría que investigar a fondo el porqué los operarios no tienen un comportamiento adecuado, hasta llegar a recomendar e implantar las acciones necesarias que lleven a la solución de este problema. En la misma forma se procederá a atacar los factores 2 y 3, con lo cual se tendrían tres planes individuales con un responsable para cada uno. Es necesario proporcionar todo el apoyo que requiera cada responsable, a fin de obtener los resultados deseados. Con esto, cerca del 71% de nuestras fallos van a desaparecer y el tiempo estará mejor utilizado.

Por lo que respecta a los factores "importantes", haremos un plan general para atender un este caso, al mismo tiempo, los tres factores que resultaron, y también con In responsable a cargo, cuyas acciones no es necesario que sean tan acuciosas como en caso de factores vitales.

Por ultimo, los factores triviales pueden en muchos casos hasta olvidarse o hacerse inspecciones esporádicas para verificar su comportamiento y corregir cuando se susciten los fallos.

Usted puede aplicar el principio de Y. Pareto a un sinnúmero de situaciones, tales como: saber cuales son los principales problemas que afectan a mantenimiento, cuales a producción, cuales son las quejas más importantes, cuales las más frecuentes, en la fabrica, cuales son las máquina vitales, cuales las importantes y cuales las triviales y, en fin, el principio mencionado puede ayudarnos para conocer los componentes críticos de un máquina determinada o los verdaderos cuellos de botella en nuestro trabajo, nuestros mejores clientes o proveedores, los asuntos que debemos delegar, etc. A cualquier aspecto o situación que a usted le interese analizar aplique los 8 pasos del "Principio de Pareto" y automáticamente aumentara la eficacia en su trabajo. Recuerde, un buen directivo racionaliza su trabajo analizando la importancia del mismo, procure hacer un habito del uso de esta herramienta.

2.4 DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DEL EQUIPO

Desde hace varios años se han venido desarrollando estudios y pruebas, con el objeto de minimizar todas las funciones que trae aparejadas la conservación industrial, tales como el tiempo dedicado al mantenimiento preventivo, los tiempos de paro, la cantidad de refacciones, la habilidad del personal que interviene en la máquina (instalación, operación y conservación) y en fin, todo aquello que de una u otra forma tiene que hacerse para permitir que los recursos sujetos a conservación continúen operando dentro de la calidad esperada. Esto ha traído como consecuencia, que los fabricantes e instaladores de equipos formen sus criterios de diseño tomando en cuenta los conceptos de mantenibilidad y confiabilidad.

Por lo que respecta a la MANTENIBILIDAD se define como la rapidez con la cual los fallos o el funcionamiento defectuoso en los equipos son diagnosticados y corregidos, o la conservación programada es ejecutada con éxito. Es una función de variables que interactúan; incluye el diseño y configuración del equipo y su instalación, la accesibilidad de partes y la adecuación de mano de obra que en el interviene (instalación, conservación y operación).

Durante el diseño, debe procurarse que el equipo cuente, en lo posible, con lo siguiente:

- Que las partes y componentes sean a tal grado estandarizados, que permitan su minimización e intercambio en forma sencilla y rápida.
- Que las herramientas necesarias para intervenir la máquina sean, en lo posible comunes y no especializadas, ya que esto ultimo haría surgir la necesidad de tener una gran cantidad de herramientas en la fabrica con los consiguientes problemas de control.
- Que los conectores que unen a los diferentes subsistemas estén hechos de tal modo que no puedan ser intercambiados por error.
- Que las labores de operación y conservación puedan ejecutarse sin poner en peligro a las personas, al equipo o a otros equipos cuyo funcionamiento dependa del primero.
- Que el equipo tenga soportes, asas, apoyos y sujeciones que permitan mover sus partes con facilidad y apoyarlas sin peligro mientras se intervienen.
- Que el equipo posea ayudas de diagnostico o elementos de autodiagnóstico que permitan una rápida identificación de la causa de la fallo.
- Que el equipo cuente con un adecuado sistema de identificación de puntos de prueba y componentes que .sean fácilmente vistos e interpretados.

Existen muchas otras consideraciones al respecto, pero nuestro objetivo es únicamente el de aclarar el concepto de mantenibilidad, ya que su estudio a fondo es obligatorio para la ingeniería de diseño, más que para la alta administración de la conservación.

Un concepto similar al de mantenibilidad, es el de "fiabilidad" o "confiabilidad" del equipo, la cual se define como "la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente dentro de los limites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado teniendo como condición que el equipo se utilice según el fin para el que fue diseñado. Para distinguir las diferencias entre estos conceptos, analicemos la Tabla 2-10.

Confiabilidad	Mantenibilidad
Tiempo para fallar Tiempo medio entre fallas Tasa de fallas Probabilidad de falla en un tiempo predeterminado	Tiempo para conservar Tiempo medio para conservar Tasa de conservación Tiempo promedio de conservación

Tabla 2-10

Aproximadamente, desde 1940 se han desarrollado estudios sobre la teoría de la confiabilidad y así, con base en observaciones efectuadas en equipos y sistemas complejos instalados en industrias telefónicas, industrias generadoras de energía eléctrica, industrias petroquímicas, de aviación comercial, etc., sobre su funcionamiento con relación a los fallos que dichos equipos y sistemas registran, se ha determinado que la cantidad de fallos que, por ejemplo, presenta un equipo en particular, no es uniforme a lo largo de su vida útil, sino que existen variaciones bien definidas durante los periodos inicial y final, así como un gran lapso comprendido entre esos, en el cual el numero o tasa de fallos es relativamente constante.

Es posible graficar en forma general el comportamiento futuro de un equipo o conjunto de equipos, apoyándose en conceptos de probabilidad y estadística, de tal forma que se obtenga una descripción bastante confiable del patrón de fallos probables, la curva, representativa se llama "curva de la bañera".

Con el objeto de explicar el concepto en forma sencilla y practica, desarrollaremos un ejemplo hipotético, en tiempo real, por lo que no será necesario el uso de matemáticas, ni los conceptos de probabilidad y. estadística.

Suponga usted, que en su fabrica empieza a trabajar una máquina nueva, recién instalada y que su personal tiene el cuidado de llevar un registro de los fallos que se susciten, sea que estas originen o no situaciones de conservación contingente; bastara el hecho de que se produzca un funcionamiento defectuoso en la máquina, se analice para encontrar la causa y se restablezca su funcionamiento adecuado. Seguramente, si se le esta proporcionando una conservación apropiada tendrá un registro con una tendencia como la mostrada en la tabla 2-11

Si construye una gráfica utilizando los datos arriba mostrados, se obtendría lo señalado en la Fig. 2-3.

Analizando esta figura, podemos observar que posee tres etapas bien definidas:

- a) Etapa de fallos prematuras.
- b) Etapa de vida útil.
- c) Etapa de agotamiento.

La etapa de fallos prematuras, también llamada vida temprana del equipo, comienza después de la instalación de este, cuando después de ser probado es puesto en servicio y entregado al departamento correspondiente para su operación y conservación. Durante este lapso, la gran cantidad de fallos ocasionadas por partes o subsistemas del equipo inicialmente defectuosos obliga a desarrollar trabajos de conservación, los cuales

permiten que se vayan reemplazando los elementos que han fallado prematuramente. En esta etapa, la cantidad de conservación que se le proporciona al equipo en cuestión es grande, pero tiende a abatirse rápidamente (ver Fig. 2-4) hasta que se lleve al nivel óptimo de conservación en el cual los costos de paro y los de conservación son iguales. En este punto podemos considerar que estamos en la "etapa de vida útil" y durante algunos años nos estaremos moviendo dentro de una tasa de fallos constante, por unidad de tiempo, hasta teóricamente llegar al límite en que el fabricante del equipo nos garantizo un buen funcionamiento del mismo. Por ultimo, se llega a la etapa del agotamiento que viene marcada por un aumento de fallos por unidad de tiempo cada vez mayor, debido a que los componentes del equipo, a estas alturas tienen un desgaste considerable y empieza a fallar un mayor número de ellos y con más frecuencia, a pesar de que se continúe con el mismo tipo y calidad de labores de operación y conservación; esto provoca que el costo combinado de conservación sea cada vez mayor, reduciendo la utilidad de la explotación del equipo hasta el punto en donde la rehabilitación o sustitución de este debe considerarse. La Fig. 2-4 aclara este concepto.

También en esta figura se puede observar que, Si llegando a la etapa de agotamiento y por convenir a los intereses de la empresa, se rehabilita esta máquina haciéndole una reparación a fondo, se obtendrá un nuevo tiempo de vida útil. más corto que el anterior y con una mayor tasa de fallos constante.

Como se menciono al principio de este inciso, por medio de la aplicación de las matemáticas y de tomar como base los conceptos de probabilidad estadística es decir, desarrollando trabajos de ingeniería de confiabilidad, se puede pronosticar de manera confiable el futuro comportamiento de alguna máquina o sistema que deseamos comprar o instalar en nuestra fabrica. como los valores de las tres etapas de la "curva de la bañera" varían de acuerdo al tipo, complejidad y calidad de las máquinas, es posible que algún fabricante tenga disponible una máquina cuyo perfil de probabilidades de fallo (confiabilidad) sea mejor que el de la ofrecida por otro; es decir, existe la posibilidad de obtener máquinas de alta calidad cuyas etapas de vida temprana y agotamiento prácticamente no existan y que la tasa de fallos constante por unidad de tiempo sea mínima. Esto sucede en aparatos de alta confiabilidad utilizados, por lo general, en aeronaves, o en lugares de alto riesgo, como los hay en la mayor parte de las industrias, equipos, instalaciones o construcciones vitales. Este concepto también es útil para desarrollar en el personal de conservación un mejor criterio al considerar que este comportamiento se observa en una máquina o sistema en forma integral y que no es conveniente aplicarlo a un conjunto de máquinas separadas, no interrelacionadas, puesto que cada una de ellas tendrá por separado su propio comportamiento. Tomemos el caso de una de nuestras experiencias:

Hace algunos años, se hicieron estudios a fondo sobre el comportamiento de la planta exterior telefónica (cables, postes, plintos de conexión, alambrados y aparatos telefónicos), de una pequeña ciudad que tenia aproximadamente 3000 teléfonos instalados. El análisis demostró que la mayor cantidad de fallos se localizaba en lo que se denomina "equipo de abonado", esto es, toda la instalación dentro de la casa del usuario incluyendo el aparato telefónico. Con la preocupación por mejorar substancialmente el servicio en la mencionada población, se decidió cambiar todo el "equipo de abonado" de esa ciudad. Los resultados fueron de inmediato, por completo diferentes a lo que se esperaba, pues durante algunos meses la estadística de quejas subió impresionantemente. Un análisis posterior demostró que al cambiar todas las instalaciones y poner nuevas, cada una de estas empezó a operar en su "etapa de vida temprana" por lo que se registraron fallos prematuros en toda la ciudad, comportándose

esta como un sistema, compuesto de subsistemas (cada equipo de abonado) y, por tanto, la ciudad presentaba su propia "curva de la bañera" o "perfil de probabilidades de fallo" ahora modificado con respecto al que inicialmente tenía. En este caso, el costo fue elevado y los resultados muy por abajo de lo esperado, al menos en los primeros meses, pero fue útil como enseñanza .

Lo recomendable en casos como este, cuando se tiene un "enjambre" o conjunto de máquinas o sistemas no interrelacionados, es llevar a cabo un análisis general de la situación y, posteriormente, determinar unidad por unidad cual es el equipo que ha llegado a su etapa de agotamiento o que muestra una alta tasa de fallos y a este, exclusivamente, rehabilitarlo o cambiarlo.

Otro enfoque útil de esta curva es el que se observa en la Fig. 2-5 con respecto al efecto que la carga de trabajo ocasiona en una máquina. La gráfica muestra como disminuye substancialmente el tiempo de vida útil en cualquier máquina sujeta a una carga de trabajo mayor que la especificada; también se observa que no se obtiene una ganancia sustancial si se la utiliza con una carga menor a la especificada; que lo más conveniente desde el punto de vista económico es usarla dentro de sus especificaciones de la fábrica. Muchas de nuestras empresas carecen de un "centro de planeación y control" de la conservación de la fábrica y, además, de una estadística confiable o de especialistas que puedan aplicar los criterios de mantenibilidad y confiabilidad, tanto para la obtención de nuevas máquinas como para el dimensionamiento de la cantidad de conservación que hay que proporcionar a las existentes. Sin embargo, existe la posibilidad de que de una manera practica y confiable se pueda aplicar este punto de vista desarrollando una herramienta que permita medir el grado de confiabilidad de algún equipo o instalación que se quiera calificar en un momento dado.

En la practica, la confiabilidad puede apreciarse por el estado que guardan o el comportamiento que tienen cinco factores llamados universales y que se considera existen en todo recurso por conservar; estos factores son los siguientes: -

1. Edad del equipo
2. Medio ambiente en donde opera.
3. Carga de trabajo.
4. Apariencia física.
5. Mediciones o pruebas de funcionamiento.

Si en nuestro ejemplo se trata de verificar la confiabilidad de un transformador de 300 kVA instalado en una de las subestaciones de la fabrica, empezaríamos por elaborar con base en estos cinco factores, un "transformador patrón", para después compararlo con el transformador que queremos clasificar; y de ese modo determinar si debe o no rehabilitarse y, en este último caso conocer hasta que grado de confiabilidad se conseguirla llevarlo.

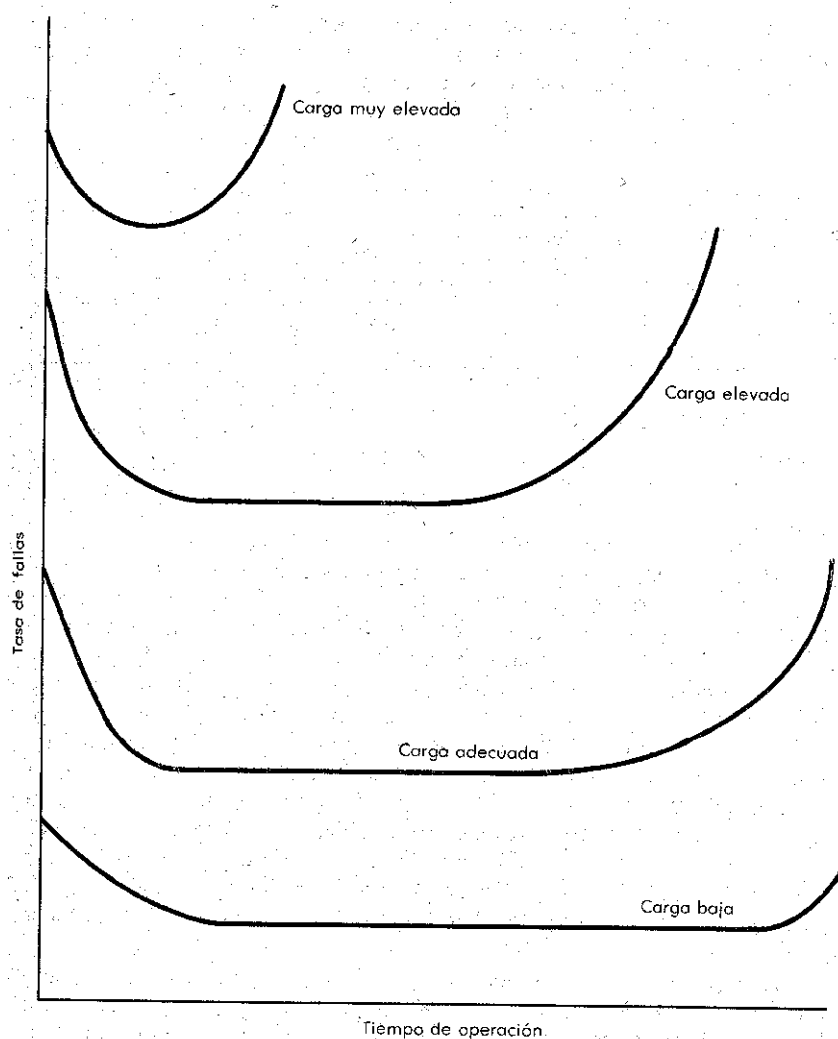


Fig 2-5 Efecto de la carga de trabajo en una máquina.

Principiaremos por formar un comité de tres o cuatro personas conocedoras de la operación y conservación --en este caso, transformadores eléctricos para subestaciones--, a fin de que analicen y discutan sobre la importancia relativa de cada uno de los factores mencionados. Para la discusión es útil dibujar en la pizarra una tabla como la 2-12.

Junta de discusión para la jerarquización de los factores universales de un transformador nuevo de 300 kVA				
Factor	% de confiabilidad (intentos efectuados)			
	1	2	3	4
Edad del quipo	5	10	12	
Medio ambiente	20	15	8	
Carga de trabajo	40	30	30	
Apariencia física	15	15	10	
Mediciones o pruebas de func.	20	30	40	
Total	100	100	100	

Se comienza por considerar la importancia del primer factor, y si este resulta más importante que el segundo, se comparara con el tercero; si ahora resulta más importante el tercero, este último se comparara con el cuarto y el que resulte más importante se comparara con el quinto; al seguir esta mecánica, en cada ocasión se discutirá entre los ponentes el porque de su opinión, hasta llegar al consenso. Una vez jerarquizados los cinco factores, se le da peso a cada uno de ellos a fin de que el resultado de la suma sea 100%. La practica demuestra que no es fácil llegar a calificar en el primer intento cada factor, por lo que se proseguirá con un segundo, tercero o más intentos, hasta obtener una propuesta confiable. En la Tabla 2-12 se supone que se llevo 1 consenso hasta el tercer intento. El siguiente paso es estudiar por separado cada uno de los factores, a fin de dividirlos en "subfactores", para que al multiplicar uno de estos por su factor, lo demerite de su valor original.

En nuestro ejemplo, se llegó a la conclusión de que el factor más importante es el resultado de las pruebas y mediciones que se hagan al transformador; si estas resultan buenas, tendremos por ese concepto una confiabilidad del 40%, la cual puede irse perdiendo cuando el resultado de dichas pruebas acuse la existencia de ciertos problemas que sacan en algún grado a la máquina, de su funcionamiento esperado.

Para la elaboración de los subfactores, se analiza a fondo el factor correspondiente, a fin de determinar cuales son los fallos que pueden demeritarlo y entre estas, escoger la más importante para calificarla. Por ejemplo, si se considera el factor "medicion y pruebas de funcionamiento" al estudiar el transformador veremos que existen, cuando menos, tres fallos que pueden ser verificadas durante el funcionamiento del aparato: en el voltaje o tensión de salida, en el aislamiento entre devanados y en la corriente de salida; al analizar entre sí estos elementos, se llega al acuerdo de que es posible detectar con mas confianza la calidad del funcionamiento en el resultado que arroje la prueba del aislamiento entre devanados, tomándolo como indicador y verificando las condiciones optimas que proporciona el fabricante. Para el caso en estudio, 10 mΩ (megohm), se procederá de acuerdo con el criterio del comité, a demeritar paso a paso el subfactor hasta obtener una tabla como la 2-13.

Tabla 2-13 Subfactores de mediciones y pruebas de funcionamiento (hipotético).

Factor de medición y pruebas de funcionamiento		
Subfactor	Mediciones	% de confiabilidad
A	Aislamiento 10 MΩ	100 = 1.00
B	Aislamiento de 9.9 a 6 MΩ	75 = 0.75
C	Aislamiento de 5.9 a 4 MΩ	60 = 0.60
D	Aislamiento de 3.9 a 3 MΩ	40 = 0.40
E	Aislamiento de 2.9 a 2 MΩ	20 = 0.20
F	Aislamiento de 1.9 a 1 MΩ	10 = 0.10
G	Aislamiento menor a 1 MΩ	0 = 0.00

Continúese con el ejemplo, analizando el segundo factor en importancia, que resultó ser la carga de trabajo; se ve que en este caso no hubo mucha discusión, debido a que aquella esta perfectamente definida por lo que se le esta exigiendo al transformador que entregue; así que se obtiene una tabla como la 2-14.

Tabla 2-14 Subfactores de carga de trabajo.

Factor de carga de trabajo		
Subfactor	% de carga de trabajo	% de confiabilidad
A	100	100 = 1.00
B	105	95 = 0.95
C	110	80 = 0.80
D	115	60 = 0.60
E	120	30 = 0.30
F	más de 120	0 = 0.00

Por lo que respecta al tercer factor, resulto ser la edad y como en este caso se considera que la vida útil dada por el fabricante (10 años) y la experiencia del comité aseguran que durante ese lapso no se producirán fallos por este concepto (si existe una buena atención al transformador), se obtuvo una tabla como la 2-15.

Tabla 2-15 Subfactores de edad (hipotético)

Factor edad		
Subfactor	Edad en años	% de confiabilidad
A	De 0 a 10	100 = 1.00
B	10 a 12	90 = 0.90
C	12 a 14	70 = 0.70
D	14 a 16	40 = 0.40
E	más de 16	0 = 0.00

En el factor apariencia física, se consideraron como agentes de demerito, la suciedad del transformador, las probables fugas de aceite o las rotura de su cubierta o aisladores, y la instalación fuera de normas, llegándose escoger como indicador, las roturas de cubierta o aisladores, dando lugar a una tabla como la 2-16.

Tabla 2-16 Subfactores de apariencia física (hipotético).

Factor apariencia física		
Subfactor	Roturas en el transformador	% de confiabilidad
A	Sin roturas	100 = 1.00
B	En los aisladores de salida	90 = 0.90
C	En los aisladores de entrada	80 = 0.80
D	En la cubierta, destilando aceite	30 = 0.30

Por ultimo, en el factor medio ambiente, el comité considero que en un equipo de estas características podía obrar sobre el, el pH, la humedad y la temperatura que existieran dentro del local en donde se encontrara instalado, pero se determino que el mas

importante de estos agentes nocivos representaba la temperatura que podía sumarse a la de trabajo propia del transformador, por lo que se tomo como indicador la temperatura "pico" o máxima local, quedando una tabla como la 2-17.

Tabla 2-17 Subfactores de medio ambiente (hipotético)

Factor medio ambiente		
Subfactor	Temperatura pico en el local	% de confiabilidad
A	Entre 0 y 25 °C	100 = 1.00
B	Entre 25 y 30 °C	95 = 0.95
C	Entre 30 y 35 °C	80 = 0.80
D	Entre 35 y 40 °C	50 = 0.50
E	Más de 40	25 = 0.25

Con los factores y subfactores hasta aquí obtenidos se ha conseguido un patrón de comparación que, aunque no es una norma matemáticamente lograda, es muy confiable para fines prácticos, sobre todo si el comité que tuvo a su cargo el estudio, estuvo formado por especialistas en la materia, en este caso, de subestaciones eléctricas.

El siguiente paso es que el comité se dirija al lugar en donde se encuentra instalado el transformador por calificar y se revise este paso a paso a la luz de los subfactores. Supongamos que encontramos lo mostrado en la Tabla 2-18.

Tabla 2-18 Resultados de las condiciones encontradas (hipotético)

Factor	Valor	Condiciones encontradas	Subfac.	% Conf.
Medic. o pruebas	40	Aislamiento 1.5 MΩ	0.10	4
Carga de trabajo	30	80% de la nominal	1.00	30
Edad	12	6 años	1.00	12
Apariencia fís.	10	Rotura de los aisl. de salida	0.90	9
Medio ambiente	8	27 °C	0.95	7.6
Totales	100			62.6

En síntesis, este transformador proporciona una confiabilidad del 62.2% y es notorio que lo que mas abate a esta, es el bajo aislamiento que registran las pruebas; por tanto, es necesario rehabilitarlo, siempre que resulte económico al comprarlo con el cambio de un nuevo transformador.

Tabla 2-19 Comparación de confiabilidad entre transformadores (Hipotético)

Factor	Confiabilidad en %		
	Actual	Con rehabilitación	Nuevo equipo
Medic. o pruebas	4	40	40
Carga de trabajo	30	30	30
Edad	12	12	12
Apariencia física	9	10	10
Medio ambiente	7.6	7.6	7.6
Totales	62.6	99.6	99.6

Por lo anterior es posible concluir que se llega al mismo grado de confiabilidad rehabilitando el transformador o cambiándolo por uno nuevo, ya que en ambos se tendría una mejora del 100% en los factores de mediciones o pruebas y en el de apariencia física. El factor que no se puede mejorar con este enfoque es el del medio ambiente, ya que no es consecuencia del estado del transformador. Es necesario considerar los costos que intervienen en ambos: casos, pues si se opta por la rehabilitación, seguramente se incurriría en los siguientes:

1. Alquiler de un transformador en buen estado.
2. Desmontaje del transformador en mal estado y montaje del nuevo
3. Rehabilitación completa del transformador usado.
4. Desmontaje y montaje de los transformadores correspondientes.

Si se opta por el cambio del transformador, se tendría:

1. Compra del nuevo transformador (descontando la venta del viejo).
2. Desmontaje del viejo transformador y montaje del nuevo.

Además de este ultimo caso, se ganarían 6 años de edad y la posibilidad de comprar un transformador con mayor rendimiento o mas adecuado a las necesidades propias. El ejemplo que hasta aquí se ha visto, puede ser aplicado a cualquier tipo de recurso, solamente estudiando los cinco factores universales con respecto a lo que se desea calificar.

CICLO DE RECUPERACIÓN DE PARTES DE REPUESTO

Existen industrias que tienen instaladas un buen numero de maquinas: iguales, y como sabemos, a través del tiempo tienden a llegar al fin de su vida útil y, además, al fabricante le es cada vez mas difícil surtir las partes y repuestos que se necesitan, llegando en ocasiones a considerar el surtido de nuestros pedidos como un verdadero favor y a juntar dos o tres buenos clientes que tengan las mismas necesidades, a fin de que le reditúe la fabricación de esas partes pasadas de moda. En la fabrica, mientras tanto, se vive un caos, pues el departamento de conservación tiene que avocarse a fabricar estas partes o modificar las maquinas y, muchas veces, sin buenos resultados. Cuando mucho tiempo después surte el fabricante nuestro pedido, desaparece la mayor parte de el como por encanto, ya que el personal de mantenimiento tiende a protegerse apartando para si, algunas partes que considera importantes para cuando se le presente algún problema. Esta acción indeseable, es una reacción muy humana, ya que las presiones por falta de partes y repuestos las recibe directamente este personal. Esto es mas notorio en fabricas que tienen sucursales similares en varias partes d- l país y compran centralizadamente dichas refacciones para repartirlas después. En estos casos, también se puede ver que si por alguna causa se desmonta una maquina que ha estado trabajando en forma adecuada, llega generalmente al taller de reparaciones con faltantes de partes importantes, por que algún previsor responsable de conservación juzgó conveniente guardar en "su" bodega estas partes previendo futuras emergencias; esto es lo que en la jerga de mantenimiento se llama "canibalizar" una maquina.

Este caos puede eliminarse con cierta facilidad, un poco de tiempo y mucha disciplina aplicando el criterio que se sigue en el "ciclo de recuperación de partes de repuesto" mostrado en la Fig. 2-6.

La figura muestra que toda maquina que se haya decidido rehabilitar debe enviarse a los talleres correspondientes, siempre y cuando el almacén de partes y repuestos demuestre que tiene en existencia lo suficiente para atender las necesidades de este tipo de maquinas en todo el sistema.: Si esto no fuera posible, debe comprarse una maquina nueva para instalarla en lugar de la que se haya desmontado y que servirá para desarmarla y rehabilitar las partes y repuestos enviándolos al almacén, a fin de que este pueda atender con estas refacciones las necesidades de la empresa que lógicamente van a ir creciendo por el grado de obsolescencia que presentan las máquinas. No es recomendable por ningún motivo rehabilitar una máquina para la cual ya no se cuenta con repuestos y volverla a instalar en el sistema.

Parece ser que la compra de una maquina nueva puede traer costos grandes, pero, además :de que se tiene la facilidad de contar con maquinas nuevas y seguramente mas productivas y con menos necesidades de conservación, se esta permitiendo el funcionamiento "ecológico de" de la fábrica.

Otro punto por aclarar es, que dentro del caos antes descrito: no es posible darse cuenta de la magnitud de los gastos originados no sólo por tiempos de paro y conservación sino por tiempos perdidos por una mala administración del sistema.

Capítulo 3

PLANIFICACION DEL MANTENIMIENTO **CORRECTIVO POR AVERLAS**

INTRODUCCION

Las averías y paradas motivadas por ellas son, en parte, difíciles de evitar aun en industrias con un mantenimiento preventivo-predictivo eficaces. Para una mejor acción se necesitan un buen equipo de profesionales de reparación y un buen equipo de fiabilización y mejora de maquinas e instalaciones productivas.

Ya hemos comentado que este tipo de mantenimiento puede tener diferentes niveles de intervencion y puede ser centralizado o descentralizado según el tipo de dimensión de la industria y su actividad.

Podemos considerar dos tipos de mantenimiento correctivo:

- de sustitución de elementos o conjuntos
- de reparación propiamente dicha.

a) MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS

Consiste en un Mantenimiento Correctivo aplicado a una maquina o equipo de producción, en el cual las intervenciones de reparación se basan fundamentalmente en el desmontaje de piezas o conjuntos y su sustitución por recambios ya preparados o estándar.

Este tipo de mantenimiento correctivo es el utilizado mas frecuentemente sobre líneas de fabricación con gran capacidad de producción (sector del automóvil, electrodomésticos, etc.).

Se caracteriza por la gran simplicidad y rapidez en la propia intervención, por lo que sus características son:

- rapidez en la respuesta al fallo
- bajo coste en la mano de obra aplicada en la reparación
- costes elevados en material y recambios empleados.

La <<detección>>es, hoy día, normalmente realizada por el operario de fabricación con responsabilidad en: el nivel de intervención en tareas de automantenimiento, y es frecuente disponer de sistemas de diagnostico, mas o menos sofisticados, que ayudan a esa detección.

Exige, para su eficacia, una buena y rápida planificación de la intervención (recursos humanos asignados, utillajes, recambios, elementos. de transporte, etcétera).

La reparación propiamente dicha es normalmente rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha, ya que se dispone de conjuntos y componentes preparados de antemano.

Un buen y eficaz mantenimiento correctivo por sustitución de elementos, exige un apoyo bien estructurado y tecnificado, puesto que debe facilitar un conjunto de acciones con unas interrelaciones muy importantes.

Este tipo de mantenimiento necesita una buena base de ingeniería de diseño y mejora en las fases de proyecto y explotación respectivamente, con unas especificaciones claras sobre la fiabilidad-construcción modular (fácil mantenibilidad)-simplificación, etc. de los equipos.

Además, ha de incorporar tecnologías tales como sistemas de detección y diagnóstico asistido por ordenador, así como sistemas de ajuste y control incorporados con instrucciones en los programas informáticos de dichos sistemas.

b) MANTENIMIENTO DE REPARACIÓN PROPIAMENTE DICHA

Consiste en un mantenimiento correctivo aplicado a una máquina o equipo productivo, en el cual las actuaciones incluyen todo tipo de operaciones de reparación como son desmontajes-sustitución de piezas-ajustes-reconstrucción de componentes, etc.

Se caracteriza por la complejidad de las intervenciones y los tiempos empleados en las mismas, por lo que los aspectos más destacados son:

- difícil planificación del tiempo de intervención
- elevado coste de la mano de obra empleada
- costes bajos en material y recambios empleados.

La detección, hoy día, es realizada por el operario de fabricación (nivel-1 de intervención) y para el diagnóstico se ayuda de sistemas informáticos apropiados incorporados en máquina.

En general, este tipo de reparación implica una incidencia fuerte en el proceso productivo, por lo que es importante su planificación (recursos humanos asignados, recambios, transporte, etc.). El apoyo de los talleres auxiliares puede ser muy importante en la reparación, especialmente para disminuir tiempos de respuesta en la intervención ante necesidades de ajustes o reconstrucciones de piezas por falta de recambios.

La intervención, su puesta en marcha posterior y su control necesitan de profesionales integrados en la fabricación (nivel 2 de intervención) o de los profesionales del mantenimiento central de nivel-3 de intervención.

Asimismo, el mantenimiento de reparación general necesita, en ocasiones, de contratos para la intervención de empresas especializadas, o bien del propio fabricante del equipo (nivel-5 de intervención).

FACTORES DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR AVERÍAS

Los factores más importantes a considerar son los siguientes.

- organización técnico-administrativa
- suministro de repuestos a través del almacén de recambios y el taller auxiliar
- herramientas y útiles para efectuar los trabajos
- formación y calidad del personal profesional para la detección de averías.

Organización técnico-administrativa

Para llevar a efecto un mantenimiento por averías y relacionarle con la fabricación, así como para informar de los trabajos efectuados y calcular un coste de reparación y de repercusión en la parada de los sistemas de producción, formando todo ello un banco de datos e históricos de las maquinas, es necesario ayudarnos de una serie de documentos que vamos a comentar a continuación. Hemos de hacer constar que cada responsable de mantenimiento sabrá aprovechar al máximo estos documentos, incluyendo otros auxiliares o bien eliminando algunos de ellos, según las dimensiones del servicio de mantenimiento y los objetivos a alcanzar.

a) Parte de averías

Este documento será emitido por el operador de la fabricación cubriendo los datos de:

- Maquina y línea o taller de implantación.
- Tipo de avería o diagnostico.
- Fecha y hora de emisión.
- Datos de la intervención (mano de obra-recambios-costes, etc.).

Si se trata de un servicio de mantenimiento descentralizado, será el responsable del equipo de mantenimiento de la línea afectada el que recepcione el parte entregándole al profesional asignado para llevar a cabo el trabajo, el cual una vez finalizado, cubrirá los correspondientes apartados del parte de averías relacionados con su intervención, así como emitirá un informe resumido de los trabajos realizados en la reparación, incluyendo en dicho informe la identificación de los materiales y recambios utilizados. A continuación, dicho responsable de mantenimiento efectuara un control de la intervención y recabara de la fabricación el visto bueno a la misma indicando la fecha y hora en que se finalizo la reparación. Realizado esto, el parte de averías será entregado en la sección técnico-administrativa del mantenimiento para cubrir los siguientes datos:

- valoración en costes de mano de obra empleada en la reparación,
- valoración de material y recambios empleados,
- valoración total de la reparación.

Ni que decir tiene que disponiendo de un Sistema de Gestión del Mantenimiento por Ordenador, todos estos datos se introducirán en el mismo en cada intervención, eliminando los documentos citados.

b) Ficha de historial de averías

En esta ficha figuraran los datos técnicos y económicos de las diferentes intervenciones realizadas para reparar averías de cada máquina o equipo, así como los recambios que se han ido utilizando en todas las intervenciones.

En la oficina de mantenimiento se abrirá un fichero conteniendo una ficha por maquina, sobre la cual se irán cubriendo los siguientes datos recogidos de los diferentes partes de averías:

- fecha y numero del parte de averías,

- órgano donde estuvo localizada la avería,
- detalle de los trabajos realizados,
- horas de parada de maquina o instalación,
- horas de intervención,
- importe de la mano de obra empleada,
- importe de los materiales y recambios empleados,
- importe total de cada reparación.

Razón social:		PARTE DE AVERIAS		Nº	
F A B R I C A C I O N	De _____ línea _____ a _____ Mantenimiento Tipo de avería _____ _____ _____ _____ _____ _____ Código de urgencia (real) _____ _____ _____			Maquina: Marca: Código:	
	M A N T E N I M I E N T O				
	Informe de la reparación:				
	EMISION	RECEPCION	REPARACION	OBSERVACIONES	IMPUTACION
	Fecha	Fecha	Fecha		
	Hora	Hora	Hora		
Firma	Firma	Firma			

Anverso ↑

COSTE DE LA REPARACION						IMPUTACION:		
Nº DE OPERARIO	DIA	CATEGORIA	TIEMPO	Pts. MO		MATERIALES	Pts MAT.	
Total horas mano MO			Total Materiales			Total Reparación		

Reverso ↑

d) Taller auxiliar de apoyo logístico

Es evidente que la disponibilidad inmediata de la pieza de recambio para sustituir en buen estado a la averiada, reducirá el tiempo de reparación de la avería y, como consecuencia, el tiempo de parada del equipo afectado.

La máxima previsión contra las paradas por averías sería, teóricamente, la existencia de un almacén con todos y cada uno de los elementos existentes en la maquinaria que se encuentra en producción. No cabe duda que conseguir este óptimo grado de seguridad es imposible y antieconómico, ya que representaría tener invertido un capital inmovilizado muy fuerte y corresponde a una teoría enfrentada a las tendencias actuales.

Debido a esto, el almacén ha de disponer de los repuestos tanto estándares como específicos de los diferentes equipos productivos sujetos a posibles desgastes o roturas, mientras que para los desgastes o roturas no previstas, un servicio de mantenimiento ha de disponer de un taller auxiliar propio o contratado que ayude a la construcción de los repuestos solicitados y sin existencias en almacén.

Los talleres auxiliares de mantenimiento son una de las bases para lograr una reparación organizada o un mantenimiento preventivo bien planificado.

Los factores a considerar para la creación de un taller auxiliar propio son los siguientes:

- El conjunto del taller debe producir con costes mínimos dentro de la máxima calidad.
- La maquinaria debe limitarse al mínimo necesario para una adecuada atención a los problemas de mantenimiento y ha de ser de la máxima calidad para garantizar los trabajos solicitados.
- No ha de intentarse fabricar repuestos específicos de máquinas e instalaciones, los cuales pueden ser suministrados por los propios fabricantes de dicha maquinaria.
- Los talleres auxiliares de mantenimiento deben estar ubicados junto al almacén de piezas de recambio y de materiales en bruto, debiendo ser esta situación en posición geográfica lo más coincidente con el centro de gravedad de la maquinaria productiva.
- Deben estar preparados para efectuar grandes revisiones en los sistemas productivos.

Razón social -----		VALE DE MATERIALES		Nº 120952	
Nº DE FABRICACION + REFERENCIA	DENOMINACION	CANTIDAD		II) PRECIO UNITARIO	
		UNIDAD	Nº	RESERVA	PRECIO
				ENTREGA	RECIBO
			1		
			2		
			3		
			4		
			5		
			6		
			7		
	8				
ESTABLECIDO POR		Nº SOLICITUD DE OBRA O REFERENCIA DE LA SOLICITUD DEL N.º PETICIONARIO		DESIGNACION	
FIRMA		OBSERVACIONES		ALMACEN	
Nº DE EMPRESA		Nº DE EMPRESA		Nº DE EMPRESA	
FECHA		FECHA		FECHA	

Capítulo 4

PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

INTRODUCCIÓN

Si bien el objetivo de Mantenimiento es lograr, con el mínimo coste, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinaria productivas, con el fin de conseguir la máxima disponibilidad, aportando la mayor productividad y <<calidad de producto>> y la máxima <<seguridad de funcionamiento>>, sin embargo, el objetivo así definido no queda medido ni expresado en cifras.

Conocer cuales son sus componentes o factores:

- coste,
- tiempo de servicio (disponibilidad-fiabilidad),
- seguridad de funcionamiento (mantenibilidad-calidad y prontitud de servicio),

y saber que los tres son medibles y cual es su sentido de variación, es suficiente para optimizar el objetivo antes definido, permitiendo efectuar su análisis para llegar a determinar nuevas acciones.

Si hubiera que sintetizar en un objetivo medible nuestro grado de satisfacción a la situación determinada por los anteriores factores, tendríamos que hablar, para una planta de proceso continuo o de líneas automáticas, del índice de productividad y de su crecimiento, partiendo de la expresión:

$$Ip = \frac{\text{Volumen de producción práctica (en calidad y plazo)}}{\text{Capacidad de producción teórica}}$$

En el contexto del TPM llamamos a este índice Ip: rendimiento operacional de una línea de producción.

Evidentemente la obtención de un Ip elevado es el objetivo principal de la empresa y parece evidente que el crecimiento del Ip esta en sintonía con nuestro objetivo, pues:

- se mejoran plazos de entrega (disponibilidad),
- se gana en flexibilidad y se simplifica la planificación del Mantenimiento,
- se canalizan recursos improductivos hacia inversiones de mejora de procesos,
- permite una mejor gestión de la calidad y de los costes.

ANÁLISIS DEL OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO

Para analizar el objetivo vamos a ver como varían sus componentes, en función de las variables fundamentales de las que depende la productividad del Mantenimiento y que son (véase esquema en figura IV-1):

- coste de mano de obra,
- coste de piezas de recambio e inmovilizados,
- numero de disfuncionamientos (fiabilidad-disponibilidad).

De la figura se deduce (comenzando por la parte baja del cuadro):

a) Si los disfuncionamientos disminuyen, los tres componentes que definen el objetivo varían en el sentido de alcanzar este.

Por tanto, el primer paso a dar es prever un <<medio>> que disminuya el numero de disfuncionamientos. Este no puede ser otro que un sistema de <<Mantenimiento Preventivo y de Mejora,>.

b) Si los repuestos disminuyen también lo hacen los costes, pero se corre el peligro de que disminuya el tiempo en servicio o <<disponibilidad>> de los equipos si los recambios bajan de un cierto limite. Por tanto, es necesario llegar a una solución acertada en la <<gestión de recambios,,.

c) Por ultimo, si la mano de obra disminuye también lo hacen los costes y el tiempo en servicio o disponibilidad. En este caso hay que llegar a una solución de compromiso mediante un empleo racional de la mano de obra, integrando el Mantenimiento en la producción.

Resumiendo, podemos decir que los medios a emplear por Mantenimiento para lograr su objetivo son tres:

- un sistema de Mantenimiento Preventivo y de Mejora,
- una acertada gestión de recambios,
- un empleo racional de la mano de obra de fabricación y de Mantenimiento, integrando este en aquella.

Asimismo, la figura IV-1 muestra el efecto que un índice de productividad elevado (I_p) tiene sobre el resto de factores, acompañado de bajos costes y disminución de stocks. Dicho efecto es mejorar las disponibilidades económicas y la calidad, así como disminuir los plazos de entrega, lo que supone:

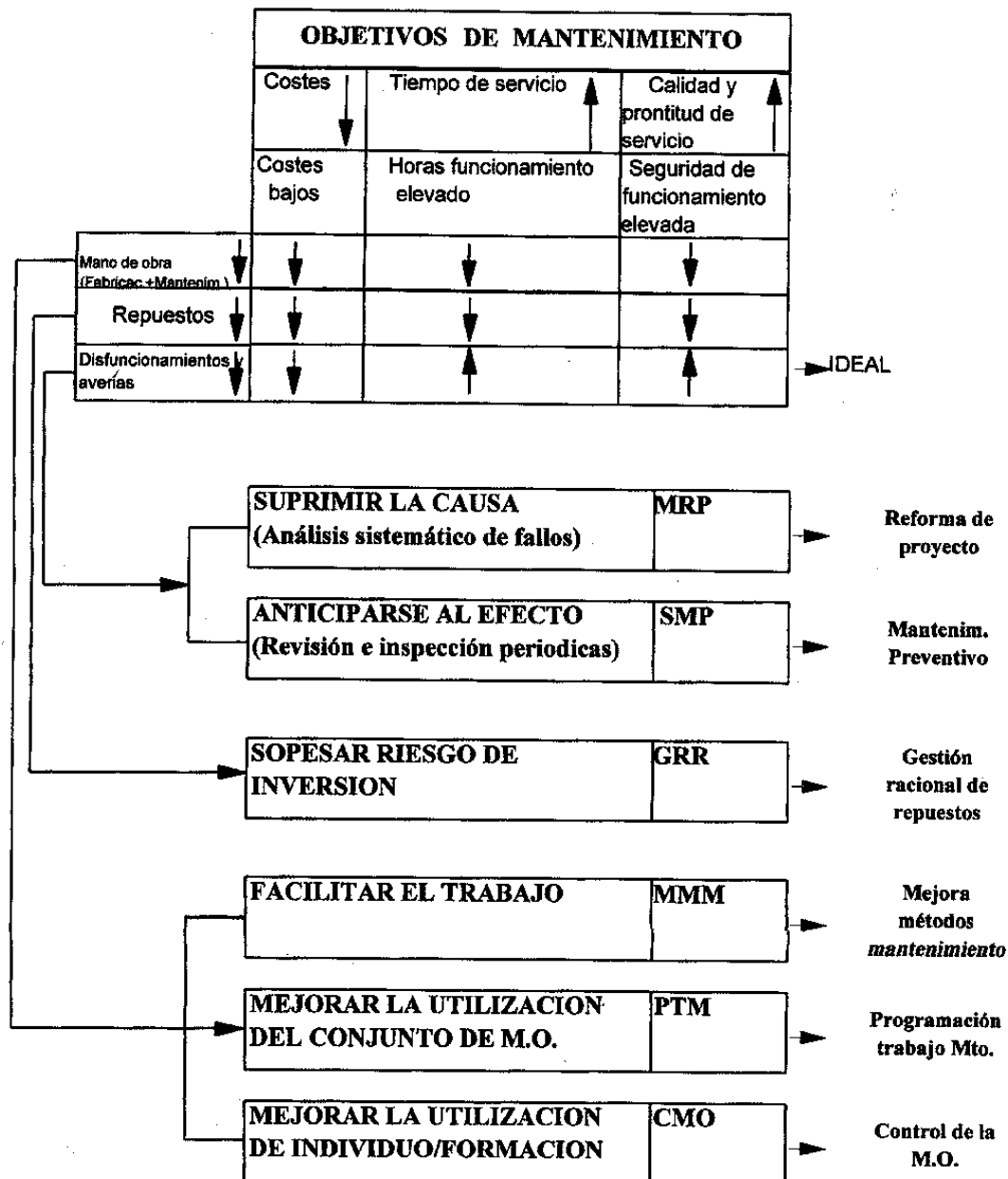


Figura IV-1. Análisis del objetivo del Mantenimiento

- ser mas competitivos,
- posibilidad de invertir en mejoras,
- conseguir orden y disminuir superficies ocupadas,
- y lo mas importante, conseguir la satisfacción del cliente.

Los componentes que afectan al valor del Ip son los representados en la figura IV-1. Para mejorarles es necesario cambiar totalmente el Mantenimiento como función y como cultura en la empresa por medio de:

- creación de equipos de mejora multidisciplinarios que gestionen la mejora de los procesos y la fiabilización,
- retrasar en la medida de lo posible entrar en la zona de envejecimiento de la curva de la bar era, generadora de incertidumbres en el proceso de fabricación, y esto solo

es posible planificando de forma eficaz el Mantenimiento con la implicación de todas las funciones de la organización

- tecnificando a la fabricación y al Mantenimiento, orientado a la función hacia la prevención y predicción de averías,
- integrando la planificación del Mantenimiento en la planificación de la producción, programando todo tipo de paradas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El Mantenimiento Preventivo comprende todas las acciones sobre <<revisiones>>, <<modificaciones>> y <<mejoras>> dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en la producción.

La acción sistemática de revisar periódicamente, la podemos definir como <<inspeccionar-controlar y reparar>, antes de que se produzca la avería. También podemos decir que es reparar cuando la maquinaria o instalación productiva están aun, en cuanto a seguridad-calidad y desgaste, dentro de límites aceptables.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO O CONDICIONAL

La moderna tecnología proporciona una serie de métodos que permiten evaluar externamente las condiciones de funcionamiento de la maquinaria a través del control y evolución de ciertos parámetros (presiones de engrase, vibraciones, temperaturas, etc.).

El Mantenimiento Predictivo o Condicional es una metodología que tiene como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas críticas a través de la <<inspección,, del estado del equipo por vigilancia continua de los niveles o umbrales correspondientes a los parámetros indicadores de su <<condición>>, y que se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

Esta metodología permite <<seguir>> con notable precisión el estado de la maquinaria, así como la evolución de los síntomas de fallo, con el fin de:

- a)** conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, a fin de poder evitarla a través de una intervención programada,
- b)** alargar el máximo posible la vida útil de las piezas y conjuntos, a fin de abaratar el coste de Mantenimiento.

La importancia de la disciplina del análisis que el Mantenimiento predictivo utiliza como herramienta, así como los avances de la tecnología de medición y los análisis dinámicos de señales, esta permitiéndonos hoy día detectar, con gran precisión, desde desgastes de cojinetes antifricción o de rodamientos hasta que diente de una reductora es el que está dañado.

La tendencia del Mantenimiento Predictivo es a extender su campo de actuación a costa del Mantenimiento Preventivo Sistemático, siendo sus aplicaciones cada día más diversificadas.

Presente y futuro del Mantenimiento Predictivo

El grado de incidencia económica de las máquinas en el proceso productivo como consecuencia de los costes debidos a paradas o interrupciones por disfuncionamientos y las propias reparaciones de averías, son los parámetros o factores que deberán condicionar el nivel de ejecución e instrumentación técnica del plan de Mantenimiento Predictivo y en base a este criterio económico definir las necesidades de recursos humanos y técnicos para cubrir los objetivos previstos, siendo estas disponibilidades humanas y técnicas las que condicionan el nivel de ejecución del Predictivo.

El Mantenimiento Predictivo presupone la monitorización de la instalación-máquina o equipo <<controlado>>, es decir, la instalación de sensores para la captación de una señal premonitoria (vibración-ruido-temperatura-presión-análisis de partículas en lubricantes, etc.). La señal captada debe ser posteriormente analizada e interpretada para poder tomar decisiones si procede, comparándola con las señales correspondientes a situaciones previamente conocidas de la marcha ideal de la instalación o máquina controlada.

En muchos casos, la captación de la señal, así como su posterior análisis e interpretación, requieren tecnologías específicas muy sofisticadas, con una instrumentación también compleja cuyo manejo requiere personal altamente cualificado, de ahí que haya resistencias a su generalización.

Esto puede traer consigo que el personal de los servicios de mantenimiento, especializado y dedicado enteramente a las intervenciones <<tradicionales>>, toma una tarea complementaria: la medida de vibraciones--por ejemplo--, de la que en gran número de casos desconoce sus fundamentos y utilidad final. En definitiva, el predictivo queda así reducido a una <<inspección rutinaria>> mas y, en definitiva, a que su eficacia no pueda ser evaluada en la mayoría de los casos.

Así encontramos plantas industriales donde se dispone de equipos suficientes para realizar estas tareas, e incluso máquinas monitorizadas permanentemente, cuya operatividad es prácticamente nula. A todos los efectos se ha hecho una inversión que esta inutilizada. Lo cierto es que el Mantenimiento Predictivo no es aplicable a la totalidad de las instalaciones-maquinaria-equipos productivos, por lo que se complementa con el Mantenimiento Preventivo Sistemático.

Ante las dificultades encontradas en el proceso de evolución del Mantenimiento, el futuro inmediato de esta metodología va por extender el Mantenimiento Predictivo, de forma mas simple, a través del Automantenimiento como un Mantenimiento Preventivo Sistemático Condicional, integrado en la fabricación dentro de las técnicas TPM. Con la extensión del Automantenimiento, el Predictivo Sistemático va a ser un seguro fiable del funcionamiento de los sistemas de producción. El conocimiento del estado de referencia y comportamiento de las máquinas por parte de los operadores de fabricación esta llamado a sustituir a las intervenciones tradicionales de Mantenimiento.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO

El Mantenimiento Preventivo Sistemático consiste en un conjunto de operaciones que se realizan sobre las instalaciones-maquinaria y equipos de producción antes de que se haya producido un fallo, y su objetivo es evitar que se produzca dicho fallo o avería en pleno funcionamiento de la producción o del servicio que presta. Este tipo de Mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programadas de forma sistemática, así como operaciones de cambio cíclico de piezas-conjuntos o reconstrucción-reparación de elementos de forma, asimismo, sistemática.

Para una correcta aplicación de este tipo de Mantenimiento Preventivo, hay que hacer previamente un estudio o estimación de la <<vida>> de los distintos elementos susceptibles de desgastes o que conducen a deterioros o disfuncionamientos de la maquina o grupo de maquinas consideradas como fase previa a la planificación de las operaciones y tipos de Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo ideal seria aquel que por un conocimiento completo de la <<vida>> de todas y cada una de las piezas que sufren desgastes, nos permitiese confeccionar un programa de intervención preventiva de reposición de aquellas. De tal suerte que, cada pieza seria repuesta por una nueva antes de su desgaste total o rotura y, de esta forma, las averías desaparecerían totalmente.

Sin embargo, tal sistema es utópico, porque nuestro conocimiento de la <<vida,> de las piezas es incompleto, pues ella misma es incierta. Podemos conocer, en el mejor de los casos, su distribución de probabilidad--incertidumbre objetiva--pero en la mayoría de los casos no podemos hacer mas que una previsión subjetiva de dicha distribución.

Si medimos la vida de una pieza en horas de funcionamiento, su distribución de probabilidad adoptara una de las tres formas características reflejadas en la figura IV-7, y según cada caso actuaremos de la siguiente manera:

Caso C El recorrido de la variable es muy pequeño, es decir, el fallo o rotura puede darse entre valores muy próximos entre la mayor y menor vida probable.

La ventaja que podemos obtener dejando que la pieza sobrepase su menor vida probable es muy pequeña. Nos interesa, por tanto, asignarle una <<vida>> y sustituir la cíclicamente. La forma de calcular esta vida dependerá de que estemos en condiciones de incertidumbre objetiva o subjetiva, ya que en este último caso, el coeficiente de seguridad, será mayor.

En ocasiones se dispone de información buena del fabricante del equipo en cuanto a duración o <<vida>> de los elementos o componentes, por lo que es fácil proceder a la sustitución cíclica.

Caso B. El recorrido de las variables es de tener en consideración si lo comparamos con la <<menor vida probable>>. Es decir, la ventaja que podemos obtener si la sobrepasamos es grande, y entonces se pueden presentar dos casos:

B1 que la rotura de la pieza no ocasione danos adicionales,

B2 que la rotura de la pieza ocasione danos adicionales de consideración.

En el caso B1 no se debe establecer un ciclo de sustitución como en C, pero si un ciclo de revisión menor que la <<menor vida probable>>, y una <<vida,> igual o menor que <<la mayor vida probable>>, al menos para el calculo de los stocks de repuestos.

En el caso B2 si debemos establecer un ciclo de sustitución de la pieza.

Respecto a la incertidumbre es valida la observación hecha en el caso C.

Caso A. El recorrido de la variable es tan grande que cualquier previsión de la <<vida>> de la pieza resultaría inútil. Es necesario, en este caso, efectuar una vigilancia continuada sobre la actuación de dicha pieza, por medio de revisiones muy frecuentes.

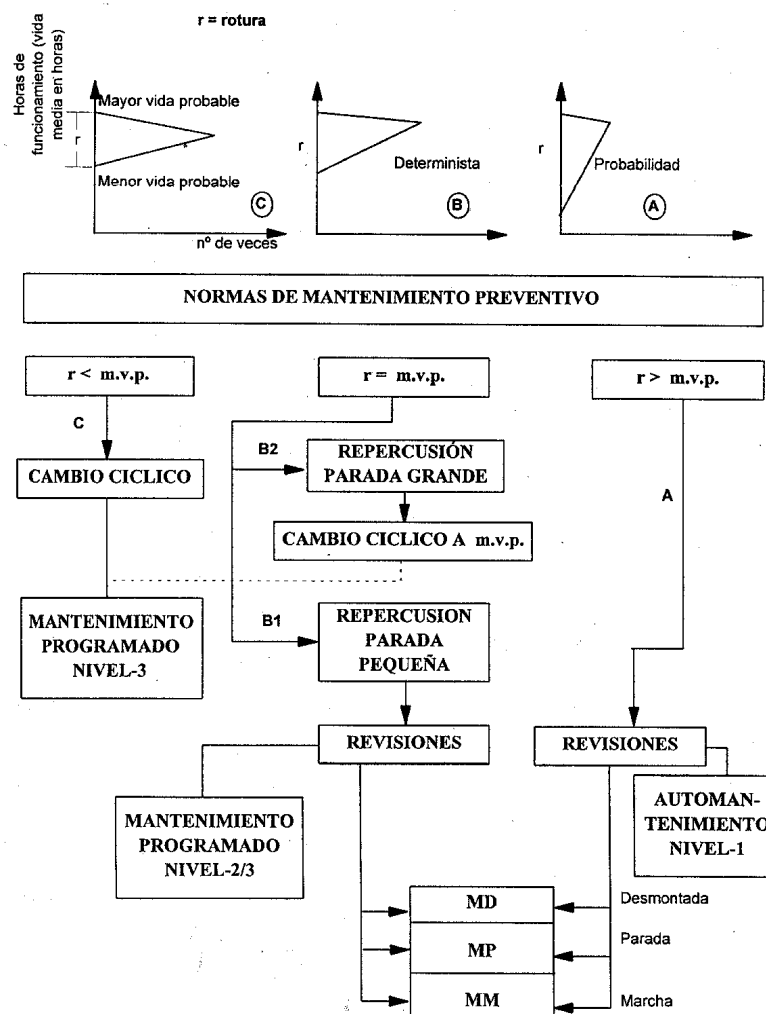
Llegamos, pues, a la conclusión de que nuestro sistema de Mantenimiento Preventivo ha de basarse en:

- cambios preventivos de piezas:
 - cíclicos (caso C y B2),

- detectados por las revisiones (reparación);
- revisiones, clasificadas en cuanto al tiempo:
 - a largo plazo o aperiódicas,
 - cíclicas (caso B1),
 - rutinarias (caso A);
- y en cuanto al modo:
 - con la maquina en marcha (MM),
 - con la maquina parada (MP),
 - desmontando (D);

y sobre estas líneas <<estudiar y elaborar>> un *Sistema de Mantenimiento Preventivo de Revisiones y Reparaciones*.

Tanto en el caso de sustituciones cíclicas como en el de reparaciones programadas no previstas, las fases de ajuste-puesta en marcha y control son análogas a las del Mantenimiento Correctivo. El Mantenimiento Preventivo Sistemático debe asentarse en una importante y bien organizada Logística de apoyo para asegurar los medios y herramientas necesarias en las distintas tareas programadas, por lo que es conveniente una buena planificación del mismo.



El Mantenimiento Preventivo debe partir de una buena Ingeniería de la Fiabilidad, haciendo correctas estimaciones de la vida de los componentes y piezas, de tal forma

que no arriesguemos tener una avería catastrófica en plena producción, pero tampoco cambiemos piezas en excelente estado de funcionamiento.

Por ello es importante disponer de un sistema de recogida de información sobre todas las intervenciones de Mantenimiento para obtener un buen historial de cada maquina.

CONSTRUCCIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS EXISTENTES

La gestión del Mantenimiento Preventivo desarrollado a través del Automantenimiento y el Mantenimiento Programado esta basada en la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo único para cada equipo o instalación existentes.

Un Plan de Mantenimiento Preventivo se compone así de una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una maquina o instalación en términos de:

- limpieza,
- control,
- visita de inspección,
- engrase,
- intervenciones de profesionales de Mantenimiento,
- etc.,

para mantenerla en su estado de origen o de referencia.

El Plan de Mantenimiento Preventivo permite tener una visión global y concreta de todas las acciones de preventivo previstas para una instalación determinada. Asimismo, nos permite hacer los enlaces esenciales entre los diferentes órganos o componentes de una maquina que deben cumplir con la misma función técnica, por lo que es un documento que nos permite considerar a una maquina como un conjunto de funciones que deben cumplir una misión dada y no como un conjunto de componentes, por lo que se planifican acciones de diferentes especialidades con las mismas funciones y con la misma frecuencia.

Sistemas y estudios del Mantenimiento Preventivo

1. Inventariar los equipos existentes

Se trata de conocer el numero y características de los edificios-maquinaria e instalaciones. Sea cual sea el equipo que se analice, la cantidad de datos que se podría consignar es prácticamente ilimitada, por lo que es necesario hacer una selección de los que mas interesan desde el punto de vista de su Mantenimiento. En general, se denomina <<ficha de vida>> de un equipo o maquina.

Vamos a referirnos a los datos de general aplicación, desestimando los relativos a terrenos y edificios, que pueden servir de base para que se tomen los de mayor interés.

Datos básicos de maquinaria e instalaciones:

- numero de referencia o código de la empresa,
- denominación usual,
- emplazamiento (línea de producción y centro de gastos),
- año de adquisición,
- constructor-vendedor o representante mas significativo,
- referencia y numero de serie del fabricante,

- características básicas (medidas-peso, etc.),
- coste de adquisición o inversión aplicada,
- coste de los equipos complementarios para su buen funcionamiento,
- plan de Mantenimiento Preventivo y normas de revisión,
- instrucciones del fabricante-lubricación,
- consumo de diferentes energías y características de los motores eléctricos,
- costes anuales de Mantenimiento,
- datos históricos tomados de la experiencia.

Ha de emplearse exclusivamente el método de ficha individual. La identificación de cada equipo exige una numeración o codificación que, en general, debe coincidir con el de la ficha de características del mismo, si bien su posición en el fichero general de maquinaria puede determinarse tanto por su numeración correlativa como por la agrupación de equipos idénticos (tornos, fresadoras, etc.), o por su emplazamiento dentro de las líneas de producción.

2. Histórico de incidencias y paradas

Como segundo dato, hemos de disponer de todo el historial de averías y paradas que la maquina-instalación ha tenido desde su implantación en fábrica, con su consiguiente estudio de costes, tanto en el apartado de mano de obra como de materiales utilizados. Este histórico le podemos identificar en la ficha ya comentada en la figura III-5, del capítulo III.

3. Documentación técnica

Por último, hemos de disponer de la documentación técnica mas completa en cuanto a instrucciones de Mantenimiento se refiere, dictadas por el propio fabricante del equipo y por la experiencia a través de normas de revisión o instrucciones de explotación internas sobre el citado equipo.

Un ejemplo de un buen dossier de documentación de una maquina puede ser el siguiente:

- descripción detallada del equipo;
- composición detallada y conexiones de todo tipo;
- procedimientos relativos al funcionamiento del equipo:
- puesta en servicio,
- modos de marcha en automático a partir del pupitre general,
- modo de marcha en manual,
- ciclo de fabricación detallado,
- parada del equipo,
- consignas de utilización y seguridad;
- procedimientos relativos a los sistemas:
- hidráulico,
- neumático,
- eléctrico electrónico,

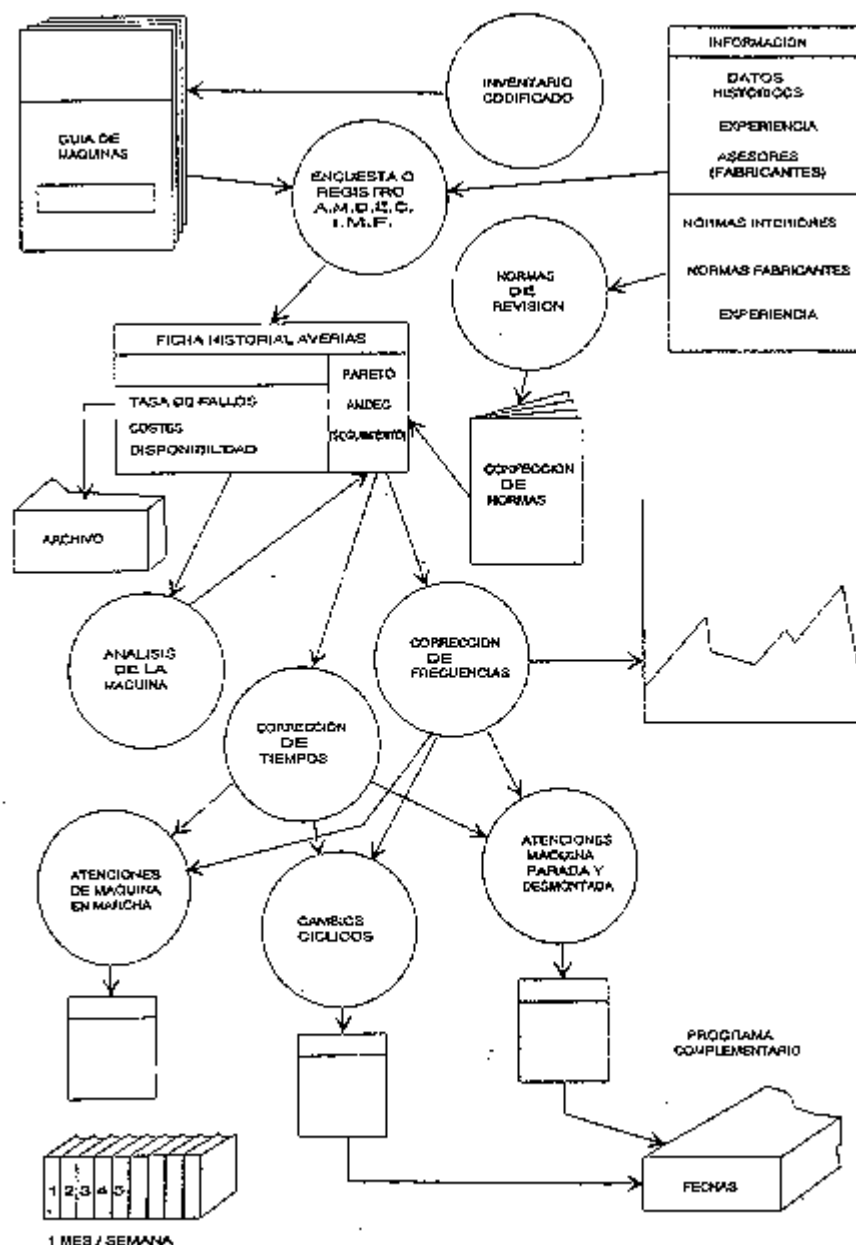


Figura IV-9. Mantenimiento Preventivo. Sistema y estudios

- engrase;
- otros procedimientos (cambios de útiles herramientas, etc.);
- lista de acciones preventivas:
- acciones de rutina,
- acciones de vigilancia,
- acciones sistemáticas;

Planificación del Mantenimiento Preventivo

- lista de acciones curativas:
- ayuda al diagnóstico,
- precauciones a tomar en las intervenciones,

- comprobación de fallos y problemas de calidad,
- intervenciones recomendadas ante fallos;
- listado de posibles averías e incidentes y su tratamiento;
- gamas de Mantenimiento Preventivo (sistemático y programado);
- instrucciones para controlar e identificar piezas no conformes.

El ciclo PDCA en la gestión sistemática del plan de Mantenimiento Preventivo

En el funcionamiento y gestión sistemática del plan de Mantenimiento Preventivo podemos practicar con la herramienta de la Calidad Total: el ciclo PDCA o rueda de Deming asociado al Mantenimiento global (figura IV-11) .

Veamos cada una de las fases:

P = Planificar:

- a) Determinar lo que hay que hacer, es decir, construir el plan de Mantenimiento Preventivo.
- b) Determinar la forma de hacerlo, es decir, elaborar las gamas y las fichas de Automantenimiento y Mantenimiento Programado.

D = Hacer: Poner el plan en marcha, realizando las tareas y acciones, así como situar los medios de medida:

- a) Realizar las tareas de las fichas de Automantenimiento y Mantenimiento Programado de acuerdo a los estándares fijados sobre las gamas especificadas.
- b) Medir los indicadores de las máquinas. Ejemplos:
 - rendimiento operacional,
 - % de actividad del Mantenimiento Preventivo/Correctivo,
 - % de realización del Mantenimiento Planificado,
 - costes de Mantenimiento (Preventivo-Correctivo y total).

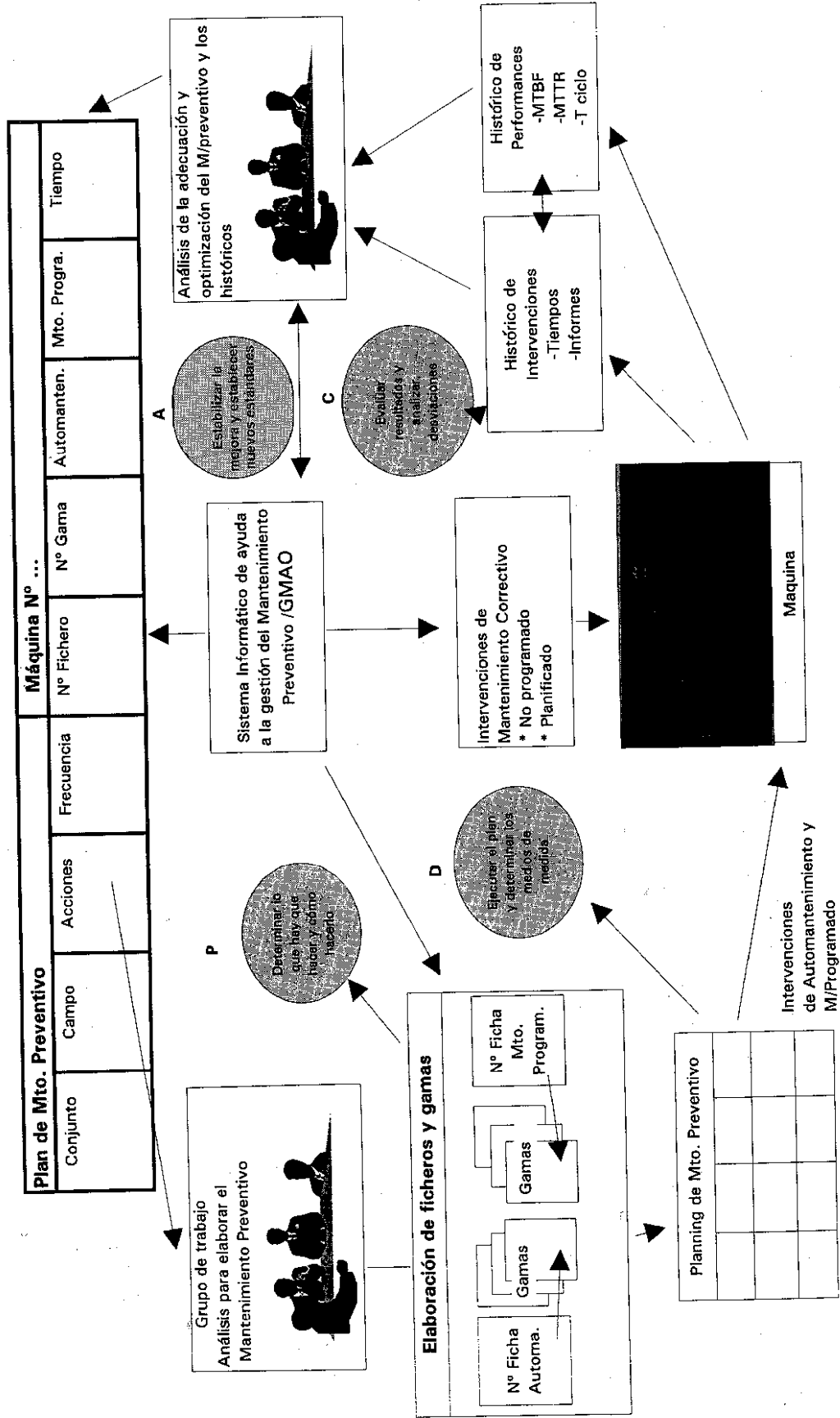
C = Verificar: Evaluar los resultados y analizar las causas de las desviaciones.

- a) Seguir la evolución de los indicadores antes reseñados.
- b) Analizar la adecuación y coherencia entre el Mantenimiento preventivo y dicha evolución.
- c) Estudiar mejoras y optimizar planes.

A = Accion: Implantar las mejoras y nuevos estándares así como nuevas normas de trabajo.

- a) Asentar y mantener lo que marcha bien, capitalizando experiencias para incorporar en nuevos equipos y máquinas.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



b) Hacer evolucionar lo que no marcha bien y optimizar y poner al día el Plan de Mantenimiento Preventivo para actualizar nuevos estándares o referenciales en fichas y gamas.

Toda esta tarea la podemos integrar en un programa informático (GMAO) lo que nos facilitará la arborescencia de los equipos (análisis de árbol de fallos) y la propia gestión del plan de Mantenimiento Preventivo elaborado en cada caso.

En este contexto, hemos de decir que este plan informatizado es una herramienta de mejora para futuros nuevos equipos similares, pues nos permite constituir una base de datos de un Plan de Mantenimiento Preventivo que ya funciona sobre una determinada máquina, por lo que puede servir de referencia a la Ingeniería de Planta y a los Constructores, permitiendo iniciar el bucle del progreso continuo (PDCA), capitalizando experiencias y evitando reinventar un Mantenimiento Preventivo cada vez que llega a la empresa un equipo nuevo.

Un Plan de Mantenimiento Preventivo exige una programación estricta, en la que no debe quedar ningún imprevisto por el cual haya de actuarse de una forma improvisada. De acuerdo a lo que hemos comentado en este apartado, los conceptos básicos como punto de partida para la construcción de un plan de Mantenimiento Preventivo son los siguientes:

- disponer de los datos necesarios,
- establecer cuando y como deben hacerse las inspecciones e intervenciones,
- medir la eficacia del servicio de Mantenimiento a través de indicadores,
- conocer el coste de Mantenimiento y su repercusión en el presupuesto de la empresa, así como su evolución.

Estudio y optimización de un plan de Mantenimiento preventivo sobre equipos existentes

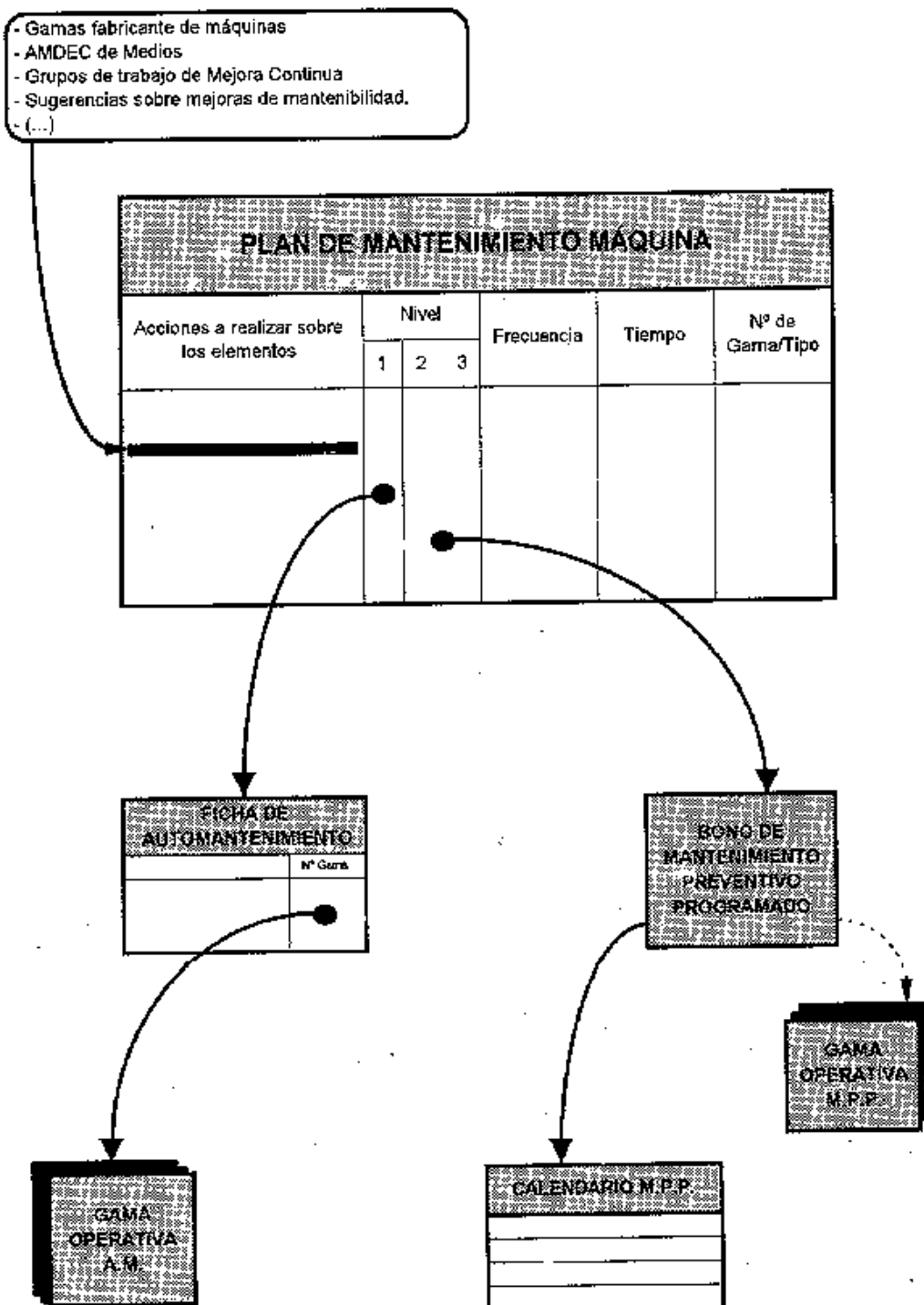
Una vez que se den las condiciones básicas para que la fabricación pueda asumir y aplicar el Mantenimiento Sistemático de los equipos que explota (aplicación del Automantenimiento), estaremos preparados para formar un grupo de trabajo entre Mantenimiento-Fabricación y Métodos para definir los contenidos técnicos precisos de un Plan de Mantenimiento Preventivo (véase figura IV-12).

A partir de este plan se preparan las fichas y gamas del automantenimiento y del mantenimiento programado con el fin de:

- a) Asegurar el Mantenimiento del estado de referencia de los equipos y la gestión de su evolución a corto plazo.
- b) Organizar la posibilidad de planificar la disposición de los equipos para aplicar eficazmente los programas de mantenimiento.

Que es una gama. Es la descripción, paso a paso, para realizar una acción preventiva y muestra la forma de realizarla de forma cronológica, los utillajes específicos necesarios, los valores de referencia, las consignas de seguridad, etc. (véase ejemplo en figura IV-12 bis).

El detalle de su contenido es adaptado a la cualificación profesional del personal que realizará las acciones, pudiendo llegar a esquemas-textos-fotos, etc.



A.M. = Automantenimiento
M.P.P. = Mantenimiento Preventivo Programado

Figura IV-12. Contenidos de un plan de Mantenimiento preventivo

TPM GAMA DE AUTO-MANTENIMIENTO EQUIPO NEUMATICO-MECANICO HOJA: 4/9 NIVEL : 1						
TALLER : CIGÜENAL MAQUINA : ME-347			PUESTO : 3			
ORGANO	N°	CONTROL - TAREA A EFECTUAR	VALORES LIMITE	TIEMPO TEORICO	MARCHA PARADA	OBSERVACIONES
Macánico	1	Supervisar fugas a nivel de racores y tuberías flexibles y rígidas.	C/R	1'	M	FRECUENCIA DIARIA Todos los turnos.
Neumático	2	Mantener los filtros limpios. Cambiarlos si es necesario.	C/R	2'	M	FRECUENCIA SEMANAL Viernes, último turno de trabajo.
Equipo acondicionador	3	Comprobar el buen funcionamiento de los equipos acondicionadores de aire.	C/R	8'	M	FRECUENCIA DIARIA Turno de tarde.
Equipo acondicionador	4	Efectuar purgas manuales de los frascos de decantación (sedimentación).	C/R	1'	M	FRECUENCIA DIARIA Turno de tarde.
Transfert	5	Verificar el buen estado de casquillos portaguías. Reponer si es necesario.	C/R	6'	M	FRECUENCIA DIARIA Todos los turnos.
Transportadores de piezas.	6	Observar correcto funcionamiento de los mecanismos transportadores de piezas. (Entrada, salida y transfert).	C/R	4'	M	FRECUENCIA DIARIA Todos los turnos.
Cabezales	7	Comprobar funcionamiento de rodillos de guías de cadenas contrapeso de cabezales.	C/R	2'	M	FRECUENCIA DIARIA Turno de mañana.
Cabezales	8	Comprobar y reponer si fuese necesario guías de brocas en cabezales.	C/R	5'	P	FRECUENCIA DIARIA Todos los turnos.
Cabezales	9	Comprobar deslizamiento de máscaras.	C/R	2'	M	FRECUENCIA DIARIA
Cabezales	10	Comprobar bloqueo de cabezales con máquina parada.	C/R	5'	P	Realicese al cambio de ráfaga.
C/R = Condiciones de referencia.						4 DE MARZO DE 1.995

Ficha de Automantenimiento. Es un soporte de trabajo (bono u orden de trabajo) que sirve de guía al operador de fabricación para realizar su nivel de intervención del mantenimiento elemental. Constituye un reagrupamiento de acciones de automantenimiento (véase ejemplo en figura IV-13), con la misma periodicidad en general (diaria-semanal), extraídas del plan de Mantenimiento Preventivo de una máquina.

[illegible]

Mantenimiento Preventivo de una maquina. El reagrupamiento se debe hacer para obtener una buena planificación en el tiempo disponible de cada maquina.

Constitución del grupo de trabajo para estudiar y optimizar un Plan de Mantenimiento preventivo

El grupo de trabajo para elaborar planes de Mantenimiento Preventivo puede ser animado por un Técnico de Mantenimiento y participaran técnicos de:

- Fabricación.
- Mantenimiento.
- Métodos.
- Calidad.
- Logística y Flujos (siempre que sea necesario) .

En principio, por la fuerte carga de trabajo que supone elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo, se ha de cuidar la elección de las maquinas mas problematicas con bajo Ro y elevados costes de mantenimiento, asi como extender la accion a un conjunto de maquinas de la misma familia.

Entre los sistemas posibles para estudiar un Plan de Mantenimiento Preventivo y optimizar el existente recomendado por los fabricantes, vamos a desarrollar el denominado de <<ciclo rigido de mantenimiento>>.

Antes de comenzar a estudiar un PMP es necesario reagrupar todos los documentos necesarios y existentes:

- Fichas y gamas de Mantenimiento Preventivo existentes.
- Historico de fallos.
- Recomendaciones de los fabricantes.
- Descomposicion de la maquina por conjuntos y funciones.
- AMDEC (ANFEC) realizados

disponiendo asi de un buen <<estado de los lugares>> de cada maquina.

Los pasos a dar por el grupo para estudiar y optimizar un Plan de Mantenimiento Preventivo existente serian los siguientes:

1. En primer lugar, dividimos las lineas de produccion por maquinas o equipos, estos en organos o conjuntos y, por ultimo, estos en componentes.

2. Sometemos bajo control estadistico a estas maquinas-organos-componentes en funcionamiento, observando su comportamiento y elaborando un historial de averias y paradas. En este historico el dato mas importante es el <<tiempo de buen funcionamiento>> (TBF) pues servira de base al metodo que estamos describiendo.

Es necesario asegurarnos de que las averias y todo tipo de disfuncionamiento de los equipos-maquinas son debidas a la <<edad>> de ellos y no al azar.

Es asi necesario determinar, en principio, si globalmente la <<fiabilidad,> disminuye con el tiempo de funcionamiento. Si esta condicion no se cumple no es necesario establecer un Plan de Mantenimiento Preventivo. Si esta condicion *sí* se cumple, investigamos primero al organo y despues al componente responsable de la

degradacion, con el fin de definir una politica de Mantenimiento Preventivo para este organo y maquina.

3. Asi pues, trazamos para cada equipo que conforma una linea de produccion la <<curva de fallos>> en funcion del tiempo de funcionamiento obtenido a partir del historico del equipo o maquina analizado (vease figura IV-17), calculando la <<tasa media de fallo>> del mismo (λ).

Para asegurar que las variaciones de la curva obtenida estan ligadas al envejecimiento, es decir, al aumento de las tasas de fallo, comparamos la curva obtenida con dos curvas teoricas calculadas a tasa constante para un umbral de decision del 5% (figura IV-17 b). Se nos pueden presentar tres tipos de curvas:

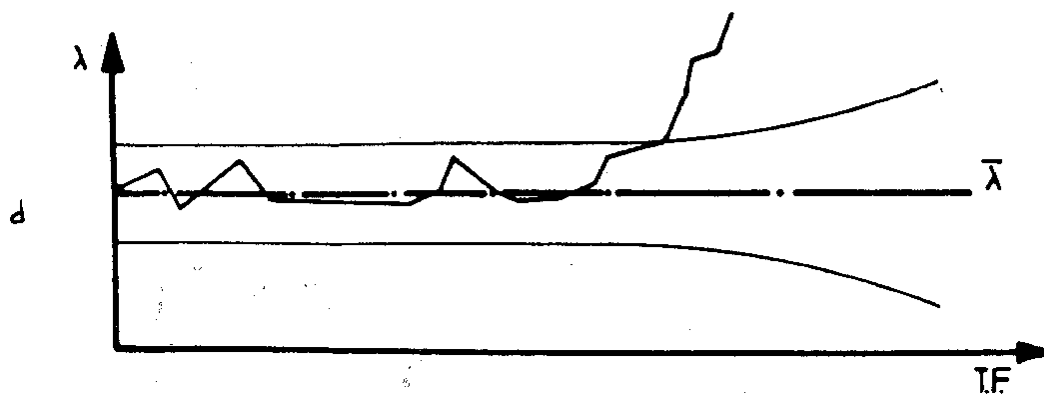
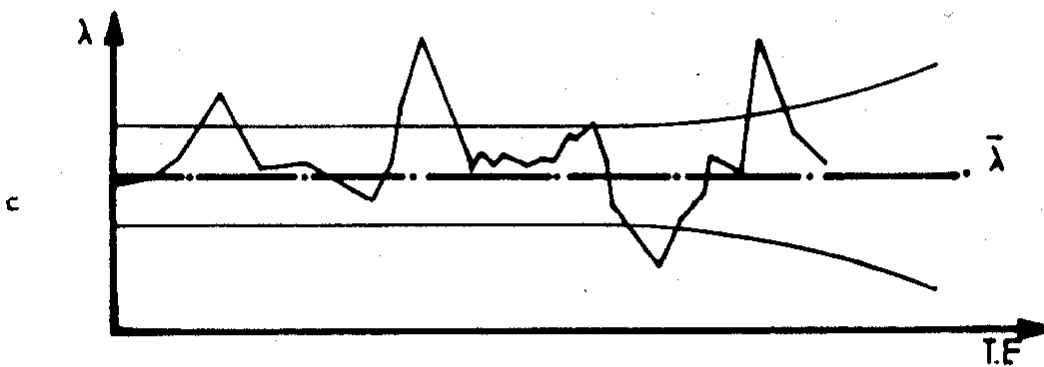
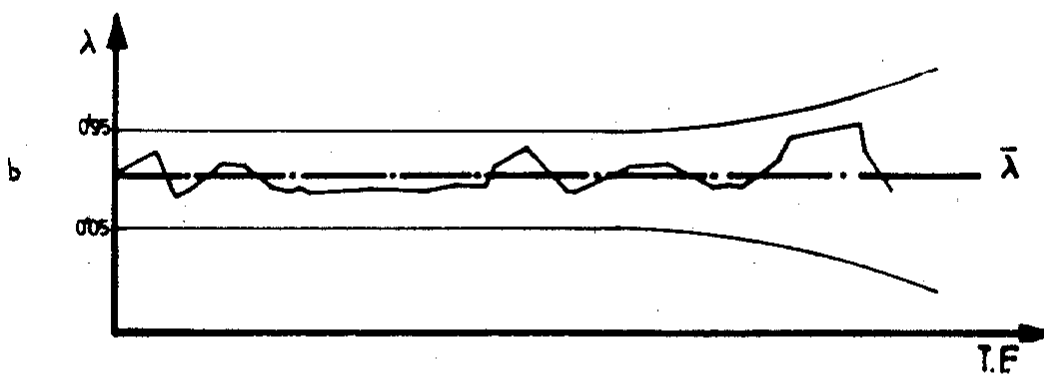
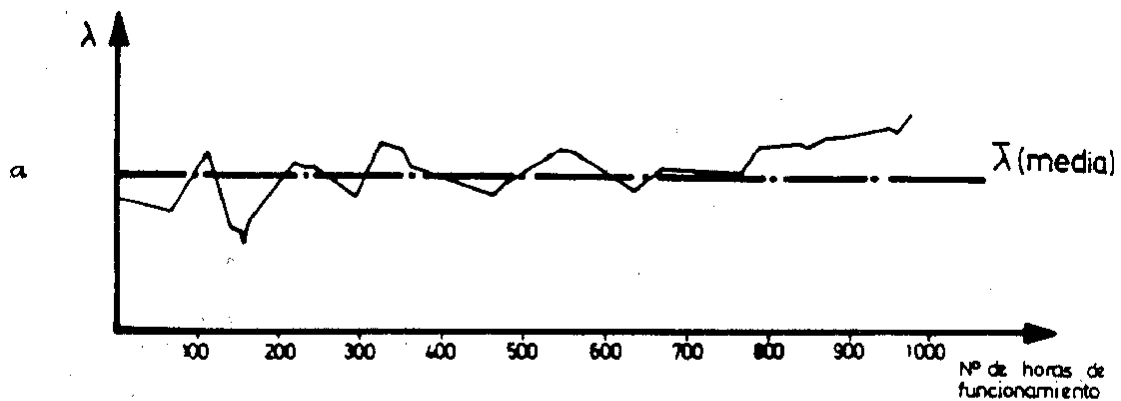
a) Curva a tasa constante (figura IV-17 b). La curva de fallos de la maquina queda en el interior de las dos curvas teoricas, lo que quiere decir que la tasa de fallo (λ) es constante. En este caso no es necesario considerar un <<Plan de Mantenimiento Preventivo>> complejo para el equipo analizado, bastando un sistematico elemental a traves de inspecciones rutinarias que logren bajar la curva de la tasa de fallos.

b) Tasa de fallo ligada al azar. La curva de fallos es regular pero se sale en varias zonas de los limites teoricos, es decir, la aparicion de fallos o averias es debido al azar (figura IV-17 c). En este caso no podemos establecer una politica de Mantenimiento Preventivo. Para mejorar la fiabilidad es necesario:

- crear redundancias en el equipo, es decir, doblar ciertas funciones u organos,
- elegir organos o componentes con mejor fiabilidad a traves de planes de mejora,
- hacer estudios de fiabilizacion incorporando pequenas modificaciones en el equipo.

c) Tasa creciente con la edad. La curva de fallos sale de los limites teoricos (parte derecha de la figura IV-17 d) . Esto quiere decir que la tasa de fallo aumenta con el tiempo de funcionamiento. En este caso es necesario considerar un Plan de Mantenimiento Preventivo que reconduzca artificialmente la tasa de fallo a un nivel constante y lo mas bajo posible.

$$\lambda = \frac{\text{Nº averías}}{\text{Nº horas funcionamiento}}$$



Nivel y frecuencia de una intervencion preventiva sobre un equipo

En este Plan de Mantenimiento Preventivo es interesante considerar el mínimo cambio de organos y componentes. Es necesario, por tanto, localizar el/los organos y componentes responsables del crecimiento de la tasa de fallo del equipo y cambiarles por prevencion.

El metodo de este analisis comprende dos etapas:

- la primera sera determinar el <<nivel>> de intervencion, es decir, identificar al organo responsable,
- la segunda sera determinar la <<frecuencia>> de la intervencion.

1. Nivel de intervencion:

a) Trazar diagrama de Pareto para los organos afectados. Como veremos en su momento con cierto detalle, consiste en contar el numero de fallos de cada organo afectado a lo largo de unos periodos del historico del equipo (figura IV-18a). Este diagrama permite poner en evidencia que los organos mas afectados son los A y B (figura IV-18 b) . Ellos pueden ser los verdaderamente culpables del aumento de la tasa de fallo del equipo.

b) Tasa de fallo de los organos A y B puestos en evidencia. Se traza la curva de <<tasa de fallo>> de los organos A y B y se comparan las curvas de estos organos con la curva de fallo del equipo principal. Si no existiera correlacion entre dichas curvas, estos organos A y B no son culpables de la degradacion del equipo.

Por el contrario, si existiera correlacion entre las curvas, se estudia y define la ley de mortandad del organo A y B, dado que son sospechosos.

2. Frecuencia de intervencion preventiva. Una vez definido el nivel de intervencion preventiva sobre determinados organos, es necesario encontrar la frecuencia de intervencion, para lo cual determinaremos, como ya hemos dicho, la ley de mortandad de los organos culpables .

Esta ley de mortandad la extraemos del historico del equipo observando periodos de vida de los organos a analizar, encontrandonos en una de las tres situaciones ya analizadas en este capitulo y que determinan la <<frecuencia>, de intervencion y el <<tipo de intervencion>> (figura IV-7):

- Caso C con $r < m.v.p.$
- Caso B con $r = m.v.p.$
- Caso A con $r > m.v.p.$

Si el Plan de Mantenimiento Preventivo asi asignado consiste en inspecciones ciclicas y rutinarias de los organos analizados y no en un cambio ciclico de estos, podemos profundizar en cada organo para establecer dentro de el un Plan de Mantenimiento Preventivo de sus componentes, procediendo de la misma manera que para los organos A y B que ya hemos descrito.

A partir de este momento, estamos en condiciones de dividir el Plan General

de Mantenimiento Preventivo en los niveles 1-2-3 (vease figura IV-12):

- nivel 1: automantenimiento,
- niveles 2-3: mantenimiento programado

y elaborar las gamas correspondientes a cada nivel y en cada una de las maquinas que componen una linea de produccion.

El tiempo de elaboracion de las gamas y fichas de un Plan de Mantenimiento Preventivo puede aproximarse a unas 40-50 horas de trabajo del grupo en 5 sesiones de unas 2 horas/sesion. Veamos un ejemplo de los pasos a dar por el grupo de trabajo una vez identificados los organos o conjuntos sobre los que hay que estudiar las acciones de Mantenimiento Preventivo:

a) Seleccionar los conjuntos homogeneos de la linea a estudiar sobre las maquinas iguales o similares. Ejemplo:

- maquinas iguales o similares n.º 1-3-6-7-8-10,
- elementos de transferencia referencia X,
- sistemas de lubricacion referencia Y,
- manipuladores tipo A,
- transportadores de pieza tipo B.

b) Reagrupar las documentaciones existentes:

- documentacion del constructor,
- noticias de funcionamiento elaboradas por la seccion de metodos-man-
- tenimiento y el taller,
- planos de todo tipo,
- experiencias y sugerencias de fabricacion y mantenimiento incorporadas
- en los historicos,
- fichas tecnicas y de reglaje,
- listado de piezas de recambio.

c) Estudiar el ciclo de vida de cada conjunto para seleccionar, jerarquizar y determinar tipos de tareas a realizar con ayuda de los historicos

d) Descomponer el conjunto homogeneo en subconjuntos. Ejemplos:

- conjunto: cabezal de torneado,
- subconjuntos: punto fijo-movil,
- sistema de avance de mesa,
- grupo hidraulico,
- equipo electrico.

e) Para cada subconjunto definir componentes a inspeccionar. Ejemplo:

- subconjunto del punto fijo-movil,
- componentes: rodamiento del eje,
- punto,
- forro del eje en punto movil.

f) Efectuar un analisis en grupo de trabajo para cada subconjunto y de acuerdo a la cadena cinematica de la maquina poner en evidencia lo que es necesario y conveniente

inspeccionar. Anotar las acciones de trabajos a realizar para cada componente.
Ejemplos:

1. Sobre el subconjunto: punto fijo-movil:
 - componente a inspeccionar: rodamiento de eje,
 - trabajo a realizar: cambio sistemático de rodamiento +junta.
2. Sobre subconjunto punto movil:
 - componentes a inspeccionar: forro de eje y equipo del punto,
 - trabajos a realizar: controlar estado de junta del punto movil-verificar ciclo de engrase del punto y controlar presión de bridaje.

g) Reagrupar y repartir las acciones en función de los siguientes criterios:

- Nivel de intervención:
 1. de operador de fabricación (Caso A),
 2. profesional integrado en la fabricación (Caso B1),
 3. profesional de mantenimiento (Casos C y B2).
- Frecuencia de los trabajos:
 - diaria
 - semanal
 - mensual
 - trimestral,
 - semestral, etc.
- Homogeneidad del trabajo.
- Tiempos de intervención.

h) Cuando esté así identificada cada acción, responder a las siguientes cuestiones:

- valores límite y espacio para valores observados;
- medios a utilizar: útiles de control, herramientas, etc.;
- estado de la máquina para realizar el trabajo:
 - en marcha,
 - parada;
- frecuencia;
- especialidad del trabajo a realizar y su cualificación:
 - mecánica,
 - eléctrica, etc.
- tiempos de intervención;
- si es con reemplazamiento cíclico, especificar piezas de recambio necesarias con identificación total.

i) Elaborar el modo de funcionamiento del mantenimiento preventivo programado para niveles 2-3 de intervención.

A continuación se muestra un ejemplo de un Plan de Mantenimiento Preventivo de una máquina especial de mecanizado de bloques de motor.

Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para máquinas nuevas

Vamos a señalar las siguientes etapas para llegar a disponer de un Plan de Mantenimiento Preventivo sobre una máquina nueva:

1. Documentar el plan. El constructor ha de fabricar y documentar la maquina de acuerdo al Pliego de Condiciones entregado por el usuario (Metodos-Fabricacion y Mantenimiento) en lo que respecta a los contenidos de:

- diseno,
- noticias tecnicas,
- dossier de explotacion.

Se trata de disponer de todas las informaciones de utilizacion y mantenimiento de la maquina a estudiar, subconjunto por subconjunto, conforme a la descomposicion o arborizacion realizada.

2. Analisis y consolidación de experiencias y opiniones recibidas. Esta fase va a consistir en recopilar experiencias de maquinas existentes a traves de historicos y opiniones de tecnicos y profesionales de:

- fabricacion,
- mantenimiento,
- metodos, etc.

y a confrontarlas con las recomendaciones del constructor.

3. Analisis Metódico AMDEC por conjuntos y subconjuntos. En esta fase se realizan los AMDEC necesarios para identificar fallos potenciales que el grupo considera evitables por una aplicacion de acciones concretas de Mantenimiento Preventivo.

4. Repartición de acciones-tareas. El grupo, en esta fase, determina el nivel requerido y la especialidad necesaria para realizar cada accion y tarea descritas en el PMP. Se trata de identificar el:

- Automantenimiento.
- MantenimientoProgramado.

5. Explotacion del PMP. Una vez implantada la maquina nueva y puesta en marcha, es necesario:

- a) Realizar los trabajos: los profesionales ejecutan, en esta fase, los trabajos descritos en las fichas y en las gamas respetando el planning, de manera que permiten mantener el estado de referencia y los estandares de las maquinas.
- b) Realizar Historicos de intervenciones y de fallos: es importante constituir, desde el primer dia de funcionamiento de las maquinas nuevas, un banco de datos con las intervenciones y fallos que tiene la maquina a lo largo de su vida.

Reunidos los Grupos de Fiabilizacion investigaran las causas exactas de cada fallo para mejorar y evitar su repeticion. Nos interesaremos, investigando en el grupo de trabajo, los campos de fallos no cubiertos por el PMP, observando las intervenciones mas frecuentes para identificar el Mantenimiento Preventivo minimo necesario en funcion del equilibrio entre la evolucion de los indicadores de:

- TAPM (tiempo medio de parada),

--TBFM (tiempo medio de buen funcionamiento),

y la evolucion de los costes del Mantenimiento Preventivo y del Correctivo.

La puesta al dia y optimizacion de las fichas y gamas del PMP, reflejando los nuevos estandares y acciones y rehrando lo de poca utilidad, se ha de hacer con una periodicidad anual aproximadamente.

DESARROLLO DEL AUTOMANTENIMIENTO

Asi pues, de acuerdo a lo reseñado anteriormente, una parte importante del Mantenimiento Preventivo Sistemático es el Automantenimiento que consiste, de forma simple, en la integración del Mantenimiento Nivel-1 en la Fabricación a través de rondas o inspecciones rutinarias en las que se efectúan controles visuales-medidas simples de parámetros-lubricación de puntos de engrase-pequeños ajustes y operaciones de mantenimiento elemental.

Estas inspecciones son un elemento fundamental en la detección de anomalías a través de distintos síntomas (goteos o fugas de aceite-ruídos-vibraciones-temperaturas anormales, etc.) por lo que puede ser un sustituto del Predictivo con equipo e instrumentos menos sofisticados y personal menos cualificado.

Con frecuencia, estas inspecciones dan lugar a sustituciones-ajustes e intervenciones no planificadas, cuya necesidad es puesta de relieve por el propio operador de fabricación a través de la inspección realizada.

El Automantenimiento consiste pues en:

- Practicar la higiene de la máquina-y de su entorno:
 - limpieza,
 - reaprietes,
 - engrase;
- Elaborar y aplicar estándares de:
 - limpieza,
 - reaprietes,
 - engrase,
 - mantenimiento preventivo;
- Identificar una situación de referencia para cada una de las máquinas y observar las desviaciones entre esta situación de referencia y lo que se constata.
- Realizar acciones a partir de las observaciones hechas en los trabajos de higiene.
- Formalizar y hacer aplicar un buen manejo de la instalación-maquinaria de producción basado en: inspeccionar sistemáticamente la situación del medio de producción llevándole siempre a su estado de referencia.
- La implicación de los operadores de fabricación necesita de: una formación sólida aunque elemental y una transparencia total en las funciones de cada uno en la organización para conocer y practicar de forma sistemática los estándares de la situación de referencia de cada máquina.

Situación o estado de referencia

Podemos definirla como la situación en la que se encuentra un equipo de producción después de una revisión de su buen funcionamiento siendo este correcto con relación al dossier técnico del equipo.

Es el estado en que el equipo puede proporcionar su mayor rendimiento de acuerdo a su diseño y a su situación actual.

Así pues, asegurar el mantenimiento del estado de referencia consiste en vigilar:

- tiempos ciclo,
- parámetros de reglajes y funcionamiento,
- parámetros de engrase,
- parámetros eléctricos,
- parámetros mecánicos (aprietes-vibraciones, etc.),
- parámetros hidráulicos (niveles-presiones, etc.),
- otros.

En caso de desviación sobre la situación de referencia, las consignas deben precisar:

- o la intervención que debe efectuar el operario,
- o la forma en que debe circular la información para corregir la desviación.

Proceso de aplicación del automantenimiento

Si como ya hemos dicho, el automantenimiento tiene como función principal mantener las instalaciones productivas en condiciones óptimas de:

- limpieza,
- engrase,
- seguridad de funcionamiento,
- ajuste de elementos en movimiento y sus medios de control y vigilancia de su situación,

denunciando las posibles deficiencias potenciales a través de una revisión o inspección de la instalación, efectuando así un mantenimiento condicional de la misma que denominaremos automantenimiento de primer nivel y que se extrae del Plan General de Mantenimiento Preventivo de un equipo, es por esto que las operaciones a realizar deben ir encaminadas a:

1. Prevención/predicción de estados degradados de los equipos a través de:
 - realización de operaciones correctas en el manejo y explotación de los equipos,
 - limpiezas y engrases,
 - registro de datos por intervenciones ante incidencias,
 - colaborar en la mejora del rendimiento de los equipos, participando en los grupos de fiabilización.
2. Medir degradaciones con:
 - inspecciones cotidianas,
 - inspecciones periódicas.

3. Puestas en funcionamiento de los equipos con:

- rearme de las instalaciones,
- pequeros trabajos de mantenimiento con cambio de piezas simples y pequenos componentes,
- cambios de utiles-herramientas y rafagas,
- comunicacion rapida con los servicios de mantenimiento ante fallos o dificiles diagnosticos que no pueda atender el operario, asi como colaborar con los profesionales en su intervencion.

Ejemplos de tareas a desarrollar en las operaciones de automantenimiento

A continuacion describimos una serie de tareas especialmente apropiadas para elaborar gamas y estandares de automantenimiento.

1. Mecánica

- verificar estado superficial de guias de deslizamiento,
- detectar ruidos y holguras, colaborando en su correccion,
- observar posibles holguras de bridas-mecanismos de transferizacion, etc. aprovechando los cambios de utiles y herramientas,
- observar estado y cambiar, si procede, pequeno utillaje de desgaste como casquillos-guia, garras, bridas, etc.
- verificar acoplamientos, juegos de rodamientos y todo tipo de fijaciones y ejes de transmision,
- asegurarse que todas las fijaciones con tornillos estan correctamente ensambladas y no hay tornillos flojos o rotos.

2. Herramientas y utiles de control

- efectuar reglajes y preparaciones de utiles y herramientas,
- efectuar cambios de herramientas y utillaje a los frecuenciales establecidos,
- conservar en buen estado los porta-herramientas,
- revisar estado de palpadores y calibres, efectuando etalonados cuando proceda,

3. Circuitos hidraulicos

- verificar diariamente el nivel de aceite y rellenar si procede comprobando las causas y controlando consumos,
- comprobar presiones de todo el sistema hidraulico,
- observar ruidos o calentamientos excesivos en la bomba del grupo hidraulico,
- localizar fugas en todo el circuito (cilindros, valvulas, distribuidores, tuberias, etc.) y corregir si es posible o bien comunicar deficiencia a los profesionales de mantenimiento,
- verificar existencia de posibles vibraciones en la red o golpes de ariete, avisando a los profesionales de mantenimiento si procede,
- reapretar racores de union y comprobar buena fijacion de soportes de tuberias.

4. Circuitos de engrase

- verificar niveles de aceite de engrase y rellenar si es necesario, asi como presiones de engrase sobre vasos lubricadores-mecafluid-atomizadores, reductoras, etc.
- localizar fugas y corregir si es posible,
- asegurarse de la llegada de lubricante a todos los puntos de destino,

--en general, observar fugas por uniones de tuberías comprobando fijaciones y corrigiendo si es posible.

5. Circuitos eléctricos

- mantener puertas cerradas de los armarios,
- quitar tensión al finalizar la jornada utilizando seccionador general situado sobre armario eléctrico,
- comprobar lámparas de serialización cambiando si es necesario (test de lámparas),
- observar estado y posicionamiento correcto de detectores y finales de carrera, limpiando y reglando si es necesario,
- observar estado de juntas de estanqueidad de dispositivos eléctricos, cambiando si están deteriorados,
- avisar a los servicios de mantenimiento tras observar cualquier anomalía en el ciclo de trabajo no subsanada de inmediato,
- verificar estado general de canalizaciones eléctricas de todo el circuito y estado de bandejas porta-cables,
- limpieza exterior de motores eléctricos y revisión de estado de ventiladores, comprobando consumo, ruidos extraños, calentamientos, etc.,
- mantener limpio y en buen estado las protecciones visuales de automatismos, lámparas de serialización, etc.

6. Circuitos neumáticos

- verificar estado general de redes del circuito, cilindros y distribuidores, corrigiendo fugas si existen y reapretar racores,
- a final de jornada de trabajo cerrar la llave de paso general de aire comprimido,
- realizar la purga de filtros semiautomáticos y manuales de los equipos de acondicionamiento,
- verificar diariamente nivel de aceite en vaso del equipo acondicionador de aire,
- limpiar silenciosos de escape,
- observar presiones en manómetros, reglando si es necesario,
- comprobar el estado de componentes del circuito neumático.

7. Equipos de manutención y de alimentación

- verificar estado general de rodillos transportadores, comprobando holguras y ruidos extraños,
- verificar estado general de protecciones,
- revisar y corregir, si procede, holguras y desgastes en cadenas y cintas transportadoras,
- observar ruidos y calentamiento en motor-reductores, comprobando:
 - nivel de aceite,
 - tensión de cadena,
 - ruidos y calentamientos anormales,
- verificar y realizar, si procede, lubricación de pinones y cadenas de transmisión,
- comprobar funcionamiento uniforme de mecanismos dosificadores.

8. Limpieza en general

- realizar limpieza detallada de útiles de control, posicionamiento de piezas, bridas, pasos de transferencia, etc.,

- mantener el entorno de los puestos de trabajo y de las maquinas en perfectas condiciones de orden y limpieza, evitando todo tipo de salpicaduras de refrigerantes y virutas,
- conservar en buen estado las protecciones fijas-moviles-de tipo fuelle, etc., cambiando o reparando si procede

Capítulo 5

LOS COSTES DE MANTENIMIENTO Y SU CONTROL

INTRODUCCION

El coste del Mantenimiento por unidad producida determina, evidentemente, la repercusión del mantenimiento en la producción.

Se debe prestar una calidad de servicio máxima para obtener una disponibilidad máxima, pero el coste de mantenimiento no debe ser superior al coste de paradas de la producción (véase figura X-1). El punto óptimo corresponde al valor mínimo de la curva del *coste total*, al que corresponde la máxima disponibilidad o valor óptimo del rendimiento operacional de un sistema de producción con un coste por intervenciones de mantenimiento igual a los costes de las paradas de producción.

Así pues, podemos decir que:

1. El «coste mínimo» del Mantenimiento de un Sistema de Producción no tiene sentido en sí mismo.
2. El concepto de «disponibilidad máxima» de un sistema no tiene sentido en sí misma.

Sin embargo, hemos de tener presente las siguientes realidades:

- a) Explotar un sistema no es mantenerle con el mínimo coste.
- b) Explotar un sistema no es conseguir su buen funcionamiento continuo · cualquier precio.
- c) Explotar un sistema no es lograr una disponibilidad máxima sin examinar lo que aporta.
- d) Explotar o «utilizar» un sistema de producción es conseguir una disponibilidad tal que el *beneficio* producido por la última unidad de disponibilidad lograda sea igual al *coste del mantenimiento* necesario para obtener dicha disponibilidad.

Las acciones a tener en cuenta en el análisis de costes de mantenimiento están representadas en la figura X-2. Nos vamos a referir en este capítulo al apartado de *Indices o Indicadores de gestión* del Mantenimiento, pues los demás son más conocidos por corresponder a todo tipo de gestión económica y de organización empresarial.

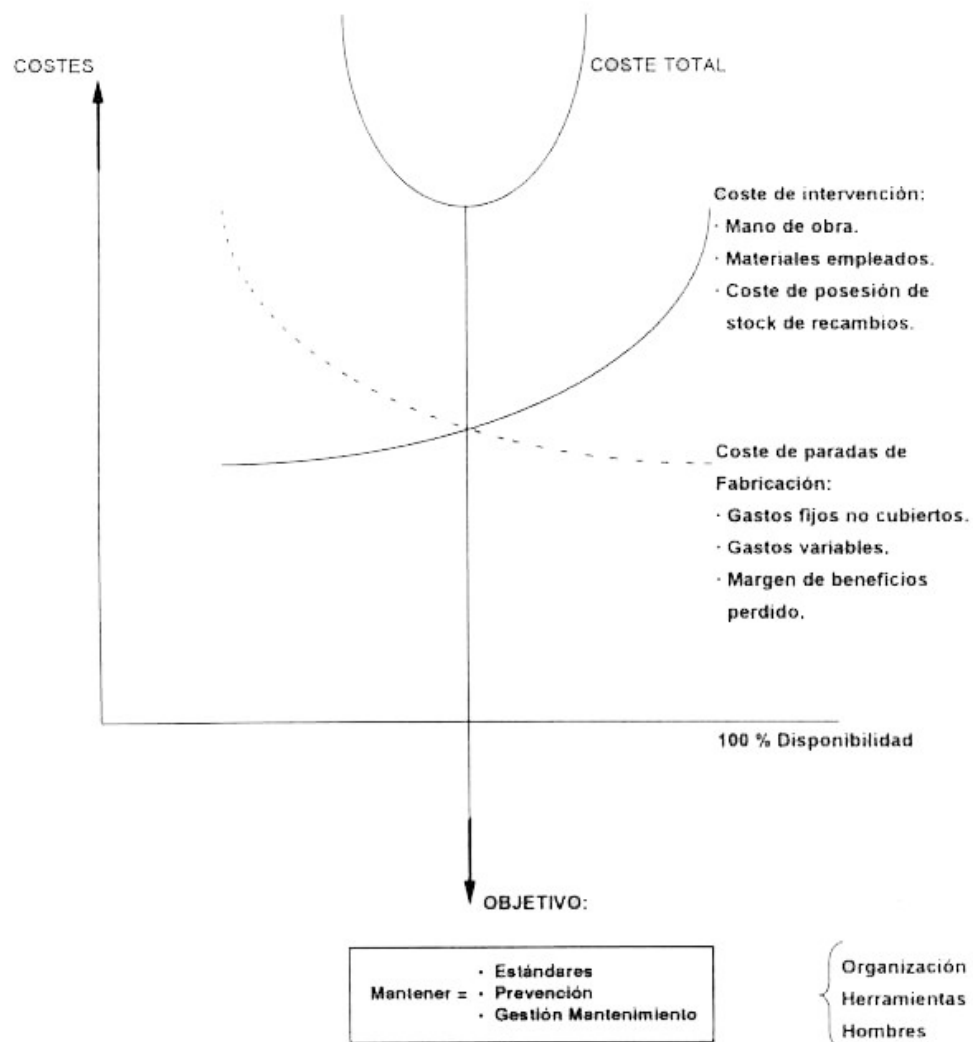


Figura X-1. Curvas de costes de mantenimiento y de paradas

CONducir las actividades del mantenimiento a través de indicadores

Está claro que si conocemos una meta o destino y la planificamos en la dirección y en el tiempo, todos los compartimentos de organización y de los procesos les podemos controlar y planificar apoyándonos en sistemas retroactivos de información.

Para asegurar un trabajo en equipo hemos de crear y definir unos *indicadores* de medida de *resultados y procesos* en relación a unos objetivos. Estos han de ser precisos y

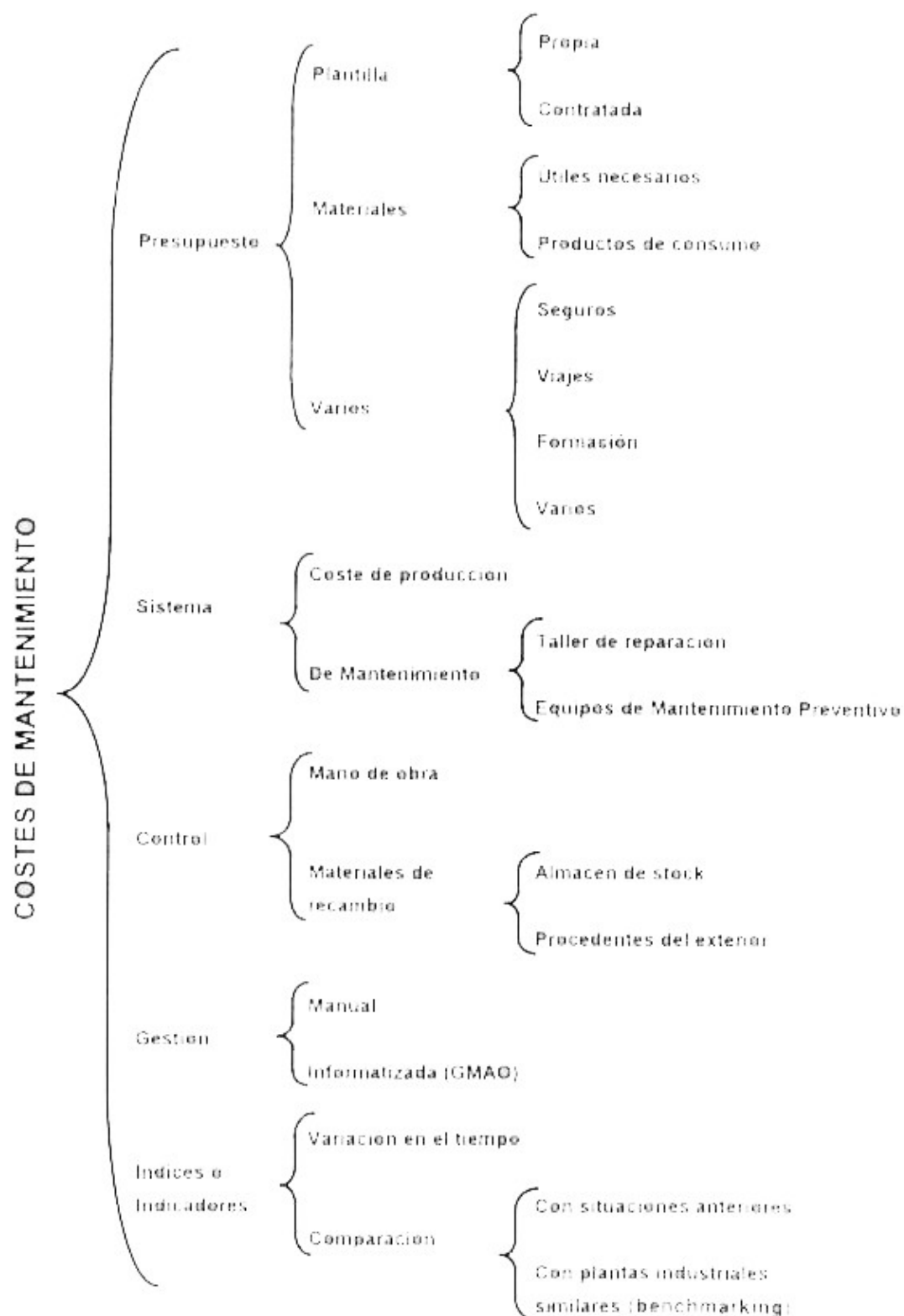


Figura X-2. Análisis de costes de mantenimiento

cuantificados en base a la experiencia y la tasa de aprendizaje de la organización, como ya hemos mencionado en anteriores capítulos.

Como *definición de indicador* podemos dar la siguiente (véase figura X-3):

«un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a coste-calidad y plazos».

Los indicadores, una vez identificados en base a las actividades a tratar en cada nivel para alcanzar los objetivos asignados, les podemos dividir en los cuatro grandes bloques de acción de la Calidad Total:

- a) Indicadores de calidad para medir el cumplimiento de las especificaciones del proceso, producto o servicio de cara a satisfacer las expectativas del cliente.
- b) Indicadores de plazos para medir aspectos de la productividad de los procesos, el grado de servicio proporcionado al cliente por la cumplimentación de programas, niveles de *stocks*, rendimiento de las instalaciones productivas, etc.
- c) Indicadores de costes para medir el «consumo» de los recursos en cada proceso, el rendimiento de la organización, el coste de obtención de calidad, etc.
- d) Indicadores de animación y motivación de los empleados para medir aspectos relacionados con el clima social como pueden ser niveles de participación en sugerencias, horas de formación por empleado, accidentes de trabajo, etc.

Como ya hemos mencionado, es conveniente disponer de un tablero a bordo en cada nivel del despliegue de objetivos y, por tanto, en cada unidad de proceso, el cual nos facilita el seguimiento de resultados alcanzados en períodos determinados. En la figura X-4 se muestra un ejemplo de tablero de evolución de indicadores y Costes de Mantenimiento.

Algunas consideraciones sobre indicadores

Las características de un indicador son las siguientes:

- ha de ser importante, es decir, referido a un aspecto significativo,
- ha de ser claro, medible y fácil de obtener,
- ha de ser fiable y lo menos subjetivo posible,
- se han de implantar tantos cuantos sean necesarios para mantener una visión clara de la situación de la actividad o tarea a controlar.

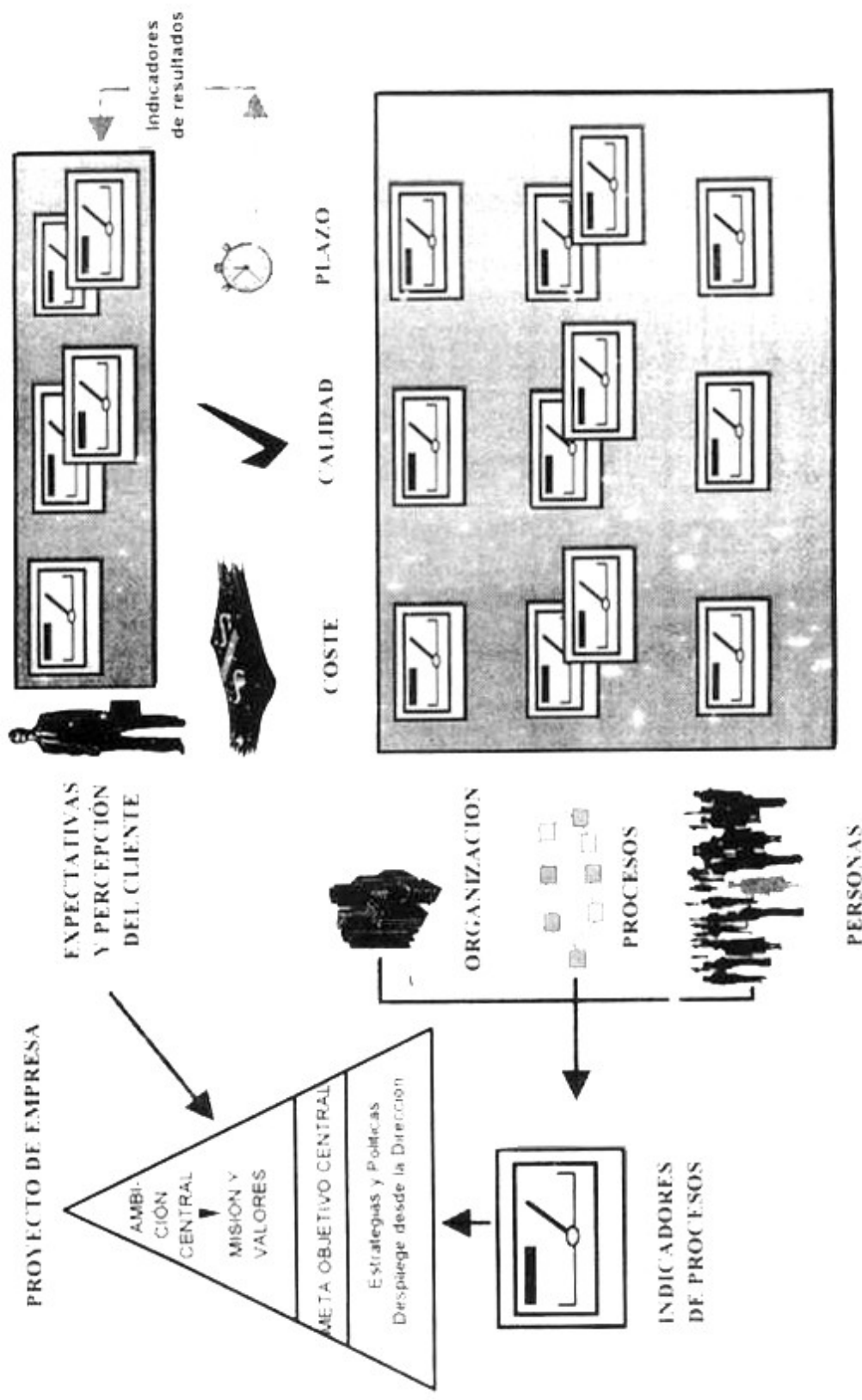


Figura X-3. Indicadores de resultados y procesos

EVOLUCION DE INDICADORES Y COSTES DE MANTENIMIENTO												
INDICADORES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
Indice de Extensión del M. (Preven+Mej+Automant) (IEMP)	74.9	71.1	68.6	78.9	70.7	64.0						71.4
Indice de Costes del M. (Preventivo+Mejoras) (ICMPM)	37.9	38.2	35.1	59.9	45.9	39.5						42.7
Indice de Costes de Mantenimiento referido a la Producción (ICMRP)	20.4	19.5	19.0	28.2	18.7	18.3						20.7
Indice de Reducción de costes de Mantenimiento (IRCM)	1.86	1.96	1.85	2.12	2.46	2.16						2.07
Costo Total Mantenimiento Dpto Motor (MPlas) (CTMM)	49 753	46 768	49 142	59 470	48 477	61 725						52 556
Observaciones:												
$IEMP = \frac{\text{Indice Extensión Man. (Preven+Mejor+Autom)}}{\text{Total Horas Intervención Mantenimiento}} \times 100$ $ICMPM = \frac{\text{Coste Total Mant. (Preven+ Mejor)}}{\text{Coste Total de Mantenimiento}} \times 100$ $IRCM = \frac{\text{Indice de Costes M (Prev+Mejor)}}{\text{Indice Costes Mant. Ref. Produc}} \times 100$ $ICMRP = \frac{\text{Coste Total de Mantenimiento}}{\text{Coste Total de Transformación (V T) de Fabricación}} \times 100$ $CTMM = \text{Coste Total (Correctivo+Preventivo)} = \text{Coste MO+Materiales+Otros Costes (Sin Limpieza)}$												

Figura X-4. Evolución de indicadores y costes de mantenimiento

La integración de indicadores en los diferentes niveles de la organización de una compañía tiene las siguientes ventajas:

- proporciona visibilidad e información por facilitar valores y tendencias,
- facilita la prevención y el tratamiento de la mejora para lograr objetivos,
- facilita el «benchmarking»,
- son motivantes si se utilizan adecuadamente.

Para que toda la organización disponga de un mismo vocabulario es conveniente disponer de un glosario de indicadores que comprenda su definición, objetivo, modo de cálculo, etc. (véase ejemplo en el cuadro de la figura X-5), o bien de un tablero síntesis de indicadores que facilite acciones de «benchmarking», como señalamos en su apartado correspondiente, que se complemente con las aclaraciones y definiciones de los principales indicadores.

Preparación del cálculo de los indicadores de los costes de mantenimiento

Para llegar a estos indicadores o «índices» es necesario disponer, en primer lugar, de los siguientes datos:

1. Horas dedicadas a Correctivo por Averías (casilla 1 de la figura X-6). Este dato totaliza las horas dedicadas a atender averías en los distintos centros o procesos productivos. Se contabiliza mediante el parte de averías emitido por las líneas de producción y cumplimentado por Mantenimiento una vez reparada la avería.

Este dato refleja las horas totales de la reparación o mantenimiento correctivo por rotura o avería.

2. Importe en pesetas correspondiente a las horas de Correctivo por averías (casilla n.º2). Es el producto del dato anterior por el valor-hora asignado al centro de gastos de Mantenimiento.

3. Importe en pesetas del material empleado en Correctivo (casilla n.º 3). Este dato se obtiene de totalizar en pesetas el valor de los materiales empleados en las intervenciones por Correctivo sobre cada centro de gastos de producción.

4. *Coste total del Mantenimiento Correctivo por averías (casilla n.º 4)*. Este valor se obtiene sumando al importe de la mano de obra empleada en atender correctivo, el importe de los materiales empleados en dicha tarea (casilla 2 + casilla 3).

5. Horas de Mantenimiento Preventivo (casilla n.º 5). Este dato se obtiene de totalizar las horas de las gamas de Mantenimiento Preventivo. En su momento ya indicamos que en cada gama debe venir reflejado el total de horas dedicadas a la revisión o inspección preventiva.

	INDICADORES DE PERFORMANCES DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	
TITULO DEL INDICADOR:	EXTENSIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	
ABREVIATURA:	C4	
OBJETIVO Y CONTENIDO TÉCNICO:	<ul style="list-style-type: none"> MEDIR EL VOLUMEN DE TRABAJO DE LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA APLICACIÓN DEL M. PREVENTIVO. 	
UNIDAD DE MEDIDA:	ADIMENSIONAL (%)	
MODO DE CALCULO:	<ul style="list-style-type: none"> <u>SUMA DE HORAS DE M. P. CARGADAS A LA LÍNEA.</u> (SUMA DE H. DE M.P. + SUMA DE H. M.C.) cargadas a línea. Ejemplo: En una línea de mecanizado se cargan a M.P. = 1.000 h. de intervención sobre un total de 2.000. La E.P. = $\frac{1.000}{2.000} = 50 \%$ 	
PERÍMETRO DE LA MEDIDA:	<ul style="list-style-type: none"> ORGANIZACIÓN EMPLEADA EN LA REALIZACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO. 	
OBSERVACIONES:	<ul style="list-style-type: none"> INDICADOR "C4" DE LA NORMA DE INDICADORES DE PERFORMANCES DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN. . 	
RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN:	S. Técnico.	

Figura X-5. Ejemplo de indicador de «performance»

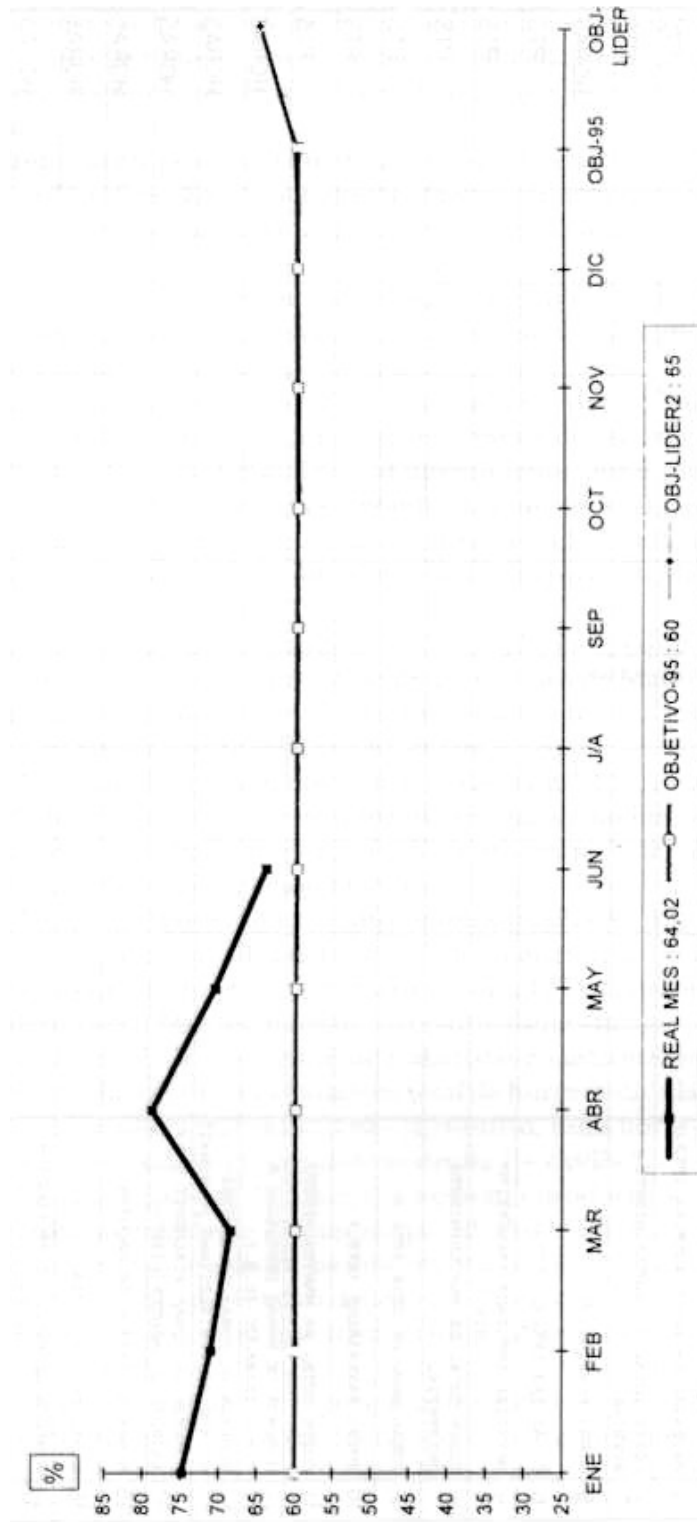


Figura X-5 b. Índice de extensión del mantenimiento preventivo + mejoras + automantenimiento

Razón Social		INDICES DE COSTES DE MANTENIMIENTO (Datos)												PERIODO: DESDE HASTA	
32	33	DENOMINACION	C. de G.	702	703	710	711	715	730	735	740	750	760	TOTALES	
1		HORAS AVERIAS													HORAS
2		HORAS AVERIA (PTS.)													PTS
3		MATERIAL EMPLEADO AVERIAS (PTS.)													PTS
4		COSTE TOTAL DE MANTENIMIENTO AVERIAS													PTS
5		HORAS PREVENTIVO													HORAS
6		HORAS PREVENTIVO (PTS.)													PTS
7		MATERIAL EMPLEADO PREVENTIVO (PTS.)													PTS
8		COSTE TOTAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													PTS
9		TOTAL MANO DE OBRA (PTS.)													PTS
10		TOTAL MATERIALES (PTS.)													PTS
11		COSTE TOTAL DE MANTENIMIENTO													PTS
12		NUMEROS DE HORAS DEDICADAS A OTROS TRABAJOS (S.O.)													HORAS
13		NUMEROS DE HORAS DE MANTENIMIENTO DISPONIBLES (incl. personal)													HORAS
14		NUMEROS DE HORAS REALMENTE TRABAJADAS EN MANTENIMIENTO													HORAS
15		HORAS DE PARADA DE MAQUINA													HORAS
16		HORAS DE PRESENCIA													HORAS
17		NUMEROS DE HORAS DE PRODUCCION (16-15)													HORAS
18		COSTE PARADAS DE PRODUCCION POR AVERIAS													PTS
19		COSTE TOTAL DE LA PRODUCCION													PTS

Figura X-6. Indices de costes de mantenimiento

6. Importe en pesetas de las horas dedicadas a trabajos preventivos (casilla n.º 6). Es el producto del número de horas dedicadas a intervenciones de Mantenimiento preventivo (casilla n.º 5) por el valor-hora asignado al servicio de mantenimiento.

7. Importe en pesetas del material empleado en Mantenimiento preventivo (casilla n.º 7). Este dato se obtiene de totalizar en pesetas el valor de los materiales utilizados en las inspecciones preventivas realizadas en los diferentes centros de producción.

8. *Coste total de Mantenimiento preventivo (casilla n.º 8)*. Es la suma del valor total de la mano de obra en pesetas y el total de materiales utilizados en pesetas (casilla 6 + casilla 7).

9. Coste total de la mano de obra utilizada en Mantenimiento correctivo y preventivo (casilla n.º 9). Es la suma total en pesetas de las intervenciones en averías (casilla n.º 2) y las dedicadas a Mantenimiento preventivo (casilla n.º 6). 10. Coste total de materiales empleados en intervenciones de Mantenimiento (casilla n.º 10). Es la suma total en pesetas del valor de los materiales utilizados en intervenciones de Mantenimiento correctivo y en Mantenimiento preventivo (casilla n.º 3 + casilla n.º 7).

11. *Coste total de mantenimiento (casilla n.º 11)*. Es el coste total de las intervenciones del personal de Mantenimiento en trabajos de Mantenimiento correctivo y Mantenimiento preventivo, sumando a estas intervenciones los materiales empleados en las mismas (casilla n.º 4 + casilla n.º 8).

12. Horas dedicadas a otros trabajos (casilla n.º 12). Resultan de totalizar las horas dedicadas a solicitudes de trabajos especiales (modificaciones, aplicación de mejoras, etc.) y trabajos internos, es decir, los propios del servicio de mantenimiento para su orden y funcionamiento.

13. Horas de Mantenimiento disponibles (casilla n.º 13). Son las horas de presencia de los profesionales del servicio de mantenimiento que se repartirán entre las horas dedicadas a otros trabajos (casilla n.º 12) y el número de horas realmente trabajadas en Mantenimiento correctivo + preventivo.

14. Número de horas realmente trabajadas en actividades propias de mantenimiento (casilla n.º 14). Es el número total de horas dedicadas a correctivo por averías y las dedicadas a Mantenimiento preventivo. Estas horas estarán reflejadas en el histórico y su valor es la suma de la casilla 1 + casilla 5.

15. Horas de paradas de máquinas y equipos productivos (casilla n.º 15). Es el número total de horas que han estado paradas las máquinas en cada centro o línea de producción por averías de las mismas, ocasionando pérdidas de producción.

El Mantenimiento preventivo debe lograr disminuir estas horas. Este ratio se obtiene al restar, en horas, lo que señalan los apartados de *emisión y reparación* en los partes de averías.

16. Horas de presencia del personal de producción (casilla n.º 16). Son las horas de presencia en el trabajo de los operarios pertenecientes a los diversos centros o líneas de producción, las cuales son emitidas periódicamente por los Servicios de Gestión de la Producción.

17. Horas de Producción (casilla nº 17). Corresponden a la diferencia en las horas de presencia de la mano de obra de producción (casilla 16) y las o de inactividad por paradas del sistema productivo (casilla 15). Se reflejará por cada centro o línea de producción.

18. *Coste de las pérdidas por paradas de producción debidas a Mantenimiento correctivo por averías (casilla n.º 18).* Es el producto de multiplicar el número de horas de paradas por averías por el valor - hora asignado a cada centro de gastos o línea de producción (casilla 15 x valor - hora de la producción).

19. Coste total de la Producción (casilla n.º 19). Es el producto de multiplicar el número de horas de presencia del personal de Producción por el valor - hora asignado a cada centro o línea de producción (casilla 17 x valor - hora de la producción).

En la figura X-7 se muestra un ejemplo de seguimiento de los Costes de Mantenimiento más importantes el cual nos permite comparar periódicamente con los objetivos integrados en los presupuestos de los servicios de fabricación y mantenimiento.

Indicadores de mantenimiento (figura X-8)

Una vez disponemos de los datos enumerados en el apartado anterior, podemos elaborar los indicadores o índices que facilitan el seguimiento de la gestión de un servicio de mantenimiento.

1. Personal efectivo existente en el Servicio de Mantenimiento (apartado nº 1 de la figura X-8). Corresponde a la media mensual del personal de Mantenimiento, es decir, el número de profesionales existentes que intervienen directamente en las actividades de mantenimiento.

2. Índice de personal (apartado n.º 2). Expresa en % la relación entre el número de horas de mantenimiento disponibles y el número de horas de presencia del personal de producción, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 13}}{\text{Casilla nº 16}} \times 100$$

Este índice debe disminuir o al menos mantenerse.

3. Índices de personal realmente utilizado en actividades de Mantenimiento (apartado nº 3). Expresa en % la relación entre el número de horas realmente trabajadas por los profesionales en actividades de mantenimiento y las horas de presencia del personal de producción, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 14}}{\text{Casilla nº 16}} \times 100$$

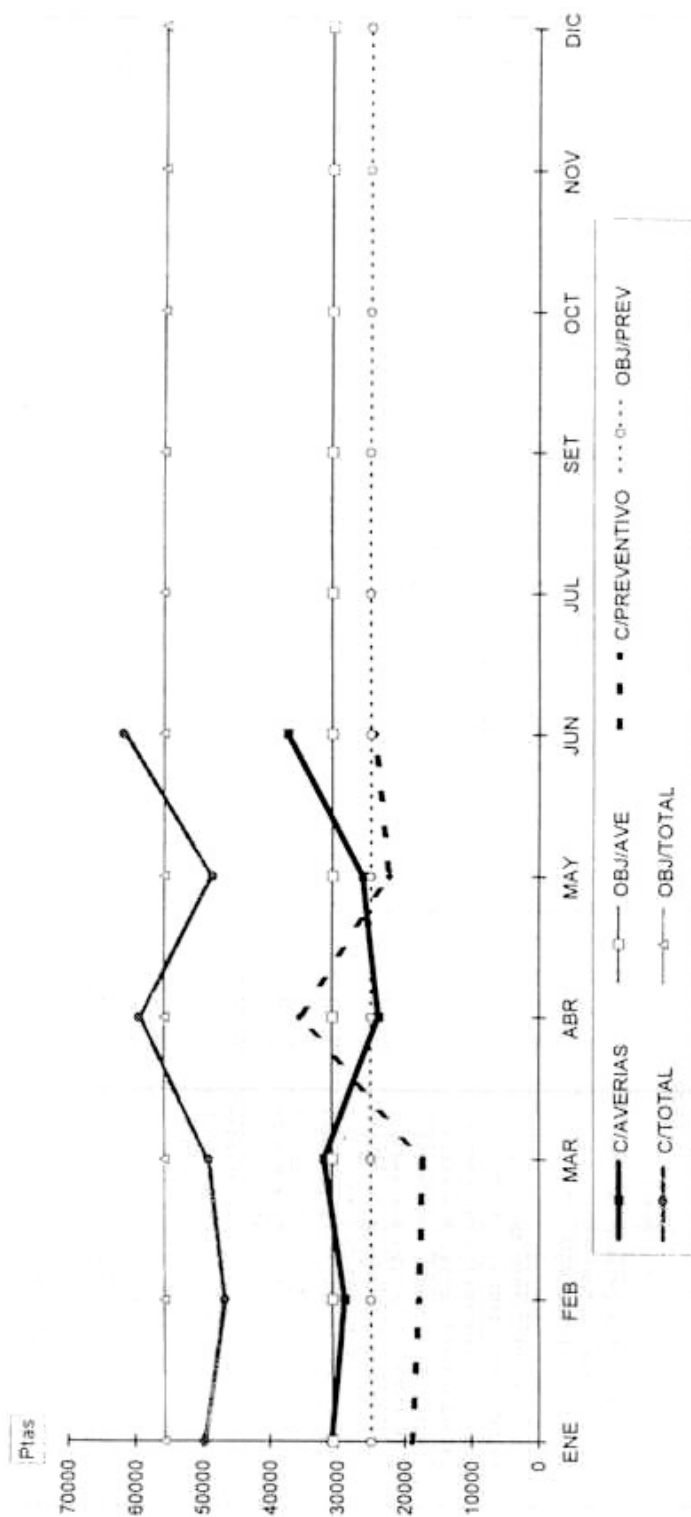


Figura X-7. Evolución costes mantenimiento (correctivo/preventivo/total)

Razón Social		INDICES DE COSTES DE MANTENIMIENTO										PERIODO: DESDE HASTA	
		C. de G.	702	703	710	711	715	730	735	740	750	760	RESULTADOS
1	DENOMINACION												
1	PERSONAL EFECTIVO EXISTENTE EN MANTENIMIENTO (med. mensual)												HOM
2	INDICE DE PERSONAL (General)												%
3	INDICE DE PERSONAL (Real)												%
4	INDICE DE RENDIMIENTO DEL PERSONAL (Aprovechamiento)												%
5	INDICE DE EFICIENCIA DEL PERSONAL												%
6	PERSONAL NECESARIO EN MANTENIMIENTO POR CENTRO DE GASTOS												HOM
7	INDICE DE EXTENSION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (General)												%
8	INDICE DE EXTENSION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Conservación)												%
9	INDICE DEL PORCENTAJE DE REPARACIONES POR M. PREVENTIVO												%
10	INDICE DE REPARACIONES POR AVERIA (Completo, al nº 7)												%
11	INDICE DE REPARACIONES POR AVERIA (Completo, al nº 8)												%
12	INDICE DE PORCENTAJE DE REPARACION POR AVERIA (Comp 7-8-9-10-11)												%
13	INDICE COSTE HORA DEL MANTENIMIENTO (General)												PTS
14	INDICE COSTE HORA DEL MANTENIMIENTO (Conservación)												PTS
15	INDICE DEL COSTE DE MANTENIMIENTO REFERIDO AL DE PRODUCCION												%
16	INDICE DE LA REPERCUSION DE LAS AVERIAS EN EL COSTE DEL ARTICULO												%
17	INDICE DE LA REDUCCION DE COSTES DE MANTE. (General y Conservación)												
18	INDICE DE COSTE HORA DE MANTENIMIENTO REFERIDO A PRODUCCION												PTS

Figura X-8. Indices de costes de mantenimiento

Este índice ha de disminuir lo que representa una menor necesidad de mano de obra dedicada a mantener debido a mejorar el funcionamiento de los sistemas productivos.

4. Índice de rendimiento o aprovechamiento del personal de mantenimiento (apartado n.º 4). Expresa la relación en % del número de horas realmente trabajadas en mantenimiento correctivo y preventivo y el número de horas de presencia de los profesionales del servicio de mantenimiento, es decir:

$$\frac{\text{Casilla n.º 14}}{\text{Casilla n.º 13}} \times 100$$

Este índice debe aumentar lo que indicará que la plantilla de profesionales se dedica en mayor porcentaje a atender el mantenimiento de las instalaciones. 5. Índice de eficiencia del personal (apartado n.º 5). Expresa la relación en % entre la suma de horas del mantenimiento dedicado a correctivo y preventivo, y la diferencia de horas de presencia y el número de horas empleadas en otros trabajos. Es decir, corresponde a la relación en % entre el personal que ha intervenido en Mantenimiento y las horas que se debieron emplear en las actividades de dicho mantenimiento (correctivo + preventivo).

$$\frac{\text{Casilla (1 + 5)}}{\text{Casilla (16 - 12)}} \times 100 = \frac{\text{Casilla n.º 14}}{\text{Casilla (16 - 12)}} \times 100$$

Este índice debe tender a 100.

6. Personal necesario en Mantenimiento por centro o línea de producción (apartado n.º 6). Este índice nos facilita la identificación y el equilibrio de efectivos o profesionales a asignar a cada línea de producción en organizaciones de mantenimiento descentralizadas. Para su obtención multiplicaremos el índice de eficiencia del personal por el personal efectivo existente en el servicio de mantenimiento y dividiremos por 100 ya que el primer dato será expresado en %, es decir:

$$\frac{\text{apartado 5} \times \text{apartado 1}}{100}$$

7. *Índice de extensión del Mantenimiento Preventivo sobre el total de horas disponibles* (apartado 7). Expresa en % la relación entre el número de horas dedicadas a mantenimiento preventivo y el número de horas disponibles en Mantenimiento, es decir:

$$\frac{\text{Casilla n.º 5}}{\text{Casilla n.º 13}} \times 100$$

Este indicador debe aumentar en equilibrio con el del apartado 10.

8. *Indice de extensión del Mantenimiento Preventivo sobre las horas disponibles para actividades propias de Mantenimiento (apartado 8).* Este índice expresa la relación en % entre el número de horas dedicadas a actividades de Mantenimiento Preventivo y la diferencia entre el número de horas de mantenimiento disponibles y el número de horas empleadas en otros trabajos, es decir:

$$\frac{\text{Casilla 5}}{\text{Casilla (13 - 12)}} \times 100 = \frac{\text{Casilla 5}}{\text{Casilla 14}} \times 100$$

9. *Indice del porcentaje de costes por intervenciones de Mantenimiento Preventivo (apartado 9).* Expresa en % la relación entre el «coste total de Mantenimiento Preventivo» y el «coste total de Mantenimiento Correctivo + Mantenimiento Preventivo».

Este índice es complementario al índice del coste en porcentaje por intervenciones de Mantenimiento Correctivo debido a averías, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 8}}{\text{Casilla nº 11}} \times 100$$

10. *Indice de intervenciones por averías sobre el total de horas disponibles (apartado 10).* Expresa en % la relación entre las horas de Correctivo por averías y el número de horas de mantenimiento disponibles, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 1}}{\text{Casilla nº 13}} \times 100$$

11. *Indice de intervenciones por Correctivo sobre las horas disponibles para actividades de mantenimiento (apartado 11).* Expresa en % la relación entre las horas de averías y la diferencia entre el número de horas disponibles para actividades propias de mantenimiento y el número de horas empleadas en otros trabajos, es decir:

$$\frac{\text{Casilla 1}}{\text{Casilla (13 - 12)}} \times 100 = \frac{\text{Casilla 1}}{\text{Casilla 14}} \times 100$$

12. *Indice de porcentaje de costes por intervenciones de Mantenimiento Correctivo por averías (apartado 12).* Expresa en % la relación entre el coste total del Mantenimiento correctivo por averías y el coste total de Correctivo + Preventivo, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 4}}{\text{Casilla nº 11}} \times 100$$

Este índice complementa a los de los apartados 7-8-9 y 10, dándonos una idea sobre la conveniencia de aumentar el mantenimiento preventivo.

13.. Índice del coste-hora del Mantenimiento sobre el total de horas disponibles (apartado 13). Expresa la relación entre el coste total del Mantenimiento por correctivo y preventivo, y el número de horas de mantenimiento disponibles, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 11}}{\text{Casilla nº 13}}$$

14. Índice del coste-hora de Mantenimiento (solo sobre las horas realmente trabajadas en actividades de mantenimiento): expresa la relación entre el coste total del mantenimiento por averías y preventivo y el número de horas realmente trabaja-das en mantenimiento correctivo + preventivo (apartado n.' 14),,es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 11}}{\text{Casilla nº 14}}$$

15, *Índice del coste de Mantenimiento referido al coste de la producción* (n.º 15). Expresa la relación entre el coste total del mantenimiento por correctivo y preventivo más el coste de las paradas de producción por Correctivo,, y el coste total de la producción, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 11} + 18}{\text{Casilla nº 19}} \times 100$$

Este índice ha de tender a disminuir. Véase ejemplo de seguimiento en figura X-9.

16. Índice de la repercusión del Correctivo por averías en el coste del producto apartado n.º 16). Expresa la relación en % de la suma del coste total del mantenimiento por Correctivo más el coste de las paradas de producción por averías, y el coste total de la producción, es decir:

$$\frac{\text{Casilla nº 4} + 18}{\text{Casilla nº 19}} \times 100$$

Este índice ha de disminuir tendiendo a cero.

17. Índice de la reducción de costes de Mantenimiento (apartado n.' 17). Expresa la relación entre el índice de extensión del Mantenimiento Preventivo y el índice del coste de Mantenimiento (apartado 15) referido al de la producción, es decir:

$$\text{Índice General} = \frac{\text{Apartado 7}}{\text{Apartado 15}}$$

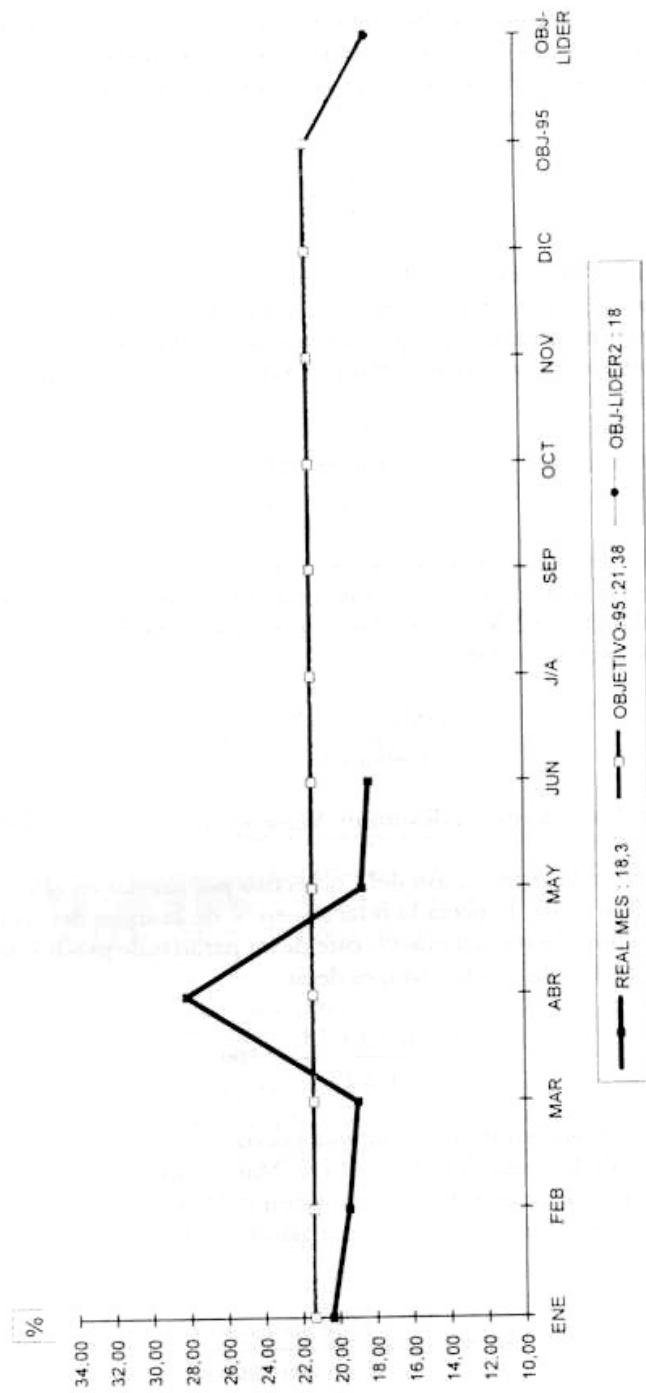


Figura X-9. Índice de costes de mantenimiento referidos a producción

$$\text{Índice sobre actividad de Mantenimiento} = \frac{\text{Apartado 8}}{\text{Apartado 15}}$$

Este índice debe aumentar, lo cual indica que debe disminuir el denominador (índice del coste del mantenimiento referido al de Producción), es decir, que si se extiende el Mantenimiento Preventivo (aumenta el numerador) los resultados de éste deben hacer disminuir el Coste del Mantenimiento.

En el momento en que este coste aumentara, hay que cortar la extensión del Mantenimiento Preventivo y revisar lo realizado para mejorarlo y optimizarlo. 18. Índice del coste - hora del Mantenimiento referido a la Producción (apartado 18). Expresa la relación entre el coste total del mantenimiento por correctivo de averías y preventivo, y las horas de presencia de la producción, es decir:

$$\frac{\text{casilla 11}}{\text{casilla 16}}$$

y su resultado es el coste – hora de presencia de la mano de obra directa de producción en cuanto a coste de mantenimiento se refiere.

Este valor debe disminuir, o al menos mantenerse, y puede servir de base para la confección de presupuestos anuales de mantenimiento por centro o línea de producción.

Resumen anual de costes de mantenimiento por máquinas - equipos de producción

En la figura X-10 se muestra un ejemplo de control resumido de costes de mantenimiento por máquina o instalación. Los datos que figuran en la figura se obtienen todos ellos de las fichas de vida o históricos de máquina.

Este resumen nos puede ayudar a encontrar, por jerarquización, las máquinas o instalaciones con mayores costes de mantenimiento y mayor número de horas de parada. Nuestro trabajo consistirá en estudiar a fondo los problemas de dichas máquinas, de acuerdo a los métodos de análisis que hemos presentado en capítulos anteriores, con idea de mejorar los costes, así como optimizar su Mantenimiento Preventivo de acuerdo con las intervenciones realizadas por Mantenimiento Correctivo en las mismas.

Control de costes de mantenimiento

Si el índice de paradas y disfuncionamientos de un sistema o equipo de producción no es el deseado y los costes de mantenimiento se disparan, debemos actuar, facilitando una mayor rapidez de acción sobre:

a) El uso o utilización del sistema, creando normas, instrucciones, etc., a través de los técnicos, de mantenimiento.

b) El proyecto, efectuando estudios de mejora y modificaciones.

Los repuestos, en cantidad, y calidad, efectuando una normalización y homologación de los mismos, así como una eficaz gestión.

d) Las horas – hombre, facilitando la accesibilidad y dotando a los equipos de mejores útiles, así como optimizando el mantenimiento preventivo.

Por otra parte, podemos actuar también:

- sobre el uso:

- mejorando la vigilancia a través del automantenimiento,
- respetando los estándares,
- manteniendo el estado de referencia;

- sobre las horas - hombre:

- completando y mejorando la formación de la plantilla;

- sobre la propia organización:

- programación de gamas, etc.

Control de las instalaciones

El órgano de este control se debe ocupar de registrar:

1. Las averías y reparaciones efectuadas en cada equipo.
2. Los cambios y revisiones de Mantenimiento Preventivo realizados.
3. Analizar estos datos para corregir las frecuencias previstas en los programas de Mantenimiento Preventivo.

Este órgano de control debe estar en estrecho contacto con los órganos de Estudios, responsables de los estudios técnicos de Gamas y Fichas de Mantenimiento Preventivo, así como con los órganos de Planificación del Mantenimiento.

Capítulo 6

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) como herramienta practica en un proyecto de mantenimiento industrial hacia la excelencia

EVOLUCIÓN HACIA EL TPM

Es indudable que el mantenimiento de estándares normas - procedimientos y gamas sobre [procesos] automatizados se presenta complejo, pues es difícil progresar, por ejemplo, en el tiempo de utilización de los equipos y en su capacidad de producción para fabricar productos de acuerdo a especificaciones cuando solo se depende del mantenimiento realizado por personal especializado, dado que es prácticamente imposible atender todas las tareas originadas por un número tan elevado de paradas - incidencias, surgidas en los automatismos y en las SM de este tipo de <<procesos>>, sin una organización capaz de tener una gran reactividad y preparación.

DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DEL TPM

Antes de nada, es preciso apropiarnos del concepto del mantenimiento total o global d e un proceso. Este concepto, como ya señalamos en el capítulo I, podemos definirle como:

«conjunto de disposiciones técnicas - medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas - instalaciones y organización que conforman un "proceso básico " o línea de producción, pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua»

En este contexto, el TPM asume el reto de cero fallos, cero incidencias, cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso, permitiendo reducir costes y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora.

El TPM tiene, así pues, como acción principal:

«cuidar explotar los sistemas y procesos básicos productivos, manteniéndoles en su "estado de referencia y aplicando sobre ellos la mejora continua»

Podemos definir como estado de referencia aquel en que el equipo de producción puede proporcionar su mayor rendimiento en función de su concepción y de la situación actual cara a la evolución del producto a elaborar o transformar.

Por tanto, para asegurar el mantenimiento del estado de referencia se trata de vigilar, con un buen mantenimiento preventivo total, la situación de referencia de los equipos productivos en cuanto a:

- tiempo de ciclo,
- parámetros de proceso (soldadura-temperatura, etc.),
- parámetros de engrase (tipos de aceite-niveles, etc.),
- parámetros de reglaje de útiles-herramientas-calibres, etc.),
- parámetros eléctricos,
- parámetros de calidad,
- parámetros mecánicos (ajustes ruidos, etc.),
- parámetros hidráulicos (presiones-niveles, etc.),
- etc.

En caso de desviación de la situación de referencia las consignas de actuación deben precisar:

- la intervención que debe hacer el operador de fabricación,
- la forma de actuar ante un difícil diagnóstico para ser ayudado por profesionales o técnicos de mantenimiento.

Según esto, podemos apreciar que el TPM es el mantenimiento de estándares y la búsqueda permanente de la mejora de los mismos para mejorar los <<performances>> o comportamientos técnicos de un proceso, a través de una implicación concreta y una participación diaria de todas las funciones de la organización, en particular de todas las relacionadas con el proceso productivo.

El objetivo principal del TPM es así la <<mejora continua>> del rendimiento operacional de todos los procesos y sistemas de producción, sea cual sea su nivel de <<performances>> técnicos, a través de la dinámica de los grupos de formación. Los objetivos que podemos derivar de este principal son:

1. Conseguir el rendimiento operacional (Ro) óptimo de los equipos de producción con la participación de todos, o lo que es lo mismo: cuidar y explotar los equipos con un sentido de máxima disponibilidad de los mismos. Esto lo podemos conseguir con estas dos herramientas:

a) Desarrollo del automantenimiento integrado en la fabricación para mantener los estándares o estados de referencia.

b) Desarrollo de la mejora continua de los estándares por la aportación de ideas para mejorar el estado de referencia por la evolución de los aprendizajes.

2. Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos para eliminar fallos esporádicos o aleatorios y fallos crónicos, así como para asegurar la calidad de los productos y mejorar la productividad.

3. Tomar estadística a través de la experiencia adquirida en las actividades TPM que ayuden, tanto al utilizador como al responsable de adquirir nuevos equipos y a los

constructores de los mismos, mejorando diseños y haciendo puestas a punto mas económicas desde el punto de vista del mantenimiento total.

4. Formar a agentes técnicos y operadores de líneas de fabricación para que conozcan bien las instalaciones.

Para conseguir estos objetivos hemos de lograr un cambio de visión del mantenimiento clásico, de las personas y de los puestos y organización de un proceso (véase figura XI-1) que nos conduzca a cero fallos-averías-defectos-accidentes.

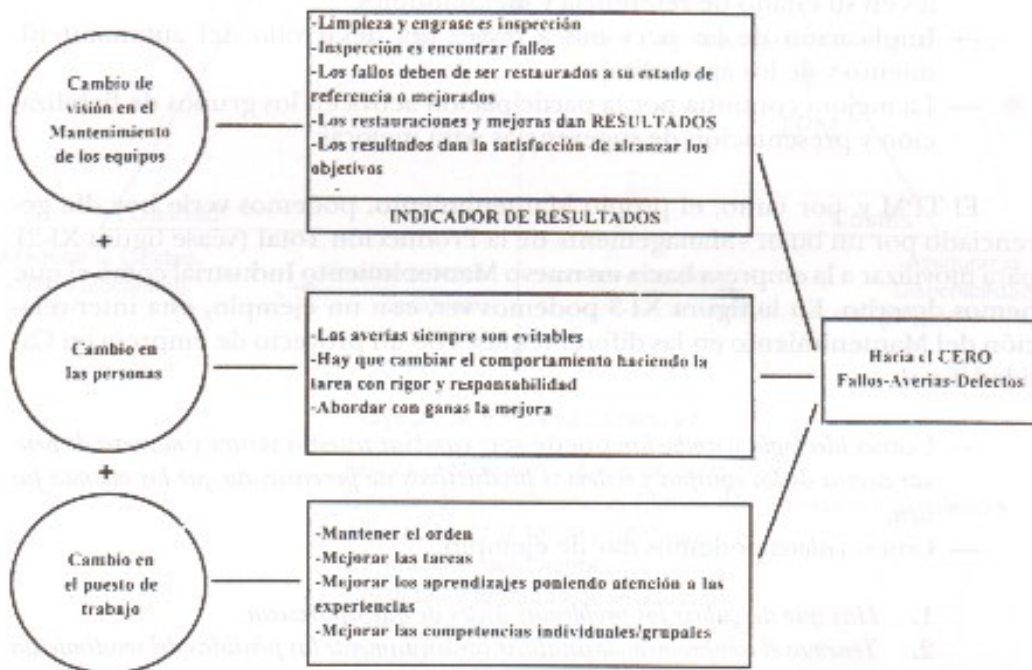


Figura XI-1. Objetivos del TPM

CARACTERÍSTICAS DEL TPM COMO HERRAMIENTA PRACTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN UN PROYECTO DE EMPRESA DE CALIDAD TOTAL

En un proyecto de Calidad Total el TPM asume la mejora sobre los tres ejes básicos de la calidad total:

- Calidad de producto: por mantener el estado de referencia y dominar los procesos.
- Costes: por la organización puesta en marcha para la explotación y el mantenimiento de los procesos.
- Plazos: por la fiabilización del funcionamiento de las líneas en todos los aspectos, permitiendo fabricar en justo a tiempo y, por tanto, reducir plazos y stocks.

Asimismo, el TPM asume los cuatro principios fundamentales de la calidad total

- Satisfacción del cliente por la mejora en los tres ejes de calidad-coste-plazos .
- Dominio de los sistemas de producción y de los procesos, manteniéndoles en su estado de referencia y mejorándoles.
- Implicación de las personas a través del desarrollo del automantenimiento y de los aprendizajes.
- La mejora continua por la participación activa en los grupos de fiabilización y presentación de sugerencias para mejorar.

El TPM y, por tanto, el propio Mantenimiento, podemos verle hoy día gerenciado por un buen <<Management>> de la Producción Total (véase figura XI-2) para movilizar a la empresa hacia un nuevo Mantenimiento Industrial como el que hemos descrito. En la figura XI-3 podemos ver, con un ejemplo, esta inter-relación del Mantenimiento en las diferentes fases de un proyecto de empresa en Calidad Total:

- Como *ideología o ambición* puede ser: *cambiar nuestra visión y manera de pensar acerca de los equipos y sistemas productivos no permitiendo que los mismos fallen.*
- Como valores podemos dar de ejemplo:
 1. *Hay que descubrir los problemas antes de que aparezcan.*
 2. *Tenemos el compromiso de analizar continuamente las pérdidas del rendimiento operacional.*
 3. *Trabajar con sentido común y con los 5 sentidos para mantener el estado de referencia de los equipos.*
 4. *Mejorar tomando medidas urgentes.*
 5. *Decidimos juntos correctamente y producimos bien.*

Como ejes estratégicos de la Dirección podemos citar:

1. *Mejora del rendimiento operacional de los procesos.*
2. *Mejora de la productividad.*

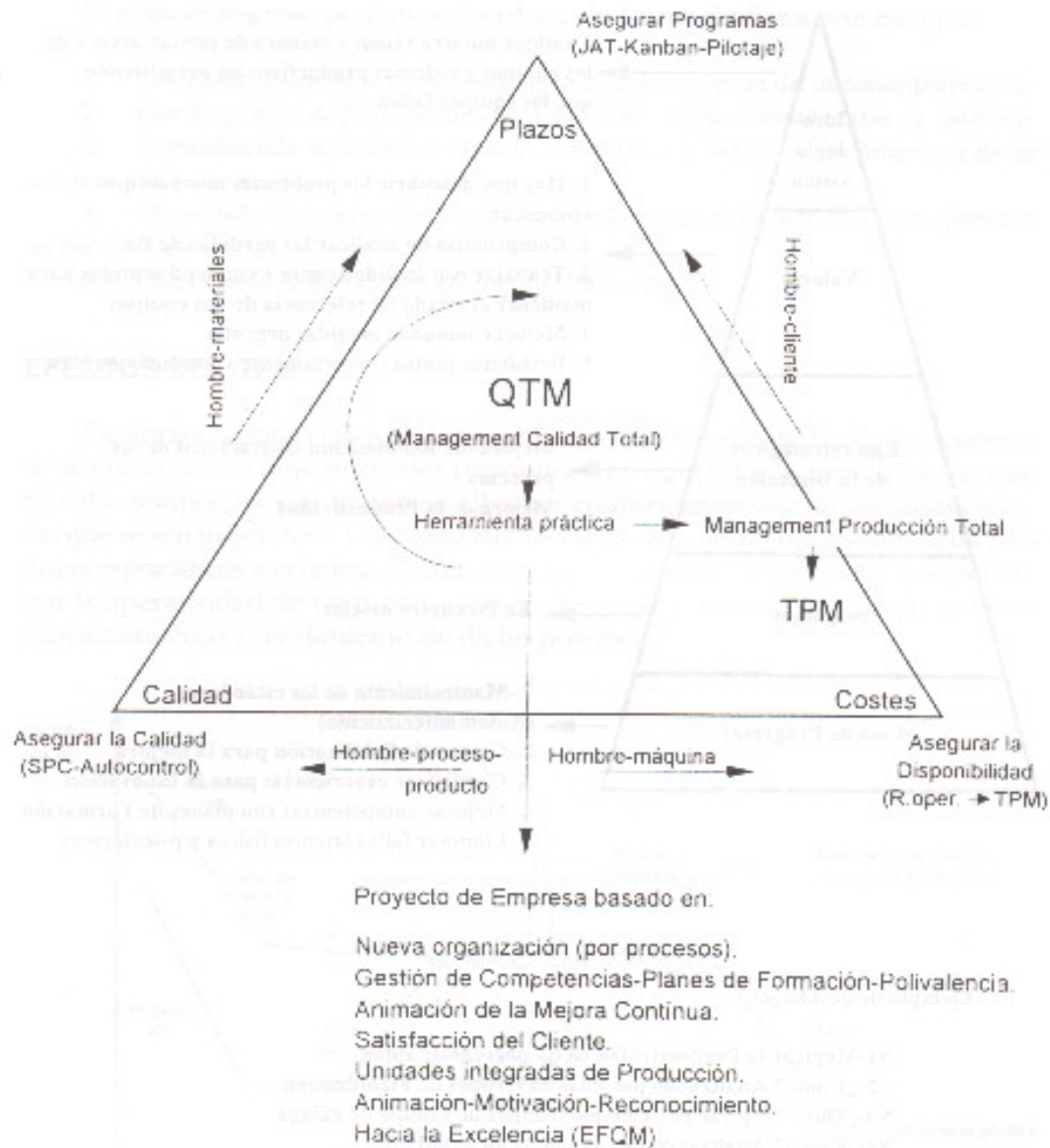
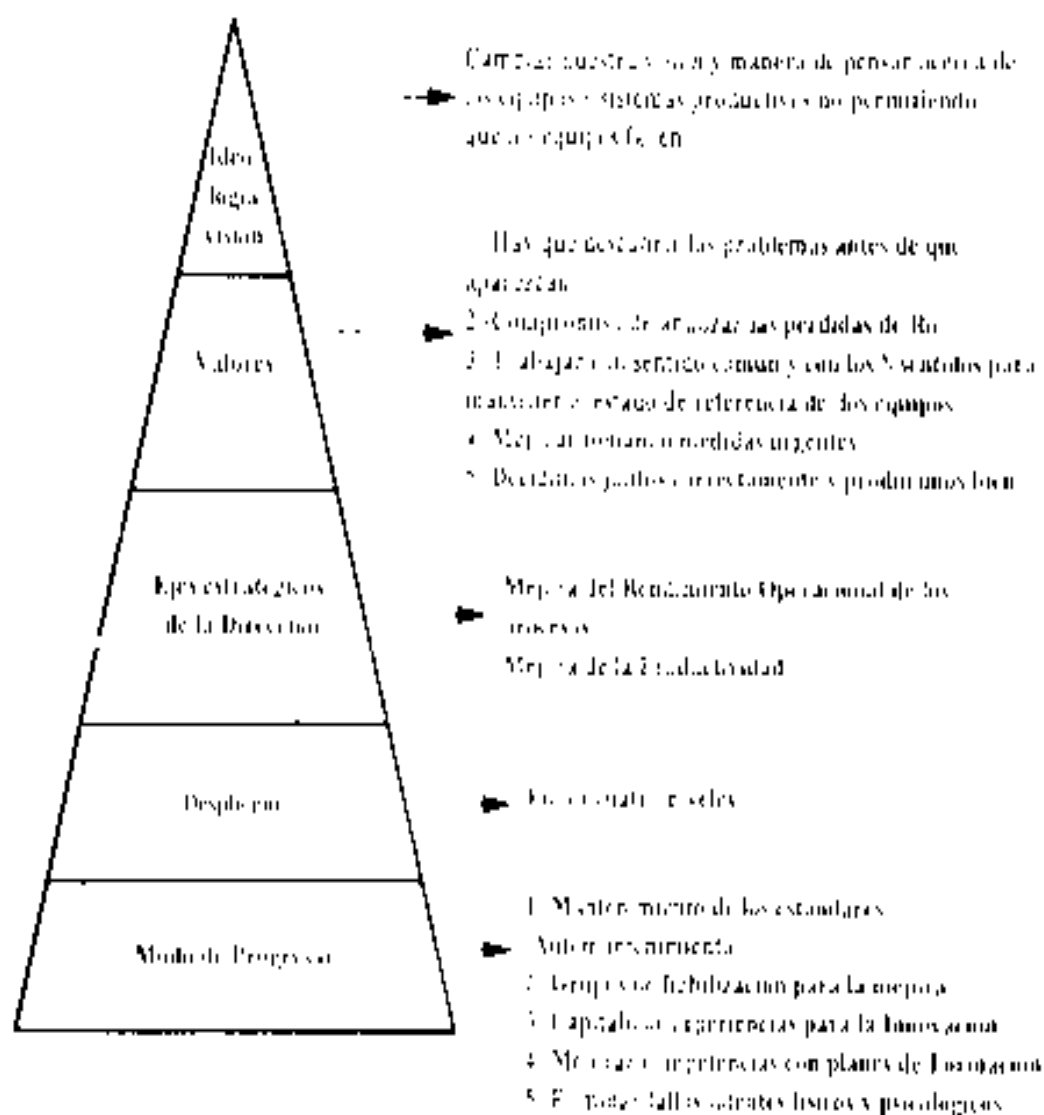


Figura XI-2. Proyecto de dirección total de la fabricación

El despliegue lo podemos realizar en los cuatro niveles ya reseridados. Ejemplo:

- N1: mejorar la productividad en un % anual.
- N2: ¿cómo? Analizando perdidas de Ro en grupos de fiabilización.
- N3: ¿qué? Mejorar, por ejemplo, tiempos de cambios de ráfagas
- N4: ¿cómo? Analizando tareas con técnicas SMED.



Ejemplo de despliegue

- N1: Mejorar la Productividad en un porcentaje anual
- N2: ¿Cómo? Analizando pérdidas en Grupos de Fertilización
- N3: ¿Qué? Mejorar y reducir los tiempos de cambio de calada
- N4: ¿Cómo? Analizando tareas con técnicas SMED

Cada área funcional debe adoptar 200+ TPM

Cada nivel jerárquico debe tener 200+ TPM

Figura XI-3 Características del TPM como proyecto en un contexto de calidad total

El modo de progresar podemos abordarle de forma similar a este ejemplo:

1. *Con el mantenimiento de estándares por aplicación eficaz del automantenimiento.*
2. *Con los grupos de fiabilización para eliminar disfuncionamientos y mejorar*
3. *Capitalizando experiencias para la innovación y mejora de los procesos y de los sistemas productivos.*
4. *Mejorando las competencias con planes adecuados de formación y autoaprendizajes por las experiencias.*
5. *Eliminando fallos latentes (físicos y psicológicos).*

EFFECTOS DEL TPM

En organizaciones clásicas, los problemas de pérdidas de Ro de los sistemas se ven unas veces como normales (maquina-1 en figura X14), otras se opina que ha sido siempre así. por lo que en ellas hay conformismo con las pérdidas crónicas que se ven inevitables. El TPM pretende eliminar, por mejora continua, las pérdidas esporádicas y crónicas, analizando las seis grandes incidencias que penalizan la operatividad de un proceso básico. Es decir, pretende conseguir un buen funcionamiento y rendimiento de dicho proceso.

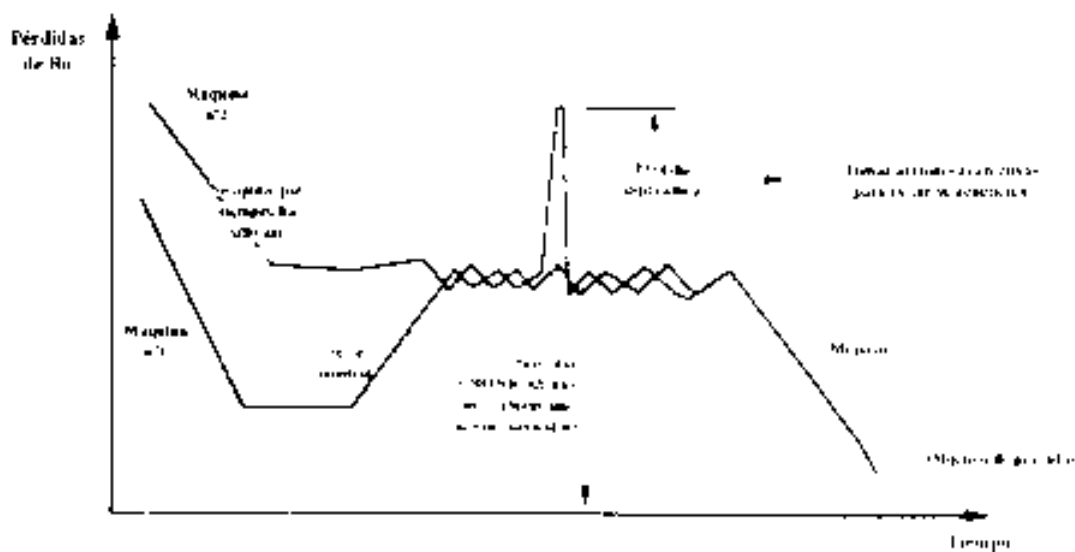


Figura XI-4. Pérdidas esporádicas aleatorias y pérdidas crónicas de rendimiento operacional

Estas pérdidas son (figura XI-5):

- averías del sistema,
- preparaciones y reglajes de todo tipo,

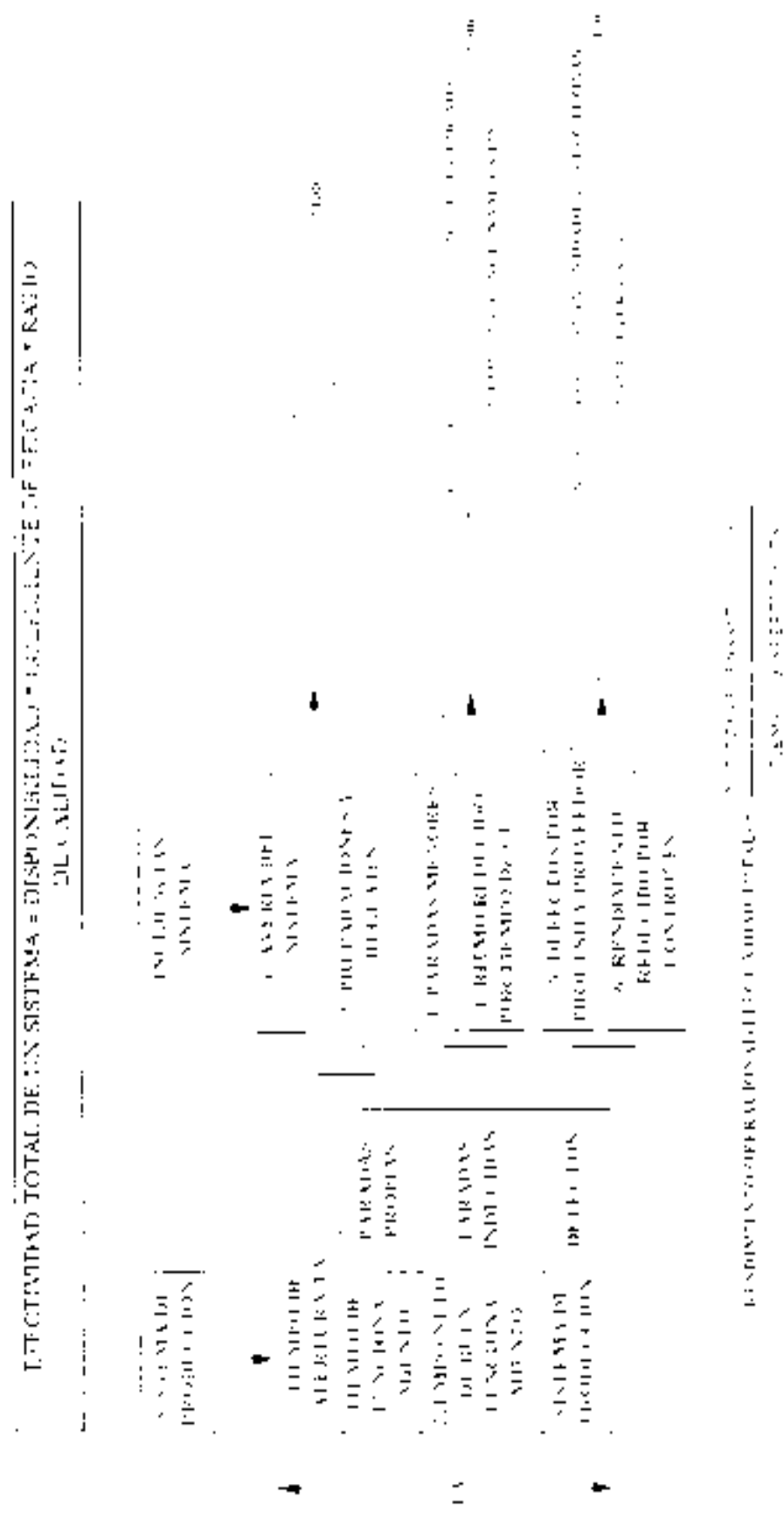


Figura XI-3. Electividad total de un sistema

- falta de piezas y otras incidencias de corta duración,
- ritmo reducido por diferencia entre las condiciones previstas y las reales (tiempos de ciclo, etc.),
- defectos en el proceso (internos y de proveedores de material procesado),
- rendimiento reducido entre el comienzo de la producción y la estabilidad de esta tras un arranque-ajuste-reglaje-reparación (controles para asegurar calidad).

El TPM consigue la efectividad del sistema combinando la disponibilidad el coeficiente de eficiencia y la tasa de calidad bajo la expresión:

$$\text{Efectividad total (Ro)} = \text{Dp} \times \text{Coef. ef.} \times \text{Tasa calidad.}$$

NECESIDADES Y PILARES BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DEL TPM

El TPM tiene como pilares básicos en su edificio central:

- a) el mantenimiento programado,
- b) la ingeniería del mantenimiento,
- c) los grupos de fiabilización,
- d) la mejora técnica a través de planes de formación

y esta sustentado en los costados por otros dos edificios:

- a) el automantenimiento (mantenimiento de estándares),
- b) la mejora individual cotidiana (ideas-sugerencias).

De estos pilares básicos podemos deducir las necesidades para desarrollar con éxito el TPM:

- a) Es necesario implantar nuevas organizaciones en las funciones de fabricación, mantenimiento y calidad para facilitar un desarrollo eficaz.
- b) Es necesario desarrollar un sistema de Mantenimiento Preventivo para la vida de los equipos, bien estructurado (véase figura XI-6) y optimizando su efectividad permanentemente.
- c) Es necesario promover en la compañía la idea de que el mantenimiento es << tarea de todos >> y activar el trabajo bien hecho a través de la motivación y la preparación individual.
- d) Es necesario potenciar los grupos de trabajo y dirigirles hacia la participación a la mejora a través de sugerencias.

En el desarrollo del TPM es muy importante mantener el ~<rigor en los siguientes aspectos:

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

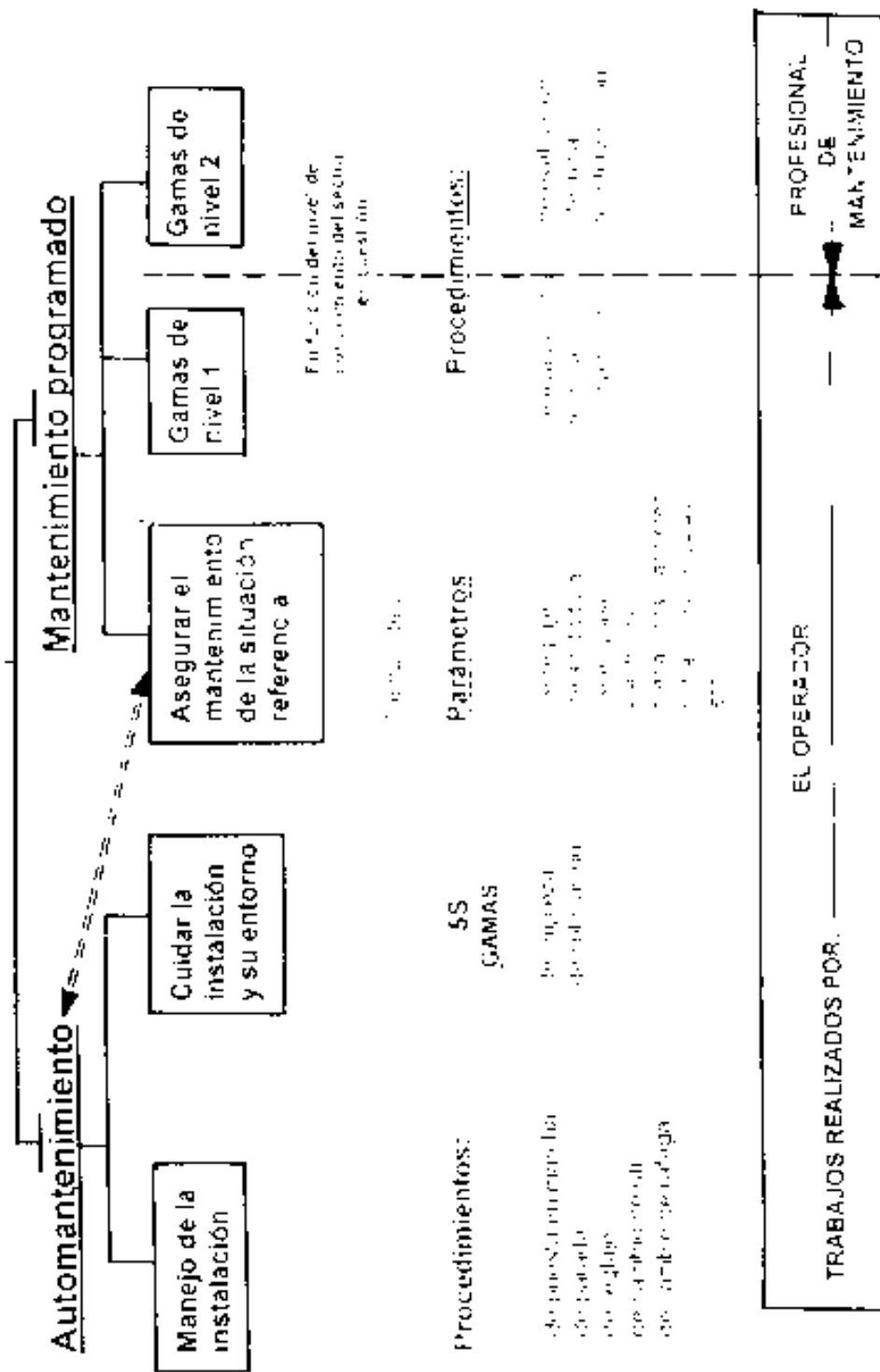


Figura X1-6 El TPM dentro del Mantenimiento Productivo Total

- en la formalización permanente de las decisiones tomadas en los grupos de fiabilización,
- en la toma de datos y el seguimiento de los indicadores de costes y de progreso y sus resultados,
- en el ritmo y programación del proyecto una vez definido un programa de trabajo concreto,
- en la realización de las tareas de automantenimiento y mantenimiento programado para mantener los estándares y estados de referencia por parte de operarios de fabricación y profesionales de mantenimiento,
- en atender y aplicar, si procede, con la mayor rapidez las sugerencias presentadas por la participación activa de toda la organización,
- en la innovación o aportes técnicos a través de pequeñas inversiones que garanticen la solución de los problemas no cotidianos, y que ayuden a situar a los sistemas de producción en su estado de referencia permanentemente.

En mi experiencia, y una vez tomada la decisión de implantar el TPM en el año 1990 como herramienta practica del desarrollo del Proyecto de Empresa, los pasos o etapas intermedias, básicas para su aplicación, fueron las siguientes:

- Extender a todos los niveles del Mantenimiento los conceptos teorico-practicos de fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y rendimiento operacional, para disponer de un lenguaje común.
- Promover el interés por estos conceptos entre toda la estructura de la empresa, en particular en la fabricación, extendiendo la idea de que el concepto de mantenimiento es GLOBAL y se requiere la aportación de todos. Cada área funcional debe aportar algo al TPM. Cada nivel jerárquico debe aportar algo al TPM, pues el mantenimiento total es tarea de todos.
- Crear grupos de trabajo de análisis de problemas, practicando métodos de resolución de problemas, identificando maquinas cuello-botella en los procesos a través de simulaciones con sistemas informáticos.
- Extender a todos los procesos (sobre todo a las líneas productivas) la aplicación automática de toma de datos, si así es posible, para facilitar el seguimiento e incidencias (GMAO).
- Ensayar la aplicación de las actividades TPM sobre un proceso piloto facilitador, creando sobre el nuevas organizaciones similares a las descritas en esta obra.
- Extender la aplicación y desarrollo del TPM en toda la organización, buscando su <<sentido practico>> y creando la estructura de pilotaje en base a sus principales actividades (véase ejemplo en figura XI-7) en la que participaran técnicos expertos en las funciones de métodos-fabricación y mantenimiento, bien preparados para animarla acción con entusiasmo.
- Informatizar la gestión y el control de los costes de mantenimiento y de la producción.

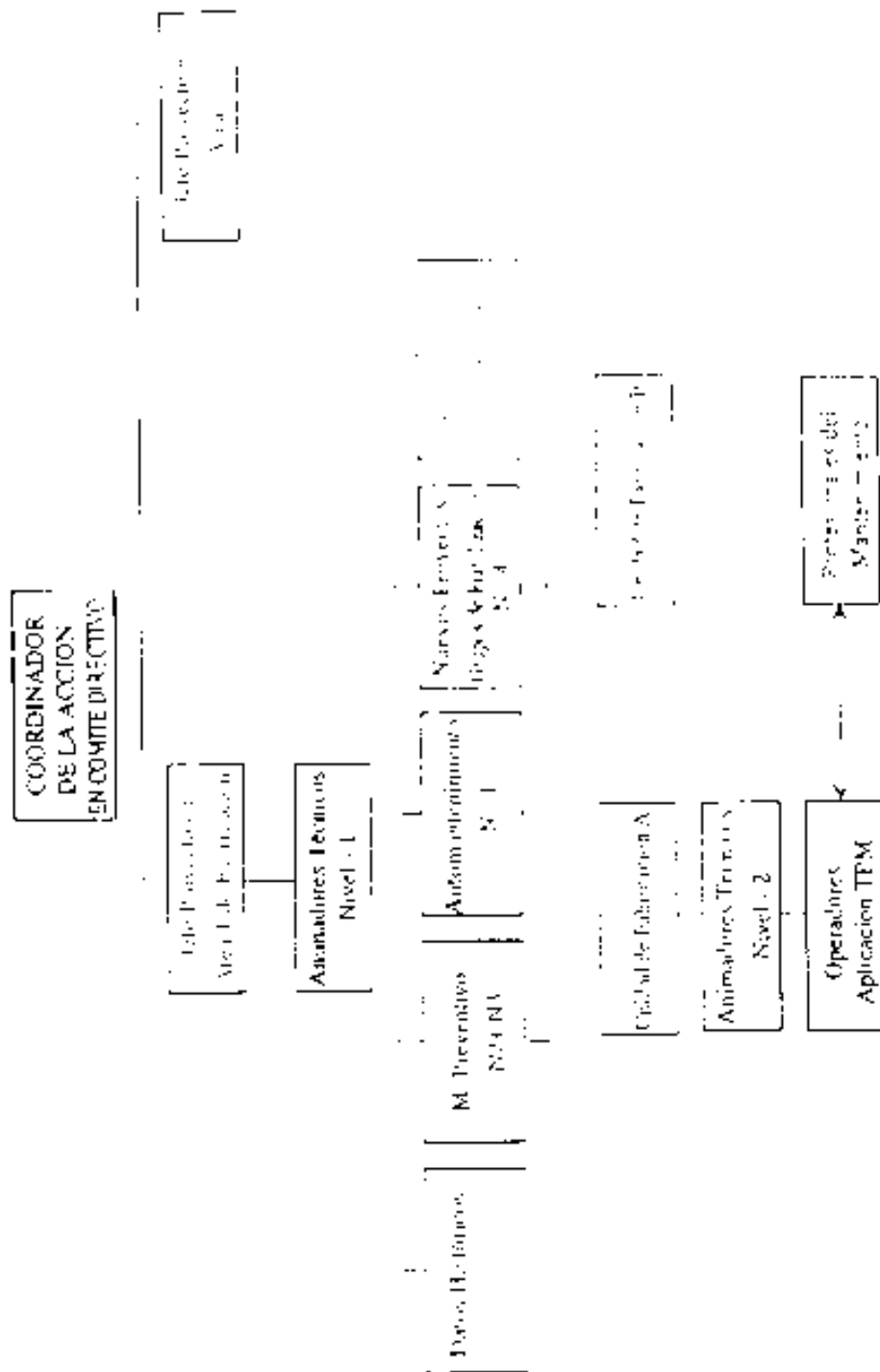


Figura XI-7. Actividades del TPM

- Optimizar la organización de la gestión de Documentación Técnica y de Recambios llevándola al terreno siempre que sea posible.
- Desarrollo de planes de formación específicos a todos los niveles de la organización.

PROGRAMA DE DESARROLLO DEL TPM Y PRINCIPALES ACTIVIDADES

Es necesario decir que el programa y planificación para desarrollar un proyecto TPM en una industria debe ser el apropiado para el tipo de actividad, equipos de producción en cuanto a tipo y estado, así como los problemas que se desean afrontar. Son necesarios unos 5 años para implantarlo y desarrollarlo y la llave del éxito está en el <<rigor de su aplicación>>.

El arranque y desarrollo del programa se hará más difícil y lento si antes no hemos preparado el camino en etapas previas similares a las descritas en el apartado anterior y que nos pueden durar de 6 a 12 meses. Mi experiencia en cuanto al desarrollo del programa TPM se basa en las 12 etapas hoy día aceptadas casi universalmente (véase cuadro de las 12 etapas en figura X18), haciéndole coherente con el proyecto de empresa en Calidad Total y el plan de progreso anual desplegado desde la dirección.

Si examinamos las 12 etapas del cuadro, podemos observar que existen 5 actividades que aseguran el desarrollo del TPM a nivel práctico y para las que necesitamos encontrar entusiastas y eficaces animadores de la acción si queremos tener éxito en la aplicación, preparando una estructura de pilotaje similar a la representada en la figura XI-7). Estas actividades son las siguientes:

1. Toma de datos históricos

Es necesario disponer de un banco de datos en tiempo real para conocer, en cada equipo, todo tipo de disfuncionamientos a través de los indicadores desplegados en cada nivel y que como principales son:

- la fiabilidad,
- la mantenibilidad,
- la disponibilidad,
- el rendimiento operacional,

para obtener su evolución como acción de una mejora continua, identificando las causas de los motivos de dichos disfuncionamientos.

	ETAPAS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1. DECISION DE LA DIRECCIÓN DE APLICAR EL T.P.M. EN LA ORGANIZACIÓN	COMITÉ DE DIRECCIÓN REVISTA DE EMPRESA
	2. CAMPAÑA DE INFORMACIÓN TÉCNICA	SEMINARIOS REUNIONES
	3. ESTRUCTURA DE PROMOCIÓN T.P.M.	COMISIONES AN MAJORES GRUPOS DE TRABAJO
	4. INDICADORES DE PROGRESO T.P.M. BANCO DE DATOS TÉCNICOS ORGANIZACIONALES	VALORES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS ENCUESTAS DE LA ORGANIZACIÓN
	5. REDACCIÓN DE UN PLAN T.P.M. LINEAS DE ACCIÓN OBJETIVOS	ORGANIZACIÓN GLOBAL Y DE TALLADA PLANIFICACIÓN
DESARROLLO	6. LANZAMIENTO	DATOS DE PARTIDA PRESENTACIÓN PLAN T.P.M. ASPECTOS FORMALES DESARROLLO DE LAS TON
	7. MEJORA DEL R.O. DE CADA MAQUINA	ANÁLISIS DE DISFUNCIONAMIENTOS MAQUINARIAS GRUPOS DE FIABILIZACIÓN
	8. DESARROLLO DEL AUTOMANTENIMIENTO	GESTIÓN ESPECÍFICA FORMACIÓN GAMAS/NIVELES
	9. DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO	MEJORA DE LA GESTIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO GAMAS/NIVELES FORMACIÓN
OPTIMIZACIÓN	10. FORMACIÓN DEL EQUIPO HUMANO EN LOS MÉTODOS Y EXPERIENCIAS DEL MANTENIMIENTO GLOBAL	ENTREVISTAS-EVALUACIÓN COMPETENCIAS CONTRATO DE FORMACIÓN-STAGES POLIVALENCIA
	11. INTEGRAR EL T.P.M. EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN Y DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS	MEMORIA DE LA F.M.O. PARTICIPAR EN FASES DE UN PROYECTO DE EQUIPO NUEVO DOCUMENTACIÓN TÉCNICA FIABILIZACIÓN
	12. CERTIFICAR LA APLICACIÓN T.P.M.	AUDITAR-OFFINER NUEVOS OBJETIVOS FORMACIÓN

Figura XI-8. Las doce etapas de un programa TPM

2. **Optimización del plan de mantenimiento preventivo total (véase figura XI-9)**

El mantenimiento preventivo total (TPM) es el resultado de la actividad TPM, paso 4.

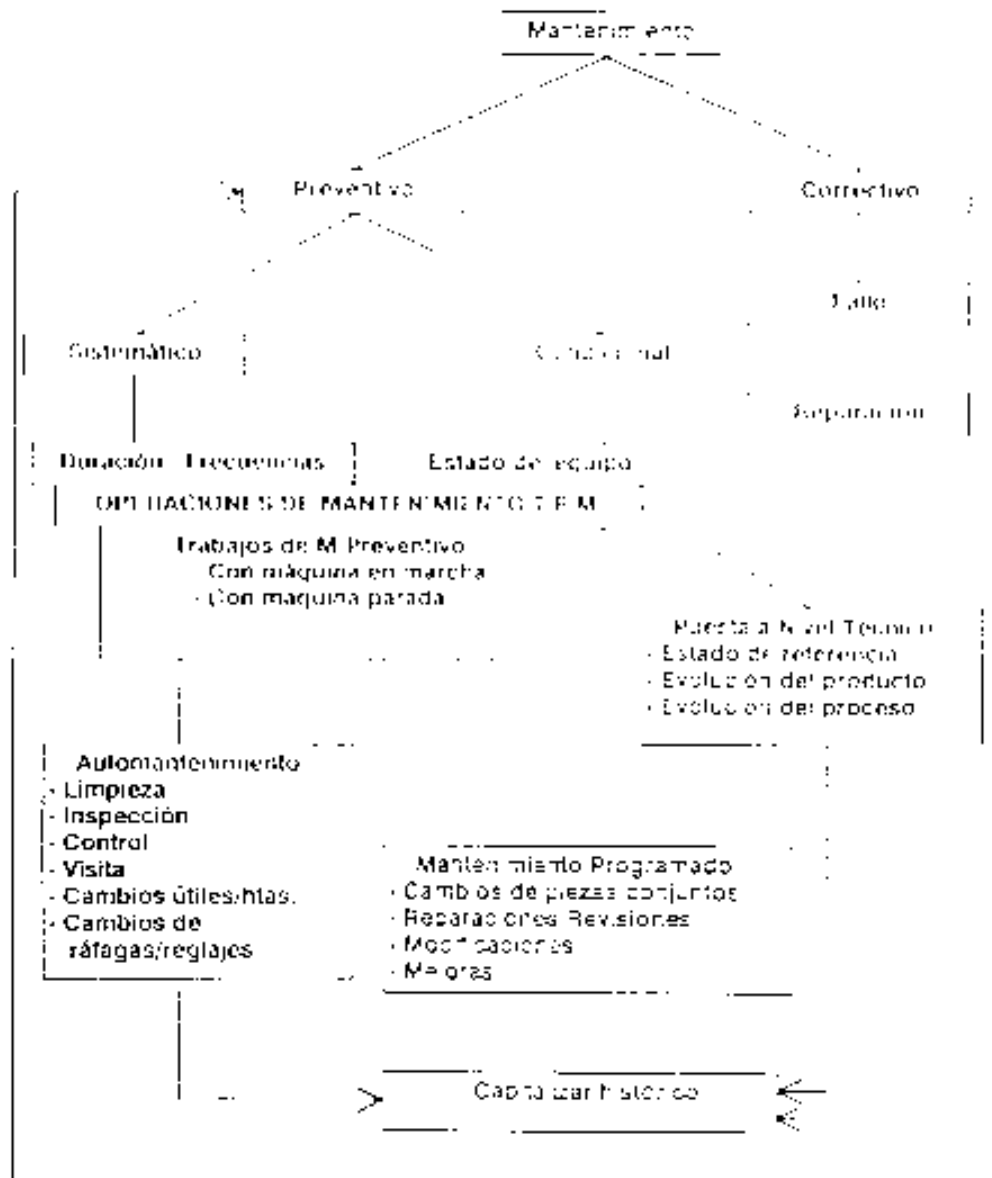


Figura XI-9. Reacción de las operaciones de mantenimiento sobre los conceptos de mantenimiento en el proceso TPM

- Prevención cotidiana elemental, sistemática y condicional, a realizar por los operadores de fabricación en Nivel.
- Diagnostico sobre inspecciones periódicas programadas a realizar, en una primera etapa, por los profesionales de los servicios de mantenimiento y en una segunda etapa por fabricación. Esta intervención correspondería a niveles 2-3.
- Mantenimiento preventivo no programado, de restauración, con intervenciones para corregir deficiencias encontradas en las inspecciones programadas realizadas.

Este plan ha de ir acompañado de una optimización permanente de gamas y de su seguimiento para asegurarnos de su realización.

3. Automantenimiento

Esta actividad es básica en un programa TPM y consiste, como ya hemos visto, en asignar tareas elementales de <<mantenimiento>>, en su sentido global o lo mas amplio posible, a los operadores de fabricación.

Para ello hemos de preparar el entorno de Fabricación de acuerdo a un plan estratégico similar a este:

- a) Identificar las tareas a pasar a fabricación de forma progresiva.
- b) Creación de gamas de mantenimiento global de niveles 1-2-3.
- c) Campana de información y mentalización para operadores de fabricación y profesionales de mantenimiento, así como para técnicos de procesos-calidad y mantenimiento a los que les cambia su rol de manera significativa.
- d) Formación específica hacia el mantenimiento espontaneo y elemental.
- e) Creación de una ficha de automantenimiento sobre la que se reflejan las operaciones elementales a realizar por los operadores de fabricación.
- f) Aplicación progresiva con ayuda de profesionales y técnicos de mantenimiento procesos y calidad.
- g) Seguimiento y control de las actividades y tareas realizadas por los operadores, recogiendo todo tipo de informaciones y sugerencias con el fin de optimizar las fichas y gamas permanentemente.
- h) Creación de fichas de mantenimiento programado sobre las que se reflejan las operaciones planificadas a realizar por los profesionales de mantenimiento.

4. Grupos de fiabilización y de participación en nuevos proyectos

Ya nos hemos referido con cierto detalle a la preparación y animación de estos grupos de fiabilización. Vamos a añadir en este apartado que la actividad TPM requiere crear una estructura técnica que represente a la fabricación y al mantenimiento en nuevos proyectos de equipos de producción, participando en las diferentes fases del ciclo de vida como ya hemos señalado en los capítulos anteriores.

5. Formación y gestión de competencias

Esta es una de las principales actividades del desarrollo del TPM. En este contexto, podemos definir como formación:

toda actividad orientada a mejorar la competencia de las personas en el desempeño de su función para que aumente la calidad de sus tareas, ya que, como dice Kaoru Ishikawa, la calidad comienza y termina con la formación.

En nuestro caso, el proceso de un plan de formación ha de estar basado en:

1. Adecuar nuestras actitudes personales hacia un nuevo Mantenimiento Industrial y una nueva cultura de empresa.
2. Atender necesidades concretas de todos los empleados para lograr un perfeccionamiento profesional sobre el puesto de trabajo.

Hoy día, todo plan de formación ha de elaborarse para mejorar y mantener el capital de competencias. Una empresa líder y cualificante no se limita a elaborar un buen plan de formación, sino que además le aplica y le mantiene en el puesto de trabajo. Todo lo demás sería un despilfarro.

Pero, ¿en qué medida esta formación es eficaz? ¿Adquieren realmente los empleados las capacidades y habilidades necesarias para desempeñar mejor y con mas calidad sus tareas?. ¿Tras la formación teórica en las competencias que requiere cada puesto, aseguramos que se adquiere el entrenamiento y la practica de los conocimientos adquiridos?

Nada mejor que efectuar encuestas y sondeos periódicos para evaluar los resultados y opiniones sobre los planes de formación. De cualquier} forma, es preciso tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las personas deben estar convencidas de la necesidad de formarse en el puesto para desempeñar nuevas tareas, destacando en estas las relacionadas con el mantenimiento.
- La formación es tanto mas eficaz cuanto antes se aplica a la tarea diaria.
- Es necesario para implantar la mejora incorporar las capacidades individuales (aprendizajes).
- Es necesario crear un clima de aprendizaje sobre el terreno logrando que el hombre se adapte a situaciones cambiantes.
- Hemos de lograr que cada empleado se sienta dueño del proceso de trabajo a el asignado.

El análisis y gestión de competencias es un modelo de gestión de recursos humanos basado en el análisis de conductas observables y evaluables. En la empresa podemos definir a la competencia como:

algo específico a desarrollar por un empleado y que puede ser observado y evaluado en el desempeño de la tarea y en sus resultados.

La implantación de una organización cualificante, en continuo aprendizaje, donde debe destacar la animación y la autonomía en la gestión de los recursos humanos y el trabajo en grupo y la polivalencia entre los miembros de las unidades de producción y

de servicios prestatarios, nos lleva a modificar comportamientos y actitudes tradicionales en todos los empleados con el fin de llegar a la excelencia en el saber-hacer con autonomía y responsabilidad máximas.

Para llegar a la polivalencia es necesario habituarse a analizar todo tipo de disfuncionamientos, organizar la movilidad de puestos preparando carreras profesionales individuales y habituarse todos al autoaprendizaje, adquiriendo nuevos conocimientos a través de la experiencia sobre el terreno.

EL TPM EN LA GESTIÓN DE LA MEJORA

Una vez visto en que consiste el TPM, estamos preparados para afirmar que implantarle, a través del desarrollo de sus 12 etapas, nos puede llevar a dirigir sobre el terreno un Proyecto de Empresa basado en la Mejora Continua hacia la excelencia (véase figura XI-10), pues nos permite:

1. Decidir una política desde la dirección hacia los talleres (etapa-1) por un diagnostico de la situación en el periodo anterior (etapa-4).
2. Elaborar un plan de mejora y desplegarle hasta las unidades de producción y a los profesionales-técnicos de Mantenimiento (etapas 5-6).
3. Ejecutar el plan en base a los tres ejes básicos de la mejora:
 - a) Innovación (etapa-11)
 - situar a los equipos en estado de referencia,
 - analizar aportes técnicos en situaciones degradadas,
 - estudio de modificaciones,
 - capitalizar experiencias (etapa-11) .
 - b) Mejora continua propiamente dicha (etapa 7-10):
 - fiabilidad todo tipo de disfuncionamiento de los equipos productivos (etapa-7),
 - mejora de las competencias y aprendizajes de los operadores y técnicos (etapa-10),
 - aplicar sugerencias.
 - c) Mantenimiento de estándares (etapas 8-9-10):
 - mantener los estados de referencia de los equipos productivos,
 - realizar el automantenimiento (etapa-8),
 - realizar los planes de mantenimiento programado (etapa-9),
 - aplicar la experiencia y el saber-hacer (etapa-10),
 - dominar los procesos.

Ejemplo: POLÍTICA DE LA DIRECCIÓN hacia los Talleres, Etapa 4

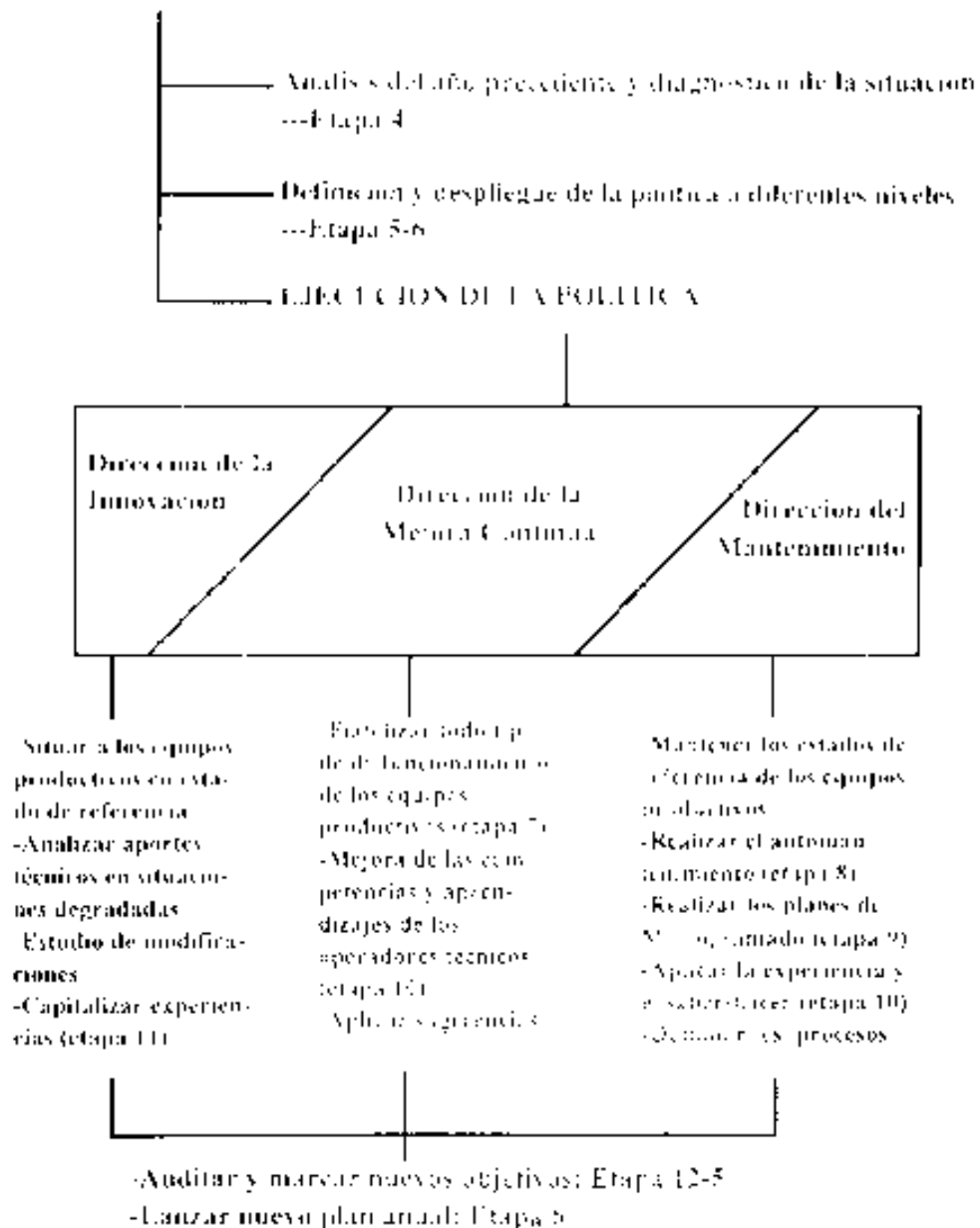


Figura XI-10 El TPM en la gestión de la mejora

4. Controlar y realizar seguimientos a través de auditorías en diferentes niveles desde la dirección (etapa-12).

5. Lanzar un nuevo plan anual con nuevos objetivos (etapas-5-6).

Podemos observar, por tanto, que el TPM es un proceso integrado en el ciclo PDCA:

P = planificar - etapas 1-2-3-4-5-6.

D = ejecutar - etapas 7-8-9-10.

C = controlar - etapa 12.

A = asegurar y mantener - etapas 8-9-11.

Por ultimo, volver a insistir en que el TPM es una herramienta practica del <<Management>> de la Producción Total (véase figura XI-2), de gran ayuda para desarrollar sobre el terreno un Proyecto de Calidad Total (TQM), pues nos facilita el desarrollo continuo del Mantenimiento de la Calidad en su sentido global (figura XII 1)

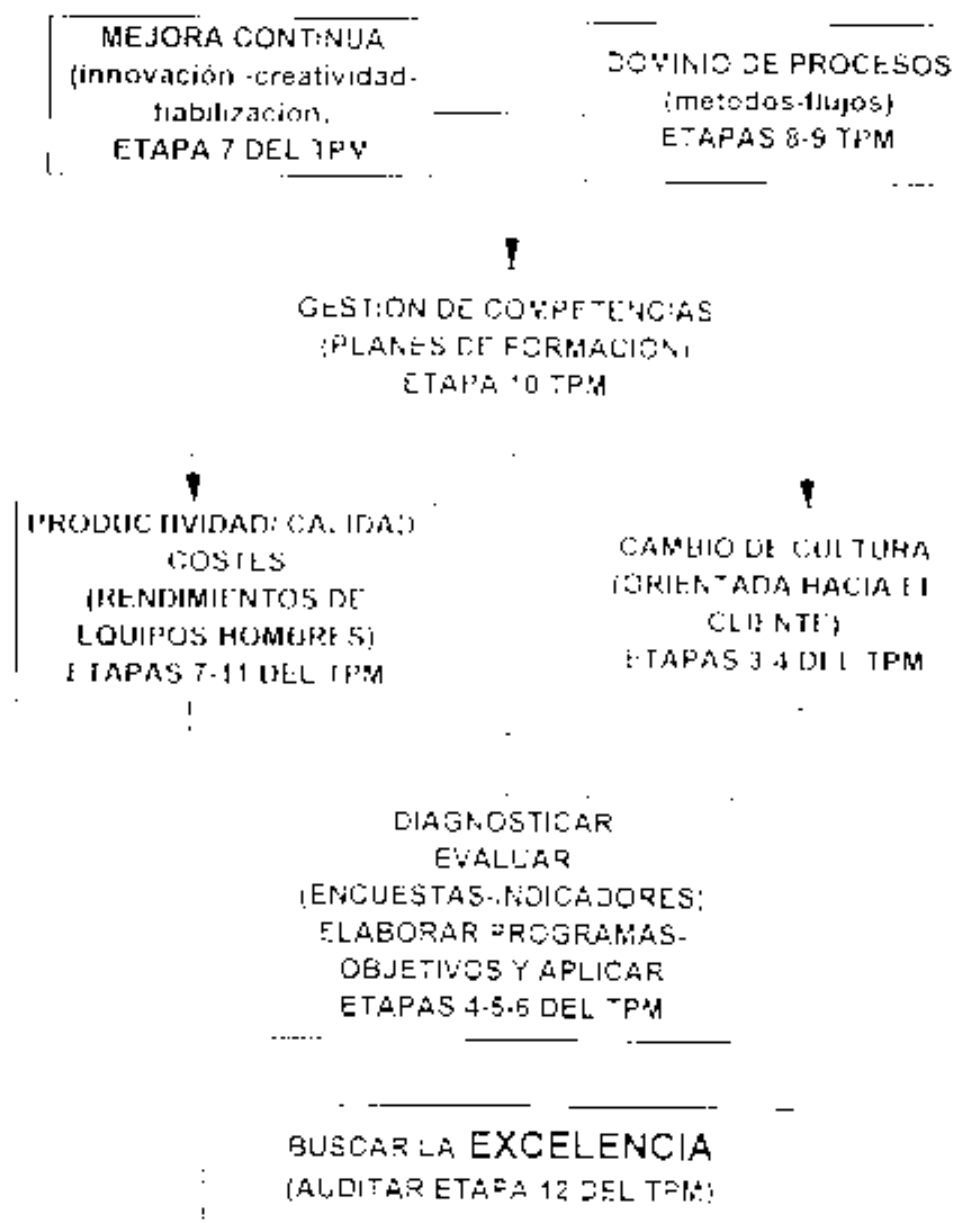


Figura XI-11. El TPM como herramienta práctica y sobre el terreno de la calidad total