



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"CAMPUS ARAGÓN"

28

"SISTEMAS MODERNOS DE  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
Y SU APLICACIÓN"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

RICARDO ISLAS SANCHEZ

PATRICIA MONTAÑO PEÑA

ASESOR:

ING. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD

2000

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO 2000.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, los cuales siempre me han dado lo mejor de ellos y a ellos les debo todo lo que soy. Muchas gracias por todos los sacrificios que hicieron por mi, por los buenos ejemplos, los cuales me hacen sentir admiración, amor y respeto hacia ustedes y gracias también por lo mejor que me pudieron dar: mi educación.

Sr. Margarito Islas García  
Sra. Araceli Sánchez Hinojosa

A mi hermana Araceli, por su apoyo en todo momento.

A mis Abuelos por todo su cariño, comprensión y buen ejemplo.

A todos mis Tíos y Primos, que también me dieron todo el apoyo necesario y que siempre me incitaron a llevar a cabo este trabajo.

A mi asesor, que de forma profesional y desinteresada me dio todo su apoyo y conocimiento, el cual se plasma en esta Tesis. Ing. Federique Jauregui Renaud.

A la familia Montaña Peña y a Daniel, por su apoyo y amistad en las buenas y en las malas.

Al Ing. Juan Ortega Martínez, por su ayuda y consejos en la realización de este trabajo.

También dedico este esfuerzo a una mujer muy especial en mi vida, la cual con su ayuda, comprensión y mucha paciencia hizo posible este trabajo. Con toda mi admiración y Amor para Paty.

Esta Tesis es para y por todos ustedes:

Gracias

RICARDO ISLAS SANCHEZ

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de Tesis es el resultado de la ayuda, comprensión, cariño y dedicación de muchas personas, pero principalmente de mis padres:

Sr. Armando Montaña Ramírez  
Sra. Ma. Luisa Peña Bernal

A los cuales debo todo lo que soy, no solamente por mi formación académica, sino por todo el amor y sacrificios que tuvieron hacia mi, y aunque mi Papá ya no esté con nosotros, estoy segura que se sentiría orgulloso de este trabajo.

Agradezco de igual forma a mis hermanas Mónica y Wendy, que también me motivaron y ayudaron a seguir con esta labor, a mis Tíos, Primos y Abuelos, que desde lejos también me apoyaron.

Muy especialmente a todos mis amigos y sobre todo al Ing. Jorge Padilla de Lira y su familia, a Daniel y absolutamente todos mis amigos que siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

A toda la familia Islas Sánchez, porque siempre me ayudaron y me orientaron y han sido mis amigos desde que los conozco.

A todos mis profesores, pero muy especialmente con gran respeto, admiración y cariño a mi asesor Ing. Federique Jauregui Renaud.

Pero sobre todo a la persona que no solo ha sido mi compañero de Tesis, sino mi más grande amigo y el hombre que amo, sin el este trabajo no sería lo que es, ni yo hubiera salido adelante, por todo gracias Ricardo.

Con mi más profundo y sincero agradecimiento:

PATRICIA MONTAÑO PEÑA

# INDICE

# INDICE

	Página
<b>Justificación</b> .....	1
<b>Objetivos Generales</b> .....	2
<b>Objetivos Específicos</b> .....	3
<b>Prólogo</b> .....	4
<b>I.- Introducción</b>	
I.1. Historia del Mantenimiento .....	5
I.2. Mantenimientos que dieron origen al TPM .....	7
I.3. Enfoque global acerca del TPM .....	13
<b>II.- Pérdidas de Productividad</b>	
II.1. Las seis grandes causas de pérdidas .....	20
II.2. Medición de la efectividad del equipo .....	24
II.3. Pérdidas crónicas y defectos ocultos .....	26
II.4. Reducción de las pérdidas crónicas y defectos ocultos .....	30
II.5. Importancia del adiestramiento .....	41
II.6. Eliminación de las seis grandes pérdidas .....	44
II.6.1. Acciones contra las averías .....	44
II.6.2. Mejoras de preparaciones y ajustes .....	50
II.6.3. Reducción de tiempos muertos y paradas menores .....	55
II.6.4. Reducción de pérdidas de velocidad .....	62
II.6.5. Reducción de defectos crónicos de calidad .....	65
<b>III.- Tipos de Mantenimiento</b>	
III.1. Mantenimiento autónomo .....	74
III.1.1. Distribución y clasificación del trabajo de mantenimiento .....	75
III.1.2. Las tres actividades básicas para el funcionamiento óptimo del equipo .....	77
III.1.3. Inspección general e intervalos de inspección .....	86
III.1.4. Inspección autónoma, formación y adiestramiento .....	90
III.1.5. Fases para la implantación exitosa del mantenimiento autónomo .....	93
III.2. Mantenimiento preventivo .....	97
III.2.1. Planeación preliminar del mantenimiento preventivo .....	98
III.2.2. Instauración de un programa de mantenimiento preventivo .....	100
III.2.3. Creación y utilización de ordenes de trabajo .....	101
III.2.4. Control de piezas de repuesto y materiales de mantenimiento .....	115

III.2.5. Control de gastos para el mantenimiento y reducción de costos .....	126
III.3 Prevención del mantenimiento .....	131
III.3.1. Planeación a largo plazo.....	133
III.3.2. Planeación a corto plazo .....	136
III.3.3. Planeación del mantenimiento cotidiano .....	138

#### **IV.- Adiestramiento para el mantenimiento**

IV.1. Adiestramiento y funciones del operario .....	141
IV.2 Principales temas de adiestramiento .....	143
IV.2.1. Sistema mecánico .....	146
IV.2.2. Sistema eléctrico .....	165
IV.2.3. Sistema neumático.....	181
IV.2.4. Sistema hidráulico .....	190
IV.2.5. Lubricación .....	195
IV.2.6. Corrosión .....	200
IV.3. Equipo de seguridad para la protección del operador .....	203
IV.3.1. Protección de los ojos .....	204
IV.3.2. Protección de la cara y ojos .....	205
IV.3.3. Protección de los dedos, la mano y los brazos.....	207
IV.3.4. Protección del pie y la pierna .....	208
IV.3.5. Protección contra el ruido .....	209
IV.3.6. Equipo respiratorio protector .....	210
IV.3.7. Equipo especial .....	211

#### **V.- Costos de mantenimiento**

V.1. Consideraciones básicas para la estimación .....	213
V.1.1. Clasificación del trabajo .....	213
V.1.2. Utilización de las estimaciones .....	214
V.1.3. Personal que preparará las estimaciones .....	215
V.1.4. Principales técnicas de estimación .....	217
V.1.5. Método para seleccionar la estimación .....	220
V.2. Datos para un sistema de costos .....	222
V.3. Presupuestos de mantenimiento .....	228
V.4. Cálculo de la efectividad del sistema de mantenimiento .....	231

<b>Anexo: Ejemplo de aplicación .....</b>	<b>243</b>
---	------------

<b>Conclusiones .....</b>	<b>266</b>
---------------------------	------------

<b>Bibliografía .....</b>	<b>268</b>
---------------------------	------------

## JUSTIFICACION

El principal propósito de esta tesis es el poder manifestar la importancia del mantenimiento en las empresas, pues estas a menudo olvidan el gran ahorro que puede proporcionar un control más efectivo del mismo en sus plantas.

O en su defecto desconocen los sistemas de mantenimiento actuales y su aplicación, lo que puede implicar que se encuentren utilizando un tipo de mantenimiento, que si bien no es erróneo, tampoco es el ideal para ellos.

Por lo cual en la presente tesis se muestran las principales causas de fallas y averías que ocasionan pérdidas, y conociendo estas, podemos establecer que tipo de mantenimiento es el más adecuado.

De igual forma se proporcionan los conceptos técnicos principales, para que puedan ser entendidos y utilizados por el personal, ya sean ingenieros, supervisores y operadores. Así como la importancia que radica en conocer la seguridad industrial para cada departamento y para la empresa en general.

A este trabajo también se anexa un apartado de costos en el cual se indica la forma más sencilla de diagnosticar si la implantación del programa de mantenimiento generará ahorros substanciales y mejorará la producción.

En general, podemos afirmar que los beneficios que se obtienen al implantar un sistema de mantenimiento moderno son notables e incluso impresionantes.



## OBJETIVOS GENERALES:

1. Proporcionar los medios teóricos y prácticos para mantener en operación continua, confiable y segura todos los equipos, máquinas y herramientas con que cuentan las industrias, considerando tanto el aspecto técnico como el económico.
2. Relacionar eficientemente a todo el personal técnico y financiero para alcanzar un mantenimiento productivo total óptimo, así como una administración y control del mismo para incrementar la productividad, con el propósito de *mantener lo más bajo posible el costo del mantenimiento.*

## OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Organizar, dirigir y controlar adecuadamente los recursos existentes del departamento de mantenimiento.
2. Conocer los diferentes tipos de mantenimiento existentes, para poder apreciar sus ventajas y desventajas y de este modo seleccionar el más adecuado dependiendo de las características de la empresa en la cual se va a implementar, para así obtener mejores resultados.
3. Mejorar la velocidad de respuesta y aumentar los conocimientos del operador, así como del personal de mantenimiento.
4. Optimizar los procedimientos del departamento de mantenimiento con el propósito de definir claramente las obligaciones y responsabilidades del personal, así como todas aquellas áreas vinculadas al mismo.

## INTRODUCCION

A últimas fechas ha surgido un gran auge entorno al tema de mantenimiento, esto se debe principalmente al nivel de los gastos de mantenimiento en relación con los costos directos e indirectos de producción.

Los comienzos del mantenimiento son tan antiguos como las máquinas mismas, pues al surgir estas se trato de buscar un medio por el cual la vida útil de una máquina lograra prolongarse, es decir, que se comprendió lo que hoy sabemos, que un buen servicio de conservación de instalaciones y equipo busca reducir al mínimo las suspensiones del trabajo. Al mismo tiempo que hacer más eficaz el empleo de estos elementos en conjunto con los recursos humanos, para poder conseguir los mejores resultados con el menor costo posible.

Para poder conseguir estos beneficios es necesario tener un adiestramiento en mantenimiento que conjugue a todo el personal, ya sea ingenieros, empleados y directivos. Así como conocer los tipos de mantenimiento existentes y de igual forma comprender las diferentes clases de pérdidas y averías que ocasionan que la producción se retrase o sea defectuosa, lo cual en conjunto genera un gasto excesivo ya sea de tiempo, dinero o esfuerzo de los empleados.

La necesidad de un programa de control de mantenimiento completo es evidente para quienes estén involucrados en la operación diaria de la planta. Cuando se desarrolla un programa de mantenimiento, es de particular interés que los trabajadores y organizaciones laborales no se resistan a los esfuerzos administrativos para mejorar el sistema, aún así los esfuerzos para mejorar pueden ser percibidos por los trabajadores como una amenaza.

Cada planta sin importar su tamaño, necesita un medio efectivo de administración, planeación y control de mantenimiento. Las plantas pequeñas y medianas que no pueden tener un sistema computarizado o elaborar su planeación y programación necesitan del mantenimiento tanto como las plantas grandes. Sin alguna clase de sistema, ninguna planta puede controlar su productividad o sus ganancias.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

# I.- INTRODUCCION

## I.1. Historia del Mantenimiento

Dentro de la historia de la tecnología, cuyo comienzo se pierde en la prehistoria, con el descubrimiento del tallado de la piedra, de la escalera, de la rueda y el aprovechamiento del fuego, existen dos épocas perfectamente definidas, cuyo estudio es de particular interés en las carreras de ingeniería. Estas son las que se han denominado 1ª y 2ª Revolución Industrial.

El comienzo de la 1ª Revolución Industrial podemos situarlo en forma aproximada en el año de 1760 y tuvo lugar en Inglaterra, siendo la característica principal de este importante momento histórico, la sustitución del esfuerzo muscular del hombre y de los animales, por la fuerza de las máquinas, dando lugar al nacimiento de la fábrica y provocando el surgimiento de las grandes industrias modernas. Es con la creación de estas industrias que surge la necesidad de mantener en estado funcional las máquinas que apenas despuntaban en la vida del hombre con lo cual indudablemente se da inicio al mantenimiento.

La 2ª Revolución Industrial acaba de comenzar hace pocos años y su causa fundamental ha sido el desarrollo de máquinas más complejas que van sustituyendo a ritmo acelerado el trabajo cerebral rutinario del hombre, dando con esto lugar a la automatización, con sus tremendas repercusiones técnicas, sociales, económicas y políticas.

Es por estas repercusiones que se ha tenido que avanzar en el campo de estudios de ingeniería, pues dentro de esta como dentro de otras muchas profesiones, existen diversas áreas de especialización, así se tiene: Ingeniería de investigación, ingeniería de diseño, ingeniería constructiva, ingeniería de desarrollo e ingeniería de mantenimiento.

Con el fin de proporcionar una definición diremos que la ingeniería de mantenimiento es aquella que se ocupa de los problemas de conservación de todos los bienes físicos de una empresa como son: infraestructura, equipos, maquinaria y herramientas. Todo esto se debe realizar para que estos bienes estén en condiciones óptimas de operación y servicio, tomando en cuenta la situación económica por la que atraviesa la empresa para efectuar el mantenimiento al menor costo posible con el fin de alcanzar mayor desarrollo y aprovechar al máximo los cada vez más escasos recursos existentes.

La función básica del mantenimiento puede resumirse en la realización de todo el trabajo necesario para instalar y mantener el equipo en una condición óptima que reúna los requerimientos y estándares de operación.

Aunque en la práctica el alcance de las actividades de un departamento de mantenimiento difieren dependiendo el tipo de planta, el tamaño de la misma, las políticas seguidas en sus departamentos de mantenimiento y antecedentes de la empresa.

Sin embargo, la existencia de organizaciones de mantenimiento que no son efectivas en nuestra sociedad industrial, de las que hay muchas, no debe considerarse como una acusación de administración sino como una de las fronteras a desafiar en el progreso industrial futuro. Lo que ahora es considerado como sistemas que hacen perder el tiempo e ineficientes, fue considerado hace una cuantas décadas, lo que mejor funcionaba. La sociedad industrial nunca se queda estática y nunca lo ha hecho desde el comienzo de la revolución industrial. Un sistema de administración que funcione bien el día de hoy siempre tenderá a quedarse atrás, ya que tradicionalmente la ingeniería de producción siempre ha recibido mayor énfasis que la ingeniería de mantenimiento.

Este balance puede estar cambiando ahora. Debido a la intensa competencia mundial y a la capacidad en exceso de producción, las necesidades actuales nos llevan a minimizar el gasto de operación más que a maximizar el volumen de producción. Es por lo tanto, razonable esperar un avance más rápido en la tecnología de mantenimiento en las próximas décadas que todo lo que ha existido en el pasado.

Mantenimiento, como un recurso de la reducción de costos no puede ser ignorada por una gerencia que esté consciente de las ganancias. A pesar de que existe un fuerte empuje para lograr ahorros directos, debe demostrarse a la gerencia, por paradójico que parezca, que el dinero y horas de ingeniería invertidos en mantenimiento se reflejarán en el resultado final y en "la ganancia de la inversión".

## **I.2. Mantenimientos que dieron origen al TPM (mantenimiento productivo total)**

En ciertas fábricas, se han desarrollado prácticas de mantenimiento que ya no son adecuadas a las normas actuales. Por ejemplo, aún es posible encontrar sistemas de mantenimiento sólo para tratar averías críticas. En estos casos, no se hace ningún esfuerzo para prevenir que se produzcan averías y no se emprende ninguna planeación de la carga de trabajo diaria de cada uno de los obreros del personal de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento debe investigar continuamente el equipo existente y, adoptar soluciones que considere ventajosas para la ingeniería de mantenimiento. Se están recopilando nuevos sistemas cuya eficacia y economía son indiscutibles, como el programa de mantenimiento total (TPM). En una industria en expansión, ya no es aceptable dejar a un lado las nuevas ideas.

A través de los años se han implementado diversos tipos de mantenimiento, para su estudio lo dividiremos como sigue:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

### ***Mantenimiento correctivo:***

En el mantenimiento correctivo el objetivo principal es recuperar inmediatamente la calidad del servicio. Toda labor de mantenimiento correctivo exige una atención inmediata, ya que esta no puede ser programada, esta solo se controla por medio de reportes que indican que una máquina está fuera de servicio y el personal debe efectuar los trabajos absolutamente indispensables, evitando arreglar otros elementos de la máquina o haciendo trabajos adicionales que no sean necesarios, esto con el fin de que la máquina pueda seguir prestando sus servicios a la brevedad posible

Este tipo de mantenimiento se divide en Mantenimiento correctivo a fondo y Mantenimiento correctivo ligero, dependiendo de la orden de trabajo esta puede ser desarrollada por dos tipos de personal. Los menos experimentados atenderán el mantenimiento correctivo ligero y el personal especializado tendrá que atender el mantenimiento correctivo a fondo o ambos.

En este tipo de mantenimiento los costos se elevan, ya que no tiene planeamiento ni programación por presentarse las averías repentinamente, por lo cual debe tenerse cuidado, pues un reporte de esta naturaleza significa siempre la pérdida de la calidad del servicio.

Es muy común que el personal de mantenimiento al ocurrir una falla en una máquina, aproveche para arreglar algunos otros elementos de esta, cambiar piezas o hacer cualquier tipo de trabajo que no es esencial para que la máquina siga en operación. Como este tipo de labores resulta en una acción no prevista es difícil que se cuente con todo lo necesario para una reparación eficiente del equipo, dando como resultado una pérdida de tiempo que afecta directamente en los costos pues se manifiesta directamente en una baja producción.

Los trabajos de mantenimiento correctivo (emergentes) deben ser económicos, con esto no queremos decir que no sean efectivos pues en este tipo de emergencias se debe poner la atención y calidad requeridos para que esté asegurado un buen servicio hasta que pueda llevarse a cabo el mantenimiento preventivo.

Por lo tanto siempre que se atienda una emergencia, el personal de mantenimiento debe tener un pleno conocimiento y un criterio lo bastante amplio como para efectuar solamente los trabajos necesarios a fin de restablecer el servicio del equipo de una manera rápida económica y segura; por otro lado en muchas ocasiones es necesario tener un equipo de reserva (si es posible que actúe automáticamente) que actúe al sufrir un paro la máquina que se encuentra en servicio, aunque esto podría significar un aumento en los costos.

### ***Mantenimiento Preventivo:***

Este sistema fue introducido hace muchos años y se ha desarrollado de varias formas, como el más adecuado para todos los tipos de instalación. El objetivo es, en primer lugar, prevenir las averías de las máquinas tanto como sea posible, llevando a cabo ajustes, reposiciones y reparaciones en periodos especificados. Estos periodos son establecidos, bien a través de la información procedente de los fabricantes sobre la esperanza de vida de los componentes esenciales o bien por la experiencia del trabajo con equipos similares.

La existencia de diferentes condiciones en equipos, instalaciones y plantas ha determinado a través del tiempo la necesidad de establecer diferentes prioridades y técnicas para aplicar correctamente el mantenimiento preventivo. Por lo cual lo dividiremos en los siguientes tipos:

**1.- Mantenimiento periódico:** Es aquel que considera que la probabilidad de cambios en las características físicas de los componentes de una maquinaria en particular, se incrementan a partir de cierto número de horas de trabajo y deberá cambiar determinadas piezas sin importar su estado, inspeccionar otras y proceder conforme al análisis de ellas, limpiar y lubricar.



**2.- Mantenimiento Progresivo:** El objetivo principal de este mantenimiento es el de realizar trabajos al equipo en forma racional y progresiva, bajo un programa que aproveche el tiempo en que éste no está prestando servicio; ya que generalmente los tiempos ociosos no son tan grandes que permitan desarrollar todas las labores necesarias de una sola vez.

**3.- Mantenimiento Técnico:** Es una combinación de los dos mantenimientos anteriores, en este se efectúan algunos trabajos periódicos al equipo bajo calendario después de ciertas horas de funcionamiento, pero en forma progresiva, ya que se aprovechan tiempos ociosos para que de acuerdo con la prioridad establecida, se realicen los cambios de piezas, lubricación, limpieza.

**4.- Mantenimiento Analítico:** Los trabajos a efectuar se derivan del análisis de la estadística, de las recomendaciones del fabricante del equipo, de las condiciones del lugar donde está instalado este, de la calidad de la instalación y de la mano de obra de operación. No se interviene el equipo periódicamente, sino hasta el momento en que el análisis indique la necesidad de efectuar labores de mantenimiento para prevenir fallas que reducen la calidad del servicio.

**5.- Mantenimiento Sintomático:** Son las labores enfocadas a la reparación de fallas que han sido detectadas por medio de síntomas observados a lo largo del funcionamiento de un equipo (escape de fluidos, temperaturas anormales, malas lecturas en medidores, consumo de energía anormal, ruidos).

**6.- Mantenimiento Continuo:** En él se ejecutan las labores en forma frecuente y estables al equipo siendo éstas necesarias o no; se basa en el concepto de que a mayor mantenimiento que se le dé a la máquina se tendrá un funcionamiento mejor. La desventaja de este mantenimiento es que en ocasiones resulta costoso e incluso innecesario.

**7.- Mantenimiento Mixto:** En este mantenimiento se atacan tareas de tipo correctivas y preventivas de cualquier naturaleza pero al mismo tiempo. Pudiendo traer como consecuencia en ciertas ocasiones una pérdida de tiempo.

La ejecución del mantenimiento preventivo, ya sea ligero o a fondo se planea por medio de programas y esta es la razón por la cual este tipo de mantenimiento es más económico que el mantenimiento correctivo, ya que tanto el material, mano de obra y el momento de la labor están adecuados en cantidad, calidad y precio. Para una mayor eficiencia los programas del mantenimiento preventivo se divide en.

- a) Programas de visitas
- b) Programas de inspecciones, pruebas y rutinas
- c) Programas de reconstrucción

- a) **Programas de visitas:** Son las listas de los lugares a los cuales debe dirigirse el personal de mantenimiento de acuerdo a la frecuencia que se halla estimado como necesaria, para desarrollar los trabajos de mantenimiento recomendados por el fabricante y por la propia experiencia de los técnicos. Buenos programas de visitas aseguran la atención adecuada de los equipos a mantener, debiendo complementar esto con buenos diagnósticos y mano de obra calificada del personal de mantenimiento, lo que se traduce en inspecciones eficientes, pruebas útiles y rutinas bien ejecutadas.
- b) **Programas de inspección, pruebas y rutinas:** Son listas que indican las partes en un artefacto maquinaria o equipo que se deben inspeccionar, probar o rutinar, generalmente presentan lugares para anotaciones sencillas durante todo un año. Debiendo estar colocadas al lado mismo de la maquinaria a que se refiere el programa para permitir al personal de inspección y supervisión verificar si los trabajos que indican las anotaciones que se indican han sido ejecutados en la máquina. Cada año se cambiará por un nuevo programa, debiendo estudiar el programa anterior para comprobar si la frecuencia de las visitas es la adecuada. Hay que tomar en cuenta solo las revisiones o pruebas de aquellas partes que nos indiquen la calidad de servicio que está prestando la máquina, pues si bien los programas de visitas nos obligan a acudir a cada máquina con mayor o menor frecuencia, si esta frecuencia no es la adecuada se presentarán pérdidas económicas, también no es menos cierto que considerar sin fundamento la atención a una parte de la máquina puede ser más peligroso que lo anterior.
- c) **Programas de reconstrucción:** En este tipo de programas se indica por quien y cuando se debe de hacer cada trabajo, cuando debe empezarse y cuando terminarse. Es necesario aclarar que cuando se hacen los trabajos de inspecciones, prueba y rutina, los trabajos de mantenimiento ahí considerados no forzosamente tienen que ser el 100% de los necesarios para obtener un alto grado de eficiencia en la máquina mantenida, sino que dichos trabajos deben ser perfectamente aquilatados a fin de que sean exclusivamente los indispensables desde el punto de vista económico.

Debidamente dirigido el mantenimiento preventivo es un instrumento de vital importancia en la reducción de costos lo cual ayudará a la empresa a ahorrar dinero y conservar los equipos en un estado óptimo de operación.

Antes de emprender un mantenimiento preventivo es de suma importancia trazar un plan general y despertar el interés de quienes participen en el mismo, desde luego, habrá que dedicar gente a la iniciación y operación de un mantenimiento preventivo, las necesidades variarán de acuerdo con el tipo y tamaño de la planta.

### ***Mantenimiento Predictivo***

Con el mantenimiento predictivo se predice el fallo, se interviene a consecuencia de la inspección, y se practica un diagnóstico basado en síntomas. Este tipo de problemas los miden los inspectores con instrumentos a veces muy complejos.

En sí, el mantenimiento predictivo significa tener un servicio de información sobre el estado de las máquinas, si este servicio es completamente fiable, el conocimiento del estado del equipo sustituye de hecho la intervención de mantenimiento.

Practicar el mantenimiento predictivo significa introducir en el servicio de mantenimiento una nueva función básica: la inspección sistemática de la maquinaria y más concretamente de los distintos componentes de la misma, o de los subsistemas del sistema principal que es la maquinaria.

***Inspección:*** La determinación de lo que se debe inspeccionar y con qué frecuencia debe hacerse es de lo que depende en gran parte el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento predictivo, ya que se deben revisar todos los puntos críticos. Al respecto conviene capacitar y adiestrar al personal en términos técnicos y control de calidad, incluyendo la elaboración de hojas de instrucciones de inspección.

Los puntos críticos que se deben de inspeccionar se enlistan a continuación:

- Todo lo susceptible de falla mecánica progresiva, como desgaste, corrosión y vibraciones.
- Todo lo expuesto a falla por acumulación de materias extrañas: deposición, materiales aislante o humedad, también contactos eléctricos, aceites aislantes obstrucción de tuberías y cables eléctricos.
- Todo lo que sea susceptible de fugas: sistemas hidráulicos, tuberías de distribución de fluidos, sistemas de gas, sistemas neumáticos y sistemas de lubricación.

- Los elementos reguladores que funcionen con características controladas con presión, temperatura, voltaje, niveles de aislamiento, gasto, holgura mecánica, etc., esto generalmente requiere de pruebas.
- Lo que con variaciones fuera de ciertos límites puede ocasionar fallas, como niveles de depósito de sistemas de lubricación, niveles de aceite aislante, niveles de agua de enfriamiento.

La inspección o servicio de inspeccionar tiene que ser una función centralizada:

- Para optimizar el uso de los instrumentos.
- Porque los operarios deben ser intercambiables entre áreas.
- Porque el servicio de inspección no debe estar en ningún caso ligado a las presiones que a menudo se ejercen sobre la línea.

De igual forma es de gran importancia la frecuencia de inspección, la cual tiene que considerar para su cálculo los siguientes puntos:

- Sistemas críticos de la máquina
- La disponibilidad de reservas
- El diseño
- Las condiciones de funcionamiento
- Las estadísticas de rupturas

Por otra parte la organización del mantenimiento predictivo implica:

- La formulación del programa y del método de inspección con especificaciones de los componentes a inspeccionar.
- Determinación, para cada componente de las máquinas críticas, de los valores límites de aceptabilidad de las características o variables que queremos medir con la inspección.
- El establecimiento de las frecuencias de inspección.
- El registro de los datos.
- La capacitación del personal que forma parte del programa de inspección.

El papel del mantenimiento cambia con la introducción del mantenimiento predictivo. Antes su funcionamiento era la evaluación de la marcha de la maquinaria, aparte de la coordinación, control y asistencia técnica de los jefes de taller, de hecho era el primer inspector de la planta. Ahora en cambio adquiere la función de director de servicio. La inspección constituye el soporte informativo sobre las máquinas, mientras que los demás departamentos le proporcionan los datos necesarios sobre los costos referidos al presupuesto establecido, por lo tanto, el mantenimiento predictivo se decide y coordina basándose en información recibida.

### **I.3. Enfoque global acerca del TPM**

Para conocer un poco más acerca de éste sistema de mantenimiento nos remontaremos a los inicios.

Después de la segunda guerra mundial las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que para competir con éxito en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos. Con este fin, incorporaron técnicas de gestión y fabricación procedentes de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias. Posteriormente sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su calidad superior, centrando la atención del mundo en el estilo japonés de técnicas de gestión.

Hace más de treinta años y para mejorar el mantenimiento de equipos, Japón introdujo el concepto de mantenimiento preventivo ya existente en los Estados Unidos. Posteriormente se introdujo al mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento e ingeniería de fiabilidad, cuando ahora nos referimos al TPM se trata en realidad de mantenimiento productivo al estilo americano modificando e intensificando algunos puntos para adaptarlo al entorno industrial japonés.

En la mayoría de las compañías americanas los equipos de mantenimiento realizan este en toda la fábrica, aplicando una división del trabajo entre operación y mantenimiento del tipo "Yo opero – Tú arreglas".

La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo manteniendo sus máquinas en buen estado y capacitando a los trabajadores para detectar problemas potenciales antes de que estos ocasionen averías.

El TPM se introdujo en Japón hace ya algunos años y ha sido bien aceptado, en otras palabras el sistema de producción TPM es un programa para lograr el ideal de cero defectos y cero averías.

Hasta los años setenta el mantenimiento productivo en Japón consistía principalmente en mantenimiento preventivo, durante los años ochenta este mantenimiento fue reemplazado por el predictivo o basado en las condiciones. El éxito del TPM depende de nuestra capacidad para conocer el estado del equipo y para predecir y evitar fallos.

El mantenimiento predictivo es parte significativa del TPM porque utiliza técnicas modernas de supervisión y diagnóstico del equipo durante la operación, identificando señales, deterioro y fallos inminentes.

El TPM es mantenimiento productivo realizado por todos los empleados a través de actividades en pequeños grupos, es decir, es un mantenimiento de equipos llevado a cabo en el conjunto de la compañía y sus metas principales son las siguientes:

- 1) Elevar la eficiencia del equipo (mejorar la eficiencia global).
- 2) Desarrollar un sistema completo de mantenimiento productivo para la vida útil del equipo.
- 3) Implicar a todos los departamentos relacionados con el diseño de equipo en la implantación del TPM.
- 4) Involucrar activamente a todos y cada uno de los empleados, desde el gerente hasta los obreros.
- 5) Promover el TPM a través de la motivación entre los empleados (actividades autónomas en pequeños grupos de cada nivel).

La meta principal de toda las actividades de mejora en una fábrica es el aumento de la producción minimizando las entradas y maximizando las salidas.

La relación entre entradas y salidas se puede visualizar de la siguiente manera: los trabajadores, la maquinaria y el material se combinan como entradas, mientras las salidas no comprenden solamente el incremento de la productividad, sino también la mejora de calidad, costos más bajos, entrega a tiempo, mayor seguridad e higiene industrial, moral más alta y un entorno de trabajo más favorable.

Según lo Anterior, es obvio que la ingeniería y el mantenimiento de planta están directamente relacionados con todos los factores de salida. Con el aumento de la automatización y la reducción del personal, la producción pasa de las manos de los trabajadores a la maquinaria. En este punto el equipo y maquinaria son factores cruciales para el incremento de la salida. La productividad, calidad, costo y entrega, así como la seguridad, higiene, entorno y moral están todos considerablemente influidos por las condiciones del equipo.

La meta del TPM es intensificar la eficacia del equipo y maximizar sus salidas. Se esfuerza en lograr y mantener unas condiciones óptimas del equipo para evitar averías imprevistas, pérdidas de velocidad y defectos de calidad en los procesos. La eficiencia en su conjunto, incluyendo la eficiencia económica, se consigue minimizando el costo de la conservación y mantenimiento de las condiciones de los equipos a través de toda su vida útil, en otras palabras, minimizando el costo del ciclo de vida.

Entradas / Salidas	Dinero			Método de dirección
	Hombres	Máquinas	Materiales	
Producción (P)				Control producción
Calidad (Q)				Control calidad
Costo (C)				Control costos
Entrega (D)				Control entregas
Seguridad (S)				Seguridad e higiene
Moral (M)				Relaciones humanas
	Asignación personal	Ingeniería y mantenimiento planta	Control stocks	Entradas = Salidas Productividad

Figura 1.1 Relación entre entradas y salidas en una empresa

La eficiencia del equipo se maximiza y el costo del ciclo de vida útil se minimiza por medio del esfuerzo realizado en conjunto con la compañía para eliminar las seis grandes pérdidas que restan eficiencia al equipo, estas pérdidas son:

*Tiempo muerto*

- 1) Averías debido a fallos del equipo
- 2) Preparación y ajustes

### *Pérdidas de velocidad*

- 3) Tiempo en vacío y paradas cortas
- 4) Velocidad reducida

### *Defectos*

- 5) Defectos en proceso y repetición de trabajos
- 6) Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable

El TPM comprende los tres factores principales para mejora en los lugares de trabajo que son: *motivación, competencia y entorno de trabajo*, lo cual conduce a mejoras corporativas como son mejorar el empleo de trabajadores y equipos. Para eliminar las seis grandes pérdidas debemos primero cambiar la actitud de las personas y aumentar su habilidad, también debemos de crear un entorno de trabajo agradable como soporte a la introducción del TPM. Si para atacar el problema la gerencia no asume un correcto liderazgo la transformación necesaria para el cambio de actitudes, equipos y entorno corporativo no progresará con suavidad y el implemento del TPM puede llevar más tiempo o fracasar.

En la compañía que se desee implementar el TPM se debe de integrar a la política básica de dicha compañía y establecer metas concretas, tales como aumentar el índice operativo de los equipos en más del 80% o reducir las averías en un 50% en el transcurso de varios años. Una vez que se fijan las metas cada empleado debe comprenderlas ampliamente y sentirse identificado con ellas y desarrollar actividades en pequeños grupos dentro del lugar de trabajo para asegurar el éxito del TPM. Los pequeños grupos fijan sus propias metas basándose en el conjunto de metas de la compañía.

Aún así, la gerencia de muchas compañías cuestiona la utilidad del TPM incluso después de haber observado los resultados positivos obtenidos en otras compañías. Algunas compañías prefieren seguir con el sistema de mantenimiento americano en el que los operadores manejan el equipo y el personal de mantenimiento realiza todas las actividades de mantenimiento, en este sistema los directores no se preocupan por la carga adicional que sufre su personal de mantenimiento y no les preocupa la capacitación de los operadores para que estos puedan dar el mantenimiento básico.

Esto es de esperarse porque incluso los que tienen una larga y excelente experiencia con el TPM al principio pueden sentirse escépticos con la introducción del programa.

La mayoría de las personas sienten una resistencia innata hacia los cambios, es por eso que en Japón, para los directores de un departamento es suficiente



sesiones de dos días para la eliminación de este tipo de resistencia, para los ingenieros tres días han resultado bien y para los empleados de taller se atienden sesiones (varias) de diapositivas.

Con lo anterior se observa que la eliminación de la resistencia al cambio es acorde según el nivel laboral de las personas.

Los pasos específicos necesarios para desarrollar un programa TPM deben, sin embargo, determinarse individualmente para cada compañía, puesto que debe ajustarse a los requerimientos individuales, debido a los múltiples tipos de industrias, métodos de producción, condición de los equipos, necesidades, problemas especiales, técnicas y niveles de mantenimiento que varían de una compañía a otra.

A continuación se resumen brevemente las 5 metas interdependientes que representan los requerimientos mínimos para el desarrollo del TPM:

**1.- Mejora de la eficiencia de los equipos.-** Se recomienda formar varios equipos de proyecto, consistentes en personal de ingeniería y mantenimiento así como supervisores en la cadena de producción. Se seleccionan los equipos que sufren pérdidas crónicas y cada equipo de proyecto centra su actividad de mejora en una de las seis grandes pérdidas. Cuando se logran resultados positivos el proyecto puede extenderse a otros equipos similares.

**2.- Mantenimiento autónomo por operadores.-** La pauta establecida no se puede cambiar de la noche a la mañana. Se tarda de dos a tres años en cambiar la cultura corporativa dependiendo del tamaño de la compañía. Se debe enseñar a los operadores a pensar en que ellos son los responsables del mantenimiento de su propio equipo, además deben ser adiestrados según las exigencias del mantenimiento autónomo.

Los principios básicos de la administración industrial son:

- 1) Organización
- 2) Orden
- 3) Pureza
- 4) Limpieza
- 5) Disciplina

**3.- Mantenimiento planificado.-** La primera responsabilidad del departamento de mantenimiento es responder con rapidez y eficacia a las peticiones de los operadores. El personal de mantenimiento debe eliminar el deterioro que resulta de una lubricación y limpieza inadecuadas y analizar cada avería para descubrir puntos débiles en el equipo y modificarlo para mejorar su facilidad de mantenimiento alargando su vida útil.

Para mantener un bajo costo de mantenimiento planificado deben emplearse técnicas de diagnóstico para supervisar el estado de los equipos; así se estimula el cambio al mantenimiento predictivo.

**4.- Adiestramiento para mejorar las habilidades operativas y de mantenimiento.-** Con el avance tecnológico de la automatización muchas personas pueden sostener que las habilidades operativas se vuelven innecesarias. Desgraciadamente, mientras que la producción sin ayuda humana puede llegar a lograrse el mantenimiento totalmente automático no es factible. Es decir, que el adiestramiento en las habilidades operativas y de mantenimiento es vital para implementar el TPM.

**5.- Gestión temprana de equipo.-** El ideal de toda compañía al adquirir un nuevo equipo es que éste no requiera de mantenimiento, pero esto no siempre es posible por lo que se recomienda establecer un modelo para el diseño de equipo libre de mantenimiento, el cual se explica gráficamente en la figura 1.2.

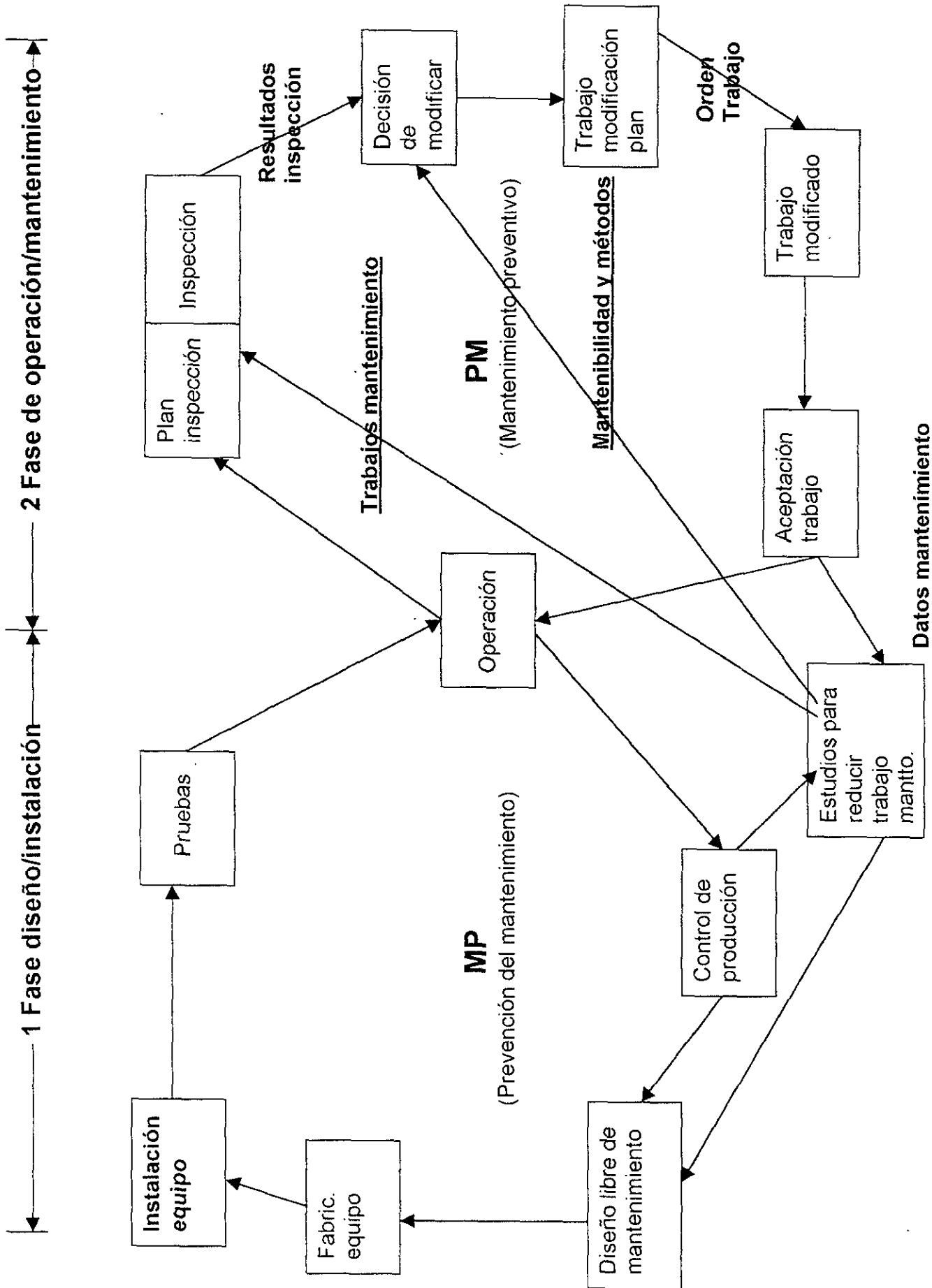


Fig. 1.2. Modelo para diseño de equipo libre de mantenimiento

# **CAPITULO II**

## **PERDIDAS DE PRODUCTIVIDAD**

## II. PERDIDAS DE PRODUCTIVIDAD

### II.1. Las seis grandes causas de pérdidas

En este capítulo se revisarán las actividades de mejora del TPM que identifica las seis grandes pérdidas y tiene como finalidad la eliminación de estas en la planta.

El principal objetivo del programa de mantenimiento total es aumentar la eficiencia del equipo, de forma que cualquier pieza del mismo pueda ser manejada óptimamente y mantenida en este nivel, esto se logra a través de dos tipos de actividades:

- Cuantitativa: aumenta la disponibilidad total del equipo y mejora su productividad dentro de periodo dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.

El personal y la máquina deben funcionar ambos de manera estable bajo condiciones de cero defectos y cero averías. Aunque sea extremadamente difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requisito importante para el éxito del TPM.

A continuación se describen algunas de las dificultades con que se tropieza al intentar maximizar la eficiencia del equipo y se conocen como las seis grandes pérdidas, las cuales son:

- Pérdidas por averías
- Pérdidas de preparación y ajuste
- Inactividad y pérdidas de paradas menores
- Pérdidas de velocidad reducida
- Defectos de calidad y repetición de trabajos
- Pérdidas de puesta en marcha

**Pérdidas por averías:** Existen varios tipos de averías, por ejemplo las que producen fallos repentinos, drásticos o inesperados del equipo, estas fallas se conocen como averías esporádicas y son normalmente obvias y fáciles de corregir. Debido a que a este tipo de averías les corresponde un alto porcentaje de las pérdidas totales, el personal invierte mucho tiempo y esfuerzo en buscar alguna solución para eliminarlas.

Para maximizar la eficiencia del equipo, todas las averías deben reducirse a cero. Aunque resulte difícil imaginarlo, esto es posible sin tener que realizar un gran esfuerzo o inversión, para logra esto lo primero que debe realizarse es cambiar la filosofía convencional del mantenimiento: "la creencia de que las averías son inevitables".

De igual forma es necesario recalcar que las averías pueden causar dos tipos de pérdidas, que pueden ser de tiempo o de cantidad.

**Pérdidas de preparación y ajuste:** Este tipo de pérdidas son comunes cuando finaliza la producción en serie de un elemento y el equipo se ajusta y se prepara para atender los requerimiento de un nuevo producto, por lo tanto, se producen pérdidas durante la preparación y el ajuste al aparecer tiempos muertos y productos defectuosos como consecuencia del cambio de las especificaciones que se deben seguir para fabricar el nuevo producto. Muchas compañías están ahora trabajando para lograr cambio de herramientas, útiles y accesorios, en menos de diez minutos. Trabajando desde la perspectiva de la ingeniería industrial, para reducir considerablemente el tiempo de preparación es necesario hacer una distinción clara entre los dos tipos de preparación que existen que son la interna, en la cual las operaciones deben llevarse acabo mientras la máquina está parada y la externa en la que las operaciones pueden realizarse mientras la máquina está todavía en funcionamiento. Una vez aclarado esto podemos deducir que la preparación que necesitamos disminuir es la preparación interna, pues es aquí cuando la máquina registra el mayor número de pérdidas en cuanto a tiempo se refiere.

**Inactividad y pérdidas de paradas menores:** Una parada menor surge cuando la producción se interrumpe temporalmente por un mal funcionamiento, o cuando la máquina se encuentra inactiva. Por ejemplo los sensores alterados por los productos defectuosos paran los equipos, otro motivo puede ser que las piezas bloqueen la alimentación de material de una rampa causando inactividad en el equipo. Estos tipos de paradas temporales deben diferenciarse claramente de las averías, puesto que la producción normal es restablecida simplemente moviendo las piezas que obstaculizan la rampa y reajustando el equipo.

Este tipo de pequeños problemas causan a menudo un efecto sumamente drástico en la eficiencia del equipo. Estos problemas, sin embargo son típicos cuando en el proceso están implicados cintas transportadoras, alimentadores automáticos o máquinas ensambladoras.

Aunque las paradas menores y la inactividad se remedien sin dificultad, normalmente se pasan por alto, debido a que frecuentemente son difíciles de

cuantificar. Por esta razón el alcance de la obstaculización de la eficiencia del equipo ocasionado por las paradas menores resultà a menudo poco claro.

La importancia de la reducción a cero de las pequeñas paradas es una condición sumamente importante para la producción automática. Para eliminar todas las paradas menores, es preciso observar de cerca todas las condiciones operativas y eliminar todos los pequeños defectos.

**Pérdidas de velocidad reducida:** Cuando se adquiere un nuevo equipo para una planta productora, se especifica una velocidad de producción para este, dicha velocidad se conoce como velocidad de diseño, pero esta siempre es ideal, por lo tanto siempre se tiene otra velocidad, la cual recibe el nombre de velocidad real. Las pérdidas de velocidad reducida son la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad real. Es típico que cuando se opera un equipo se pase por alto la pérdida de velocidad, aunque esto constituya un gran obstáculo para su eficiencia, la meta para eliminar esta pérdida es desaparecer el hueco entre la velocidad de diseño y la real.

La mayoría de las veces un equipo no funciona a la velocidad de diseño por problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes o temor de abusar del equipo o sobrevalorarlo. En ocasiones, simplemente se desconoce la magnitud de la velocidad óptima.

**Defectos de calidad y repetición de trabajos:** El mal funcionamiento del equipo de producción genera defectos de calidad en los procesos y como consecuencia la repetición de trabajos. En general, los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente al normalizarse las condiciones de trabajo del equipo, no ocurriendo lo mismo con los defectos crónicos, que son de difícil identificación. Para obtener productos aceptables se requieren de ciertas normas, pero en ocasiones aunque se cumpla con estas especificaciones el problema persiste y las condiciones motivadoras de los defectos pueden ser ignoradas o pasadas por alto. Los defectos que ocasionen la repetición de los trabajos deben considerarse pérdidas crónicas.

**Pérdidas de puesta en marcha:** Este tipo de pérdidas ocurre durante las fases iniciales de producción desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización total. El volumen de pérdidas varía con el grado de estabilidad de las condiciones del proceso; el nivel de mantenimiento del equipo, plantillas y matrices; habilidad técnica del operador, entre otras. En la práctica, el volumen es sorprendentemente alto. Este tipo de pérdidas están latentes, y la posibilidad de eliminarlas es a menudo obstaculizada por falta de sentido crítico que las acepta como inevitables.

Tipo de pérdidas	Meta	Explicación
1.- Pérdidas por averías	0	Reducirlas a cero en todos los equipos.
2.- Pérdidas de preparación y ajustes	Minimizar	Reducir los cambios de útiles a menos de 10 minutos.
3.- Pérdidas de paradas menores e inactividad	0	Llevar la velocidad de operación actual a la prevista en diseño; hacer entonces mejoras para elevar la velocidad de diseño.
4.- Pérdidas de velocidad reducida	0	Reducir a cero para todos los equipos.
5.- Defectos de calidad y repetición de trabajos	0	Ocurrencias aceptables sólo extremadamente ligeras.
6.- Pérdidas de puesta en marcha	Minimizar	Reducir al mínimo el tiempo de arranque del equipo

**Figura 2.1** Metas de mejora para las seis grandes pérdidas



## II.2. Medición de la efectividad del equipo

Para comprender el concepto de eficiencia del equipo es necesario mencionar varios conceptos, los cuales en conjunto se aplican al cálculo de la misma.

La eficiencia se puede medir empleando la fórmula:

$$\text{Efectividad global del equipo} = \text{disponibilidad} \times \text{tasa de rendimiento} \times \text{tasa de calidad}$$

Donde:

La *disponibilidad* o tasa operativa son todas las pérdidas por averías y en la preparación, la *tasa de rendimiento* abarca las pérdidas por tiempos muertos, paradas menores y disminución de velocidad; y la *tasa de calidad* o índice de calidad de productos comprende todos los defectos de calidad y repetición de trabajos, así como la puesta en marcha.

El TPM no se limita solamente a las averías; más bien eleva el nivel de la eficiencia total del equipo mejorando todos los factores relacionados.

Todos los conceptos anteriores pueden determinarse en cada centro de trabajo, pero la importancia de cada factor varía de acuerdo con las características del producto, equipo y sistema de producción implicados. Para lograr un alto nivel de eficiencia del equipo es necesario que la tasa operativa, la de rendimiento y la de calidad sean altas.

Cuando se realizan mediciones detalladas y exactas, se fijan prioridades firmes y se establecen metas claras es cuando se logra una mejora en la eficiencia del equipo.

Dentro de la misma eficiencia del equipo mencionaremos los siguientes conceptos que se relacionan con el cálculo de la misma.

El *Tiempo de carga* se refiere a la disponibilidad neta del equipo durante un período dado, tal como un día o un mes. Es decir, que se trata del tiempo total disponible para operar menos el tiempo muerto planificado o necesario, tal como la interrupción del programa de producción, tiempos de descanso por precaución y reuniones frecuentes en taller.

El *Tiempo operativo* es el tiempo de carga menos el tiempo que la máquina se encuentra parada por averías, ajustes, cambio de herramientas, preparaciones y otras paradas. En otras palabras, es el tiempo durante el cual el equipo está operando realmente.

En *Tiempo operativo neto* el equipo opera con una velocidad estable y constante. Las pérdidas de tiempo debidas a paradas menores y la operación a una velocidad inferior (a menudo estimada) se descuentan del tiempo operativo.

El *Tiempo operativo válido* es la relación que existe entre el tiempo operativo neto menos el tiempo que se requerirá para la repetición de los productos defectuosos. Es decir que es el tiempo en el cual se fabrican productos aceptables.

La *Disponibilidad o tasa o tasa de operación* se basa en la tasa de velocidad operativa y el tiempo operativo neto; la velocidad operativa depende del mantenimiento de una cierta velocidad durante un período de tiempo dado. Por lo tanto, deben tomarse en consideración las pérdidas ocasionadas por paradas menores, así como las ocasionadas por la rectificación de pequeños problemas y ajustes necesarios.

La *tasa de velocidad operativa* es la relación entre el tiempo ideal o tiempo de ciclo diseñado para el equipo y el tiempo real del ciclo, y refleja las pérdidas ocasionadas por la reducción de velocidad.

## II.3. Pérdidas crónicas y defectos ocultos

Las pérdidas crónicas están causadas por defectos ocultos en maquinaria, equipo y métodos. Si deben mejorarse las condiciones fundamentales del entorno de fabricación, es necesario eliminar completamente las pérdidas crónicas y los defectos ocultos. En este capítulo se describe la naturaleza de las pérdidas crónicas y se perfila una metodología para detectar y eliminar los defectos ocultos.

Hasta ahora, el mantenimiento se ha centrado fundamentalmente en los problemas que pueden ser caracterizados como esporádicos. Por el contrario, las pérdidas crónicas son sutiles y mucho más difíciles de detectar. Sin embargo, sus causas pueden ser develadas y eliminadas cambiando el enfoque de mantenimiento de la fábrica.

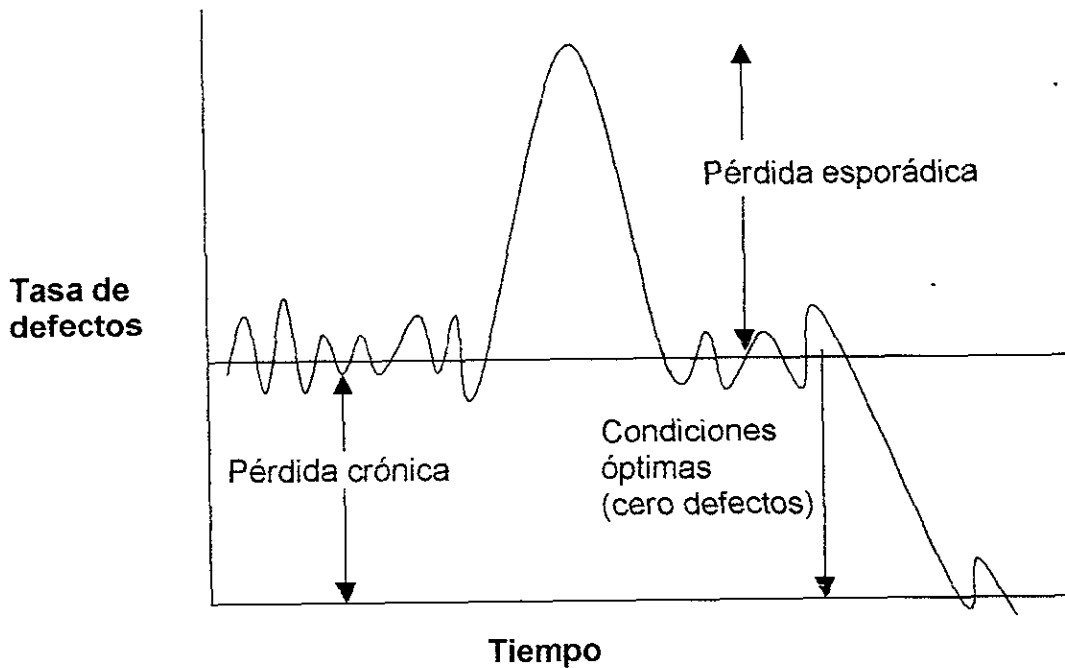
### **Pérdidas crónicas y pérdidas esporádicas**

El término crónico se refiere normalmente a un fenómeno que ocurre repetidamente dentro de cierto intervalo. Las repentinas rupturas en el intervalo se denominan esporádicas. Pueden adoptar la forma de un incremento de la incidencia de un fenómeno particular o bien ser un fenómeno completamente diferente.

El remedio a las pérdidas esporádicas es el restablecimiento de las condiciones, puesto que normalmente son provocadas por la introducción de cambios, por ejemplo: condiciones operativas, métodos de trabajo, equipos, plantillas, herramientas y algunas más. Todo esto puede corregirse por medio de acciones para el restablecimiento de los niveles óptimos de la maquinaria.

La clave de las pérdidas crónicas es, por otra parte, la innovación. Los problemas crónicos tienden a resistir los remedios tradicionales, porque la raíz de los problemas por lo regular se oculta en la estructura del equipo y más aun en los métodos utilizados. Proceden de las condiciones adversas del equipo que con el tiempo se han llegado a considerar como normales y, por lo tanto, todas las acciones para restablecer los daños o los remedios rápidos no surten efecto alguno.

Las pérdidas crónicas pueden disminuir solamente cambiando nuestra forma de pensar, abandonando las tácticas de reparación convencionales por métodos nuevos y creativos que busquen de raíz las causas ocultas y que las eliminen eficazmente.



**Figura 2.2** Pérdidas crónicas y esporádicas

Se determina como condición esporádica cuando se trata de un cambio adverso y repentino en el estado ideal del equipo y dicha condición se puede remediar a través del restablecimiento de dicho estado ideal, como por ejemplo cuando se desgasta un buril en un torno. Sin embargo, una condición crónica es una situación adversa de larga duración que se soluciona cambiando el estado ideal del equipo como sucede cuando se tiene que revisar un conjunto de tolerancias.

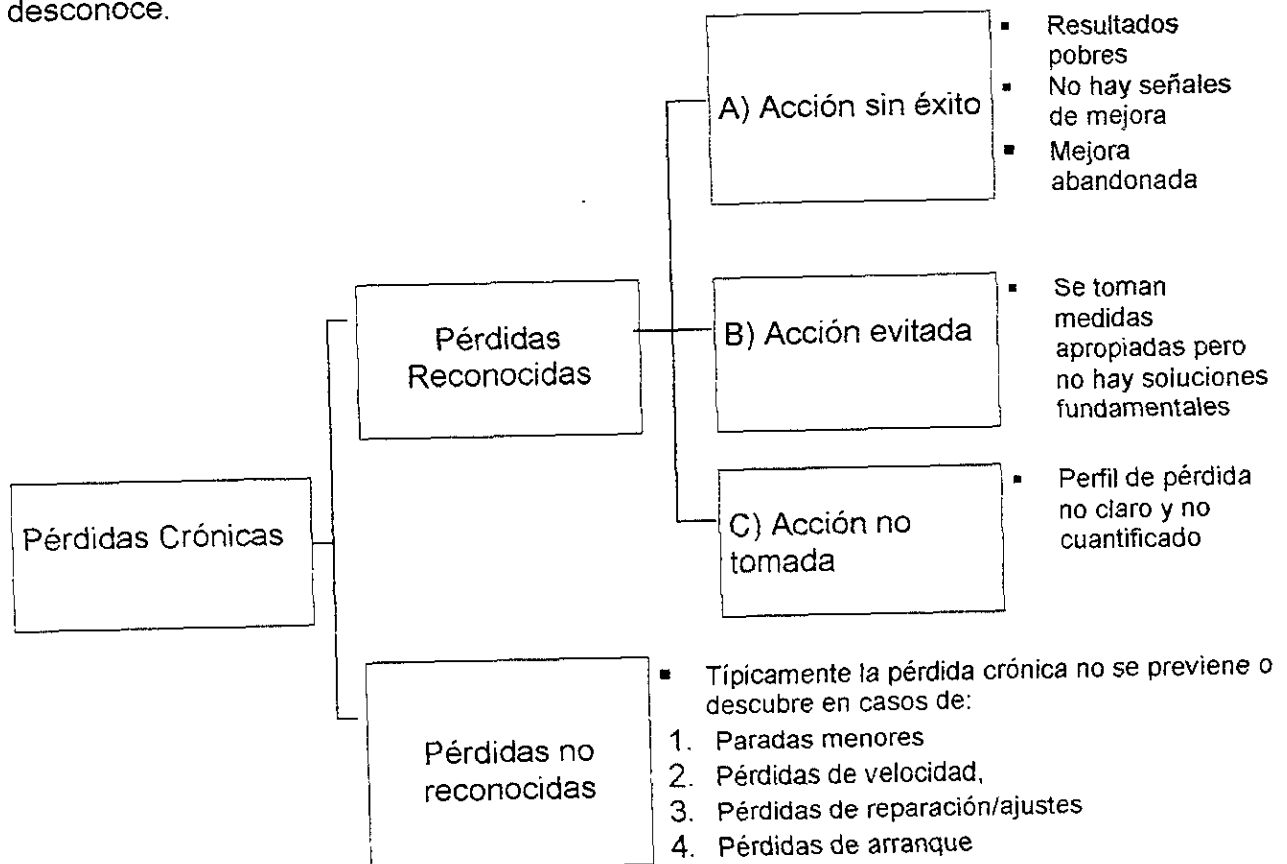
Existen varias diferencias entre pérdidas crónicas y esporádicas, pues mientras que los problemas esporádicos son visibles y tienen causas claras, los problemas crónicos son normalmente latentes, causan pérdidas insignificantes, ocurren con frecuencia, se restauran fácilmente por los operadores y casi nunca llegan al conocimiento de los supervisores aunque son difíciles de cuantificar y solo se detectan realizando comparaciones con las condiciones óptimas; es por estas razones que normalmente se toman medidas para resolver los problemas esporádicos mientras que los problemas crónicos se dejan casi intactos.

Como los problemas crónicos son los que causan más pérdidas nos enfocaremos a su estudio y en la figura 2.3. se muestra de forma más clara las características de las pérdidas crónicas, lo cual es esencial conocer para poder reducir dichas pérdidas puesto que no se pueden determinar las causas sin comprender a fondo las condiciones que rodean una pérdida en particular.

Pérdidas	Obvias	Ocultas
1. Averías esporádicas	X	
Averías crónicas		X
2. Preparación y ajustes	X	X
3. Paradas menores y tiempos muertos		X
4. Velocidad		X
5. Defectos esporádicos calidad	X	
6. Defectos crónicos calidad		X

**Figura 2.3.** Características de pérdidas crónicas

De igual forma es necesario conocer que circunstancias producen las pérdidas crónicas; dado que estas surgen cuando la pérdida se ha reconocido, pero la acción correctiva no ha tenido éxito o no se puede llevar a cabo o simplemente no se toman medidas correctivas, y en ocasiones surge cuando la pérdida se desconoce.

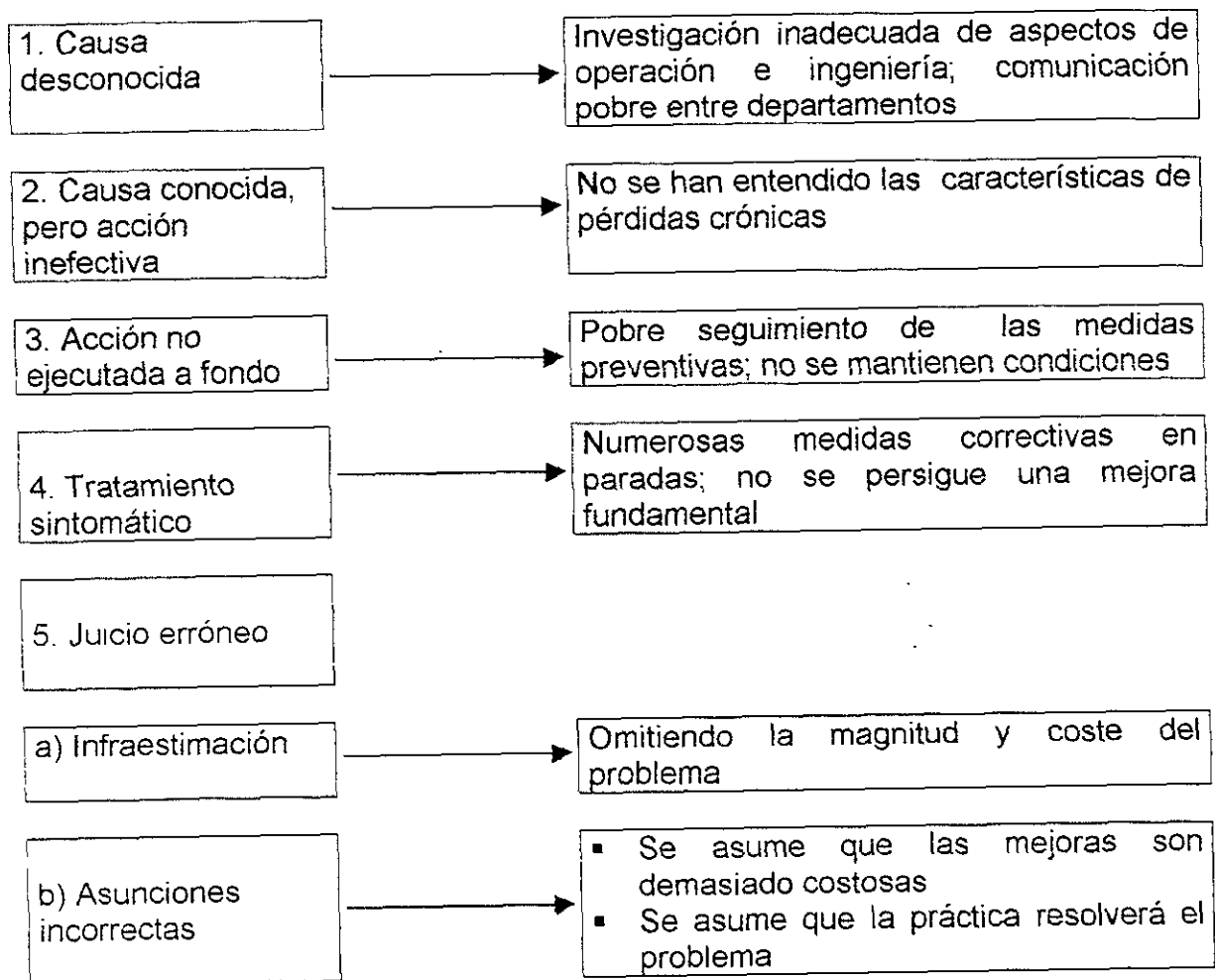


**Figura 2.4.** Esquema de pérdidas crónicas

Tal vez las pérdidas crónicas no ocasionarían grandes problemas si se les prestara la suficiente atención, lo cual rara vez ocurre y las causas más comunes del descuido son las siguientes:

- La causa se desconoce
- La causa se conoce pero se toman medidas inadecuadas
- La medida correctiva es incompleta

La siguiente figura ilustra lo mencionado en el párrafo anterior.



**Figura 2.5.** Causas por las cuales se descuidan las pérdidas crónicas

## II.4. Reducción de las pérdidas crónicas y defectos ocultos

El primer paso que debe seguirse para reducir e incluso eliminar las pérdidas crónicas es aumentar la fiabilidad del equipo y restablecer las condiciones originales del mismo, después identificando y estableciendo las condiciones operativas óptimas, así como eliminando los pequeños defectos que a menudo se pasan por alto.

A la probabilidad de que el equipo, la maquinaria o los sistemas realicen satisfactoriamente las funciones requeridas se le conoce como *fiabilidad del equipo* todo esto bajo las condiciones especificadas dentro de un cierto período de tiempo. Existen varios tipos de fiabilidad: la intrínseca, la operativa y la total; la primera se basa en el diseño y se determina durante esta fase y las de fabricación e instalación, la operativa la determina el usuario y está relacionada con el modo y condiciones con que se opera el equipo, y por último la fiabilidad total es el producto de estas dos cualidades. En la siguiente figura se muestra la subdivisión de la fiabilidad:

Fiabilidad Intrínseca	Fiabilidad Operacional
Fiabilidad de diseño Fiabilidad de fabricación Fiabilidad de instalación	Fiabilidad de operación Fiabilidad de mantenimiento

**Figura 2.6.** Divisiones de la fiabilidad

*Fiabilidad de fabricación:* En la fabricación de algún producto el ensamblaje de piezas defectuosas puede tener como resultado una falta de exactitud dimensional, ensamblaje pobre, y formas incorrectas de las piezas.

*Fiabilidad de instalación:* Una instalación no apropiada nos dará como resultado vibraciones excesivas, equipo no nivelado así como defectos en cables y tuberías.

*Fiabilidad de diseño:* Un diseño defectuoso incluye plantillas que no encajan con las formas de la pieza de trabajo, lo cual trae consigo mecanismos defectuosos, selección de piezas equivocadas, una corta vida útil de las piezas y sistemas de detección defectuosos

Sin embargo, relativamente pocos defectos de los equipos tienen como causa la falta de fiabilidad en el diseño. La mayoría de los defectos están meramente relacionados con la operación como por ejemplo:

*Fiabilidad de operación y manipulado:* Los siguientes errores pueden reducir la fiabilidad de la operación: errores de manipulación, estándares operativos incorrectos, errores de preparación y ajuste y deficiencia en el mantenimiento de las condiciones básicas.

*Fiabilidad del mantenimiento:* La fiabilidad del equipo también puede disminuir por errores de mantenimiento, tales como sustitución y ensamblaje incorrecto de piezas.

Es necesario investigar la fuente de la falta de fiabilidad cuando ocurren averías y defectos de calidad. A menudo ocurren porque no se cuenta con los suficientes conocimientos de cómo operar el equipo o por los pobres conocimientos técnicos que se requieren para utilizar el equipo a su pleno rendimiento. En las figuras 2.7 y 2.8 se muestra de manera gráfica lo descrito en este párrafo.

Para adquirir la capacidad de utilizar al máximo una pieza del equipo es necesario estudiar la tecnología de fabricación. La capacitación para manejar una pieza del equipo se consigue estudiando los factores humanos. Aunque los niveles de los conocimientos técnicos sean altos, pueden surgir problemas cuando los usuarios ignoran los requerimientos fundamentales operativos o tienen poca habilidad operativa, aunque el contar con estas habilidades no sirve de mucho cuando el equipo es defectuoso, por lo tanto está claro que se deben perseguir simultáneamente las tecnologías de utilización y la gestión de los equipos.

Se pueden comprar equipos, pero los conocimientos necesarios para su operación apropiada no se obtienen fácilmente. Estos se consiguen únicamente cuando la compañía se compromete a adiestrar a todos los implicados en la utilización y mantenimiento del equipo. Cuando se compra maquinaria nueva y sofisticada, los operadores tardarán en dominar las operaciones, debido fundamentalmente a la falta de conocimientos y adiestramiento. Es decir, que en ocasiones es probable que pronto surjan problemas similares o incluso más complejos que los que se habían experimentado con el equipo antiguo.



# Condiciones esenciales para la función óptima del equipo

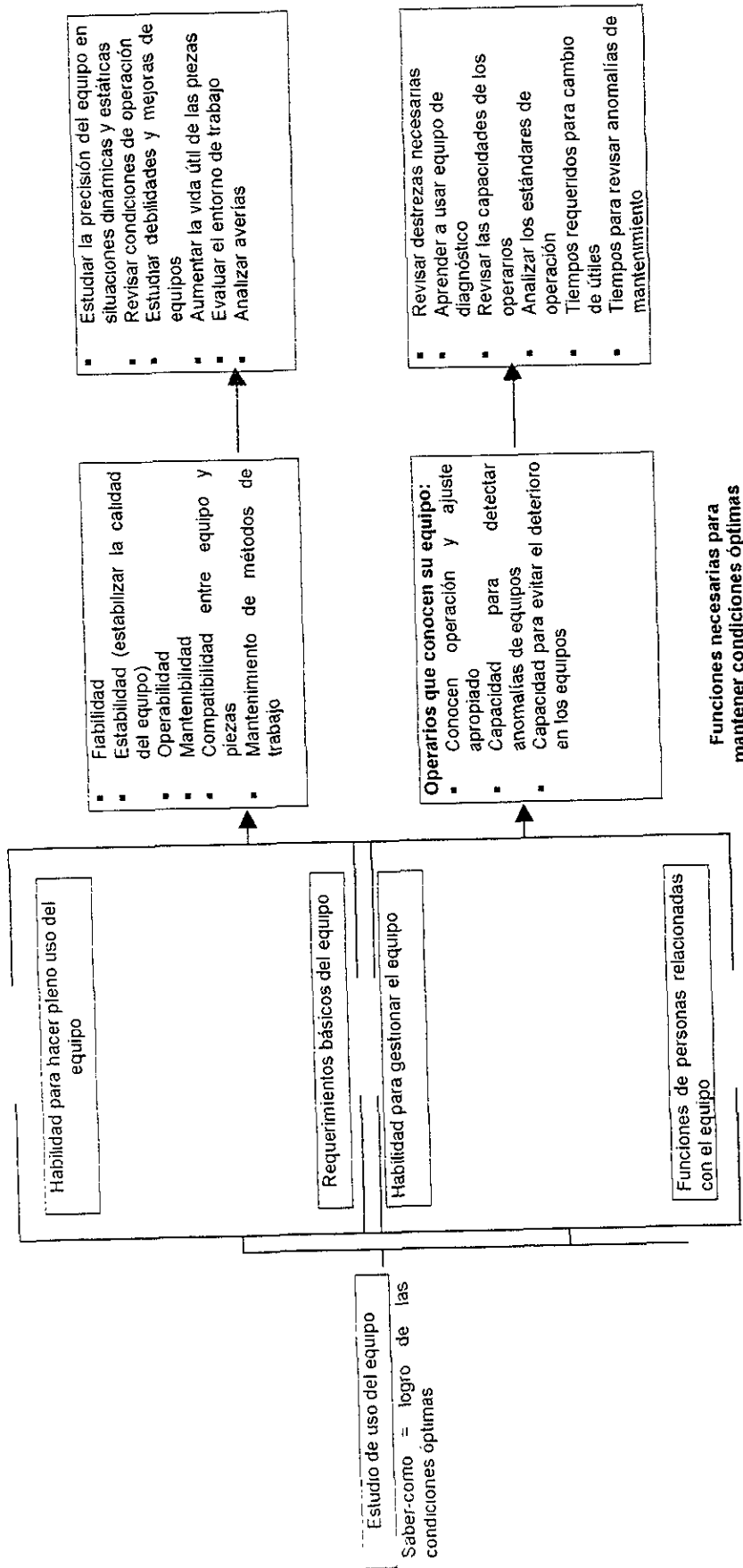
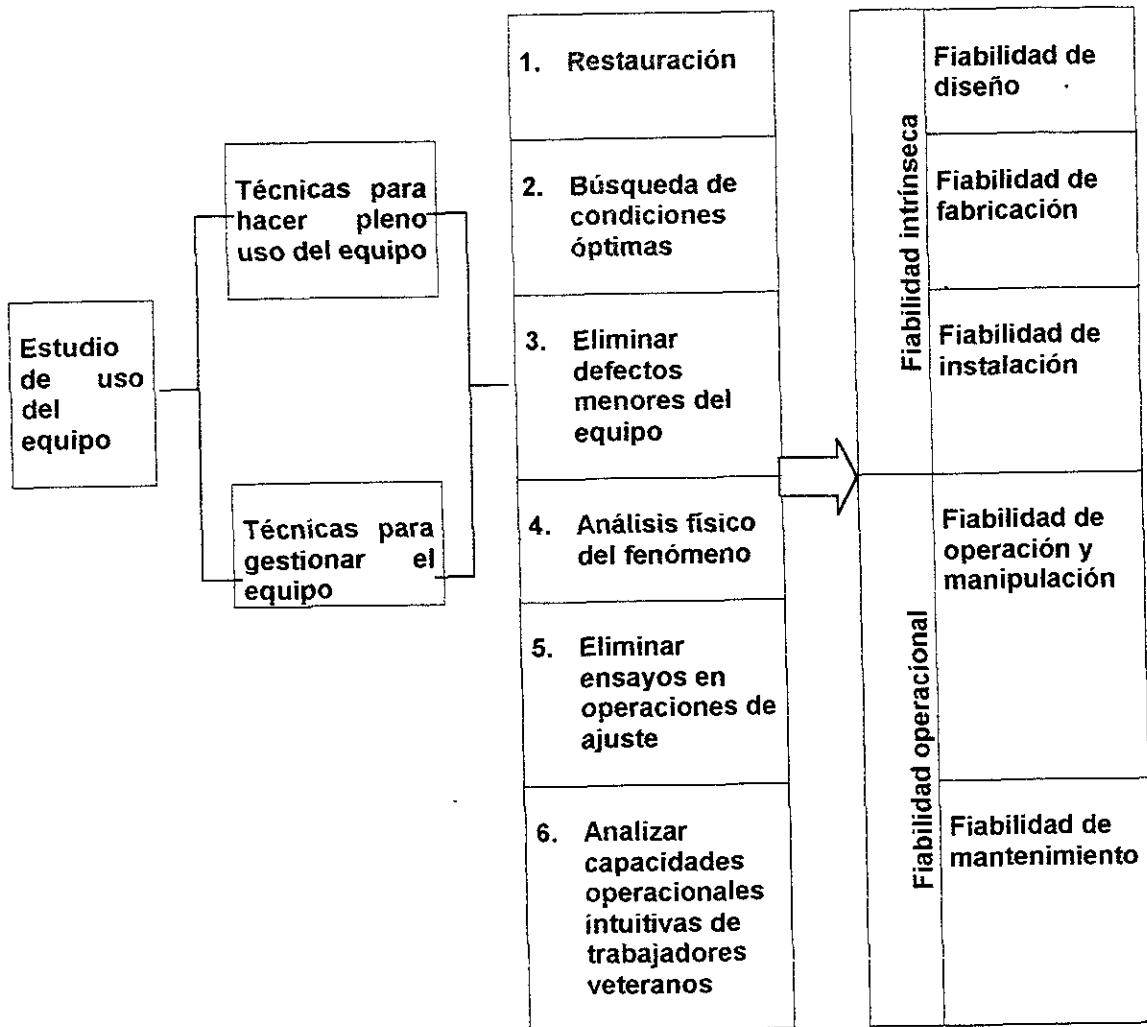


Figura 2.7 Estudio de uso del equipo



**Figura 2.8.** Uso pleno del equipo y mejoras básicas

Basándose en las figuras anteriores, podemos afirmar que con el tiempo todo equipo cambia, a veces los cambios son pequeños e insignificantes, pero la mayoría de las veces no es así y los grandes cambios causan fallas cuando no se corrigen inmediatamente, por eso es primordial el restablecimiento de las condiciones del equipo, (definiremos como restablecimiento a la acción de reintegrar a todo el equipo sus condiciones originales, propias o ideales fig. 2.9.). La duración y el alcance de los cambios dependen de las características particulares del equipo y de todos sus componentes. Sin embargo, cuando los cambios pequeños se descuidan repetidamente, también con el tiempo generan problemas grandes. Aunque no desemboquen en fallas, son causas de pérdidas crónicas.

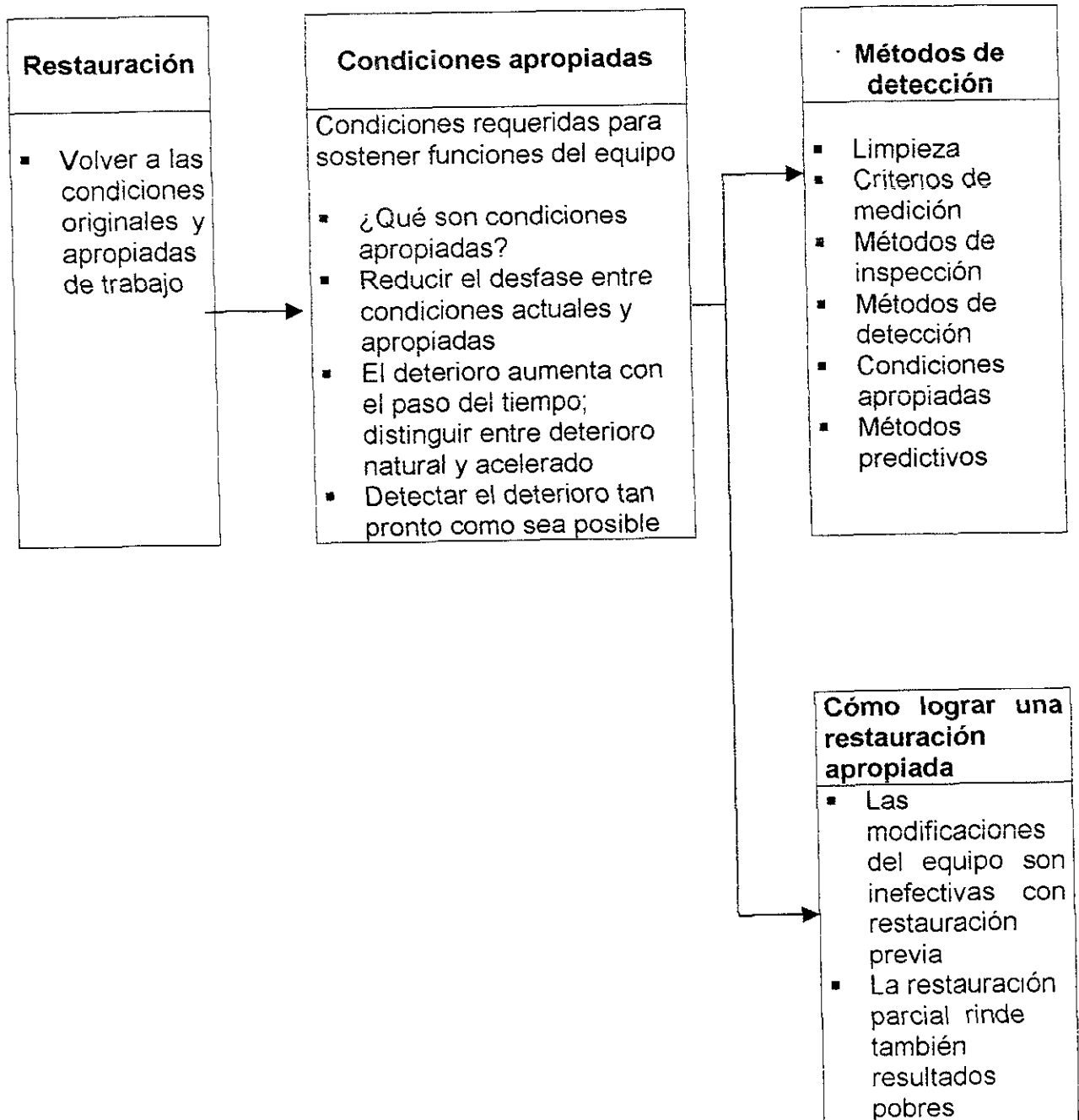


Figura 2.9. Restauración

Cuando se repiten las averías en ciclos cortos, los remedios aplicados implican frecuentemente sustituciones en los mecanismos, formas de las piezas, o materiales. Estos esfuerzos por lo general no son eficaces, porque las averías no han sido directamente causadas por los mecanismos, sino por el descuido de los pequeños cambios en las condiciones, tales como abrasión, precisión de acabado y métodos de ensamblado. Solamente cuando estas condiciones se restablecen en su totalidad se pueden prevenir las averías.

Puesto que al tratar las causas fundamentales el restablecimiento de las condiciones previene las averías, es necesario realizarlo antes de cambiar los mecanismos o las piezas. Si el restablecimiento de las condiciones no elimina las averías, entonces se deben realizar esfuerzos para una mejora del equipo. Sin embargo, esto no es aplicable a equipos que no puedan satisfacer los requerimientos técnicos mínimos, o los que se estén aplicando en el mercado en ese momento.

El equipo podrá funcionar a plena potencia solamente cuando exista un equilibrio entre resistencia y precisión de las piezas y todos sus componentes. Con el restablecimiento de las condiciones se intenta recuperar este equilibrio en el conjunto del equipo. Pero si se sigue con la vieja idea de reparar y cambiar solo algunas piezas del equipo, persistirán las pérdidas tanto de calidad como económicas.

El deterioro se puede clasificar en dos tipos:

*Deterioro natural.*- Es el desgaste normal de cualquier tipo de equipo que ocurre a pesar de una utilización y mantenimiento adecuados.

*Deterioro acelerado.*- Este tipo esta causado por factores humanos y se produce en el curso de un período más corto. Es el resultado de una negligencia en los requerimientos vitales en el mantenimiento del equipo, tales como lubricación y limpieza. También es el resultado del descuido del deterioro natural.

Por falta de cuidado, el deterioro tiende a aumentar con el tiempo y a extenderse a otras piezas. En realidad, un deterioro no controlado puede desencadenar una reacción que conduce a una avalancha de problemas. Esta situación es frecuente en los talleres. Por ejemplo, un tornillo flojo o suelto puede causar vibraciones. Sin embargo, si no se aprieta dicho tornillo y se controla la vibración esta tenderá a aumentar gradualmente y por lo tanto otros tornillos empezarán a soltarse.

Obviamente, es necesario identificar las condiciones de deterioro a través de inspecciones y efectuar las correcciones pertinentes cuanto antes. Desgraciadamente, los esfuerzos para detener el deterioro y restablecer el estado original del equipo se ven a menudo impedidos por la falta de la siguiente información:

- Condiciones originales, óptimas.
- Métodos apropiados para detectar el deterioro.
- Criterio para medir el deterioro.
- Procedimientos apropiados y modernos para restablecer las condiciones originales.

Tales problemas pueden evitarse estableciendo de antemano criterios y procedimientos.

Otro paso importante que se debe seguir para el restablecimiento de las condiciones óptimas del equipo es la *limpieza*, la cual constituye una manera eficaz de verificar y controlar el deterioro de un equipo. Es importante realizar la limpieza en las compañías por las siguientes causas:

- Durante la limpieza, cada pieza del equipo se toca o manipula.
- En el curso de estos trabajos el operario puede descubrir problemas tales como exceso de calor, vibración, ruidos anormales o piezas flojas.
- Al quitar el polvo, la suciedad y la grasa (y aplicando la lubricación apropiada) el deterioro es más lento.

La figura 2.10. muestra que la limpieza es una inspección para detectar el deterioro; alargar la vida útil de las piezas, mantener la precisión del equipo y los requerimientos de calidad.

<b>Aspectos físicos</b>	<b>Aspectos psicológicos</b>
1. Calidad <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir defectos de calidad.</li> <li>• Estabilizar la calidad.</li> </ul> 2. Equipo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detectar pronto malfunciones.</li> <li>• Prevenir abrasión.</li> <li>• Aumentar la vida de las piezas.</li> <li>• Evitar la mala operación.</li> <li>• Mantener la precisión en las piezas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar habilidad para detectar malfunciones.</li> <li>• Promover el respeto hacia el equipo.</li> <li>• Adherencia a reglas (disciplina).</li> <li>• Incremento de la motivación.</li> <li>• Trabajo en taller limpio y sano.</li> <li>• Elevar la confianza de los compradores.</li> </ul>

**Figura 2.10.** Efectos de limpieza

Consideremos, por ejemplo, la diferencia entre lavar un coche en un centro de servicio de lavado automático y lavarlo manualmente en casa. En grandes rasgos el efecto es el mismo; el coche queda limpio. Sin embargo, los defectos menos obvios se descubrirán solamente por una inspección personal al tocar las diferentes piezas, por ejemplo neumáticos gastados, presencia de clavos, defectos de pintura, arañazos u óxido. Para el equipo de una fábrica este tipo de limpieza o inspección es muy importante por las razones antes expuestas.

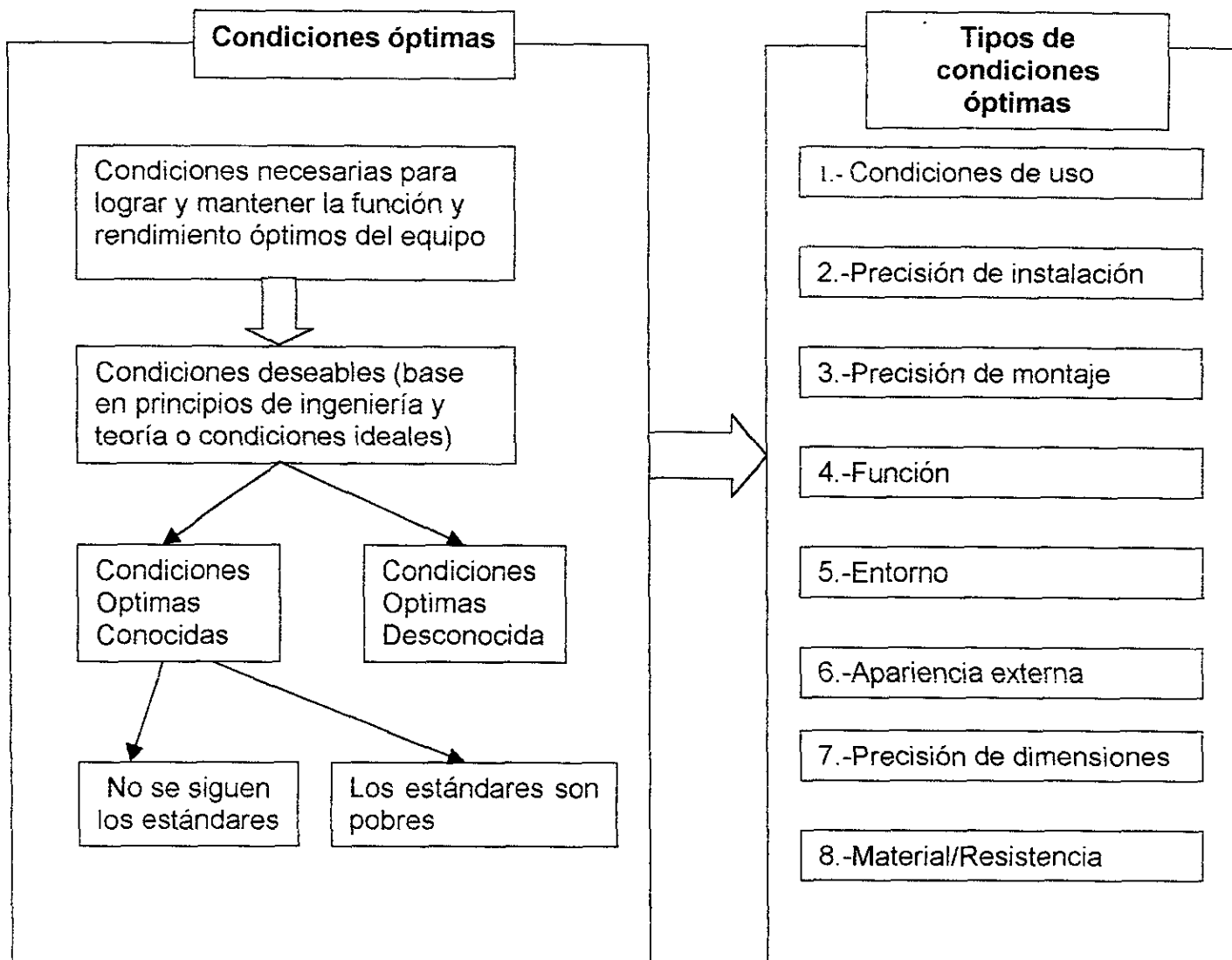
Para tener un equipo en excelentes condiciones, independientemente de la limpieza se deben conocer las condiciones óptimas del equipo; estas condiciones son aquellas que son esenciales para el funcionamiento y correcto mantenimiento de las capacidades del equipo. A menudo, no se establecen estándares para pieza y unidades. Aunque los estándares estén disponibles, puede haber problemas como resultado de la manera en que estos fueron desarrollados, o simplemente porque estos han sido ignorados. Cuando se opera un equipo sin comprender cuales son las condiciones óptimas, la rectificación de averías y defectos es lenta.

Con demasiada frecuencia no se establecen o se descuidan las tolerancias de precisión y los límites de control para la operación y el equipo se opera sin haberse entendido totalmente estos requerimientos. La figura 2.11. muestra que solamente determinando las condiciones mencionadas y manteniéndolas basadas en la función, el mecanismo y la utilización de las piezas, se pueden eliminar las pérdidas y los problemas.

Para establecer las condiciones óptimas es imperativo conocer cuales son las condiciones necesarias y cuales las deseables, las primeras son los requisitos básicos para la operación, mientras que las deseables sobrepasan los niveles mínimos o estándares de operación.

Las condiciones deseables no están directamente conectadas a las averías y defectos, pero influyen indirectamente sobre el proceso. De aquí en adelante nos centraremos en las condiciones necesarias, pero también se deben identificar y mantener las condiciones óptimas o deseables, puesto que el descuido (limpieza inadecuada) conduce a menudo a incurrir en pérdidas crónicas.

Las condiciones óptimas de operación pueden utilizarse para descubrir condiciones defectuosas. El defasamiento creado cuando se comparan las condiciones existentes con los valores óptimos destaca las zonas que requieren mejora.



**Figura 2.11.** Condiciones óptimas

Para establecer las condiciones óptimas de un equipo es necesario contemplar los siguientes puntos:

1.- La precisión dimensional es correcta, en cuanto a mecanización y medición de las piezas se refiere.

2.- La apariencia externa y verificación del estado de la superficie de las piezas y unidades (suciedad, abrasión).

- 3.- La precisión en el ensamblado, es decir, revisar si las piezas o componentes son precisas. cual es la precisión del montaje integrado.
- 4.- La precisión de instalación, que implica si el equipo ha sido instalado correctamente sin que se presenten vibraciones y que exista una nivelación adecuada.
- 5.- La precisión operativa es correcta, se deben tomar en cuenta las condiciones de procesamiento y operación. Nunca se debe suponer que normal sea igual a óptimo.
- 6.- Funcionan correctamente las piezas críticas del equipo y son compatibles con este en dimensiones y tolerancias.
- 7.- Es el entorno del equipo el adecuado (temperatura atmosférica, polvo y suciedad.).
- 8.- Es el material adecuado, tomando en cuenta las propiedades mecánicas del mismo.

Lo expuesto anteriormente se demuestra en forma gráfica en la figura 2.12.

Pero en ciertas ocasiones las condiciones óptimas no se conocen, porque aunque se puede encontrar alguna información en las especificaciones, los diseños, los manuales de instrucción de los vendedores o en otras fuentes técnicas, esta puede no ser la adecuada. Además, es bien sabido que en ocasiones no se dispone de instrucciones detalladas sobre piezas y montajes o manuales de instalación, o bien se han traspapelado. En estos casos es necesario desmontar el equipo y analizarlo para preparar diseños y especificaciones propios, examinar y decidir las condiciones óptimas basándose en pruebas y errores, y fijando límites de control.

Existe también lo que se conoce como pequeños defectos del equipo generalmente se consideran inofensivos y son: la suciedad, la vibración y la abrasión. Sin embargo, los pequeños defectos incluyen en general cualquier factor sospechoso que aparentemente tenga algún efecto sobre la eficiencia del equipo.



<b>1</b>	<b>Condiciones operacionales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones de proceso</li> <li>• Condiciones de operación y manipulación</li> <li>• Conformidad a requerimientos específicos del equipo</li> </ul>	

<b>2</b>	<b>Precisión de instalación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibración</li> <li>• Nivel</li> </ul>	

<b>3</b>	<b>Precisión de montaje</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión en partes y unidades montadas</li> <li>• Vibración y aflojamiento de piezas</li> <li>• Plano de referencia</li> <li>• Posición y ángulo para el montaje</li> <li>• Mecanismos de conexión entre piezas y unidades</li> </ul>	

<b>4</b>	<b>Función</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de operación (dentro de límites de control superior e inferior)</li> <li>• Compatibilidad de piezas</li> <li>• Condiciones de actuación del equipo</li> <li>• Fiabilidad del equipo</li> </ul>	

<b>5</b>	<b>Entorno</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvo</li> <li>• Suciedad</li> <li>• Calor</li> <li>• Métodos de limpieza</li> <li>• Limpieza de tuberías</li> </ul>	

<b>6</b>	<b>Apariencia externa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suciedad</li> <li>• Ralladuras</li> <li>• Polvo</li> <li>• Deformaciones</li> <li>• Pérdidas de calor</li> <li>• Agarrotamiento</li> <li>• Abrasión desigual</li> <li>• Roturas</li> <li>• Rugosidades</li> <li>• Angulo</li> </ul>	

<b>7</b>	<b>Precisión dimensional</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones</li> <li>• Precisión requerida</li> <li>• Rugosidad de la superficie acabada</li> <li>• Período de vida</li> <li>• Métodos de limpieza</li> </ul>	

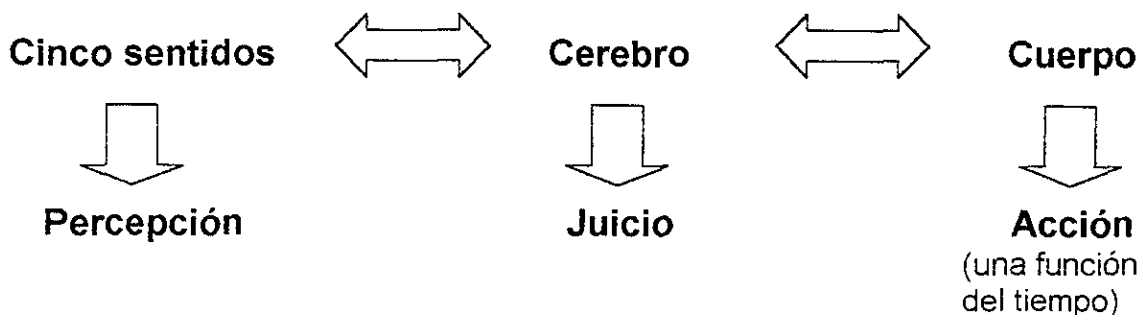
<b>8</b>	<b>Materiales / resistencia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones mecánicas de los materiales</li> </ul>	

Figura 2.12 Establecimiento de las condiciones óptimas

## II.5. Importancia del adiestramiento

Algunos autores definen la destreza como la habilidad de realizar trabajos de una manera rápida y eficaz, tanto como si fuera una acción refleja. La destreza asume un nivel de conocimiento técnico y experiencia que permite responder casi instintivamente a los problemas; la destreza de fabricación permite a un trabajador realizar las operaciones diarias eficaz y correctamente. Permite que una persona enjuicie un problema rápida y eficazmente, determine sus causas y aplique acciones correctoras que restituyen el estado ideal. Por ejemplo cuando un trabajador diestro escuche un ruido o vibración inusual en las partes giratorias de un equipo, basándose en su juicio y criterio decidirá si es una anomalía, localizará la fuente y determinará si se requiere una acción inmediata o si el asunto se puede posponer. Las personas diestras reaccionan ante este tipo de fenómenos en su lugar de trabajo y reflexionan sobre su alcance.

Las reacciones ejercitadas se vuelven reflejas cuando se hace uso de ellas frecuentemente. Por ejemplo, un conductor que de repente encuentra un obstáculo en el camino pisa automáticamente el freno o hace una maniobra para evitarlo. La agilidad con la que el conductor es capaz de resolver la situación estará en función de lo diestro que sea, ya que a mayor destreza menor tiempo necesitará para reaccionar y de esto dependerá que ocurra o no un percance.



Una meta importante de este sistema de productividad total es el de elevar los niveles de destreza de los trabajadores. El lugar de trabajo mejorará drásticamente cuando todo mundo adquiera mayor destreza. Los tipos de destreza en el lugar de trabajo con un valor particular son:

- Atención (habilidad de observar y distinguir los fenómenos)
- Juicio
- Acción y tratamientos correctos
- Restablecimiento
- Prevención
- Predicción

Es cierto que algunas operaciones y trabajos complejos requieren niveles muy altos de destreza. Por otro lado, las mejoras y los ajustes de equipo que han sido perfeccionados y simplificados eliminan la necesidad de algunos tipos de destreza.

En general algunas operaciones se realizan incorrectamente aún contando con equipos nuevos y simplificados e independientemente de que las personas sean nuevas o experimentadas. No se analiza la destreza que es necesario enseñar, por lo tanto, la formación y el adiestramiento son inadecuados. A menudo, se han proporcionado los conocimientos, pero los resultados y el rendimiento nunca se verifican.

Las diferencias de destreza surgen por estas tres razones distintas:

**No conocen:** Los trabajadores desconocen los principios para la operación adecuada del equipo, los ajustes y las acciones correctoras contra las anomalías. En otras palabras, carecen de conocimiento y adiestramiento.

**No pueden hacerlo:** Aunque en teoría los trabajadores comprendan como deben operarse los equipos, realizar los ajustes y las acciones correctoras, en la práctica no saben como hacer que esto transcurra debidamente. Algunas veces funcionan otras no. Estos problemas están causados por la falta de adiestramiento y práctica.

**No quieren:** Los trabajadores tienen la habilidad necesaria, pero no logran mantener los estándares fijados, su fallo proviene de un exceso de confianza, cambian arbitrariamente los procedimientos. Generalmente este tipo de problemas es causado por el descuido del supervisor y no por falta de preparación y/o adiestramiento.

Por otra parte un trabajador pasa por cuatro fases en el proceso de adiestramiento:

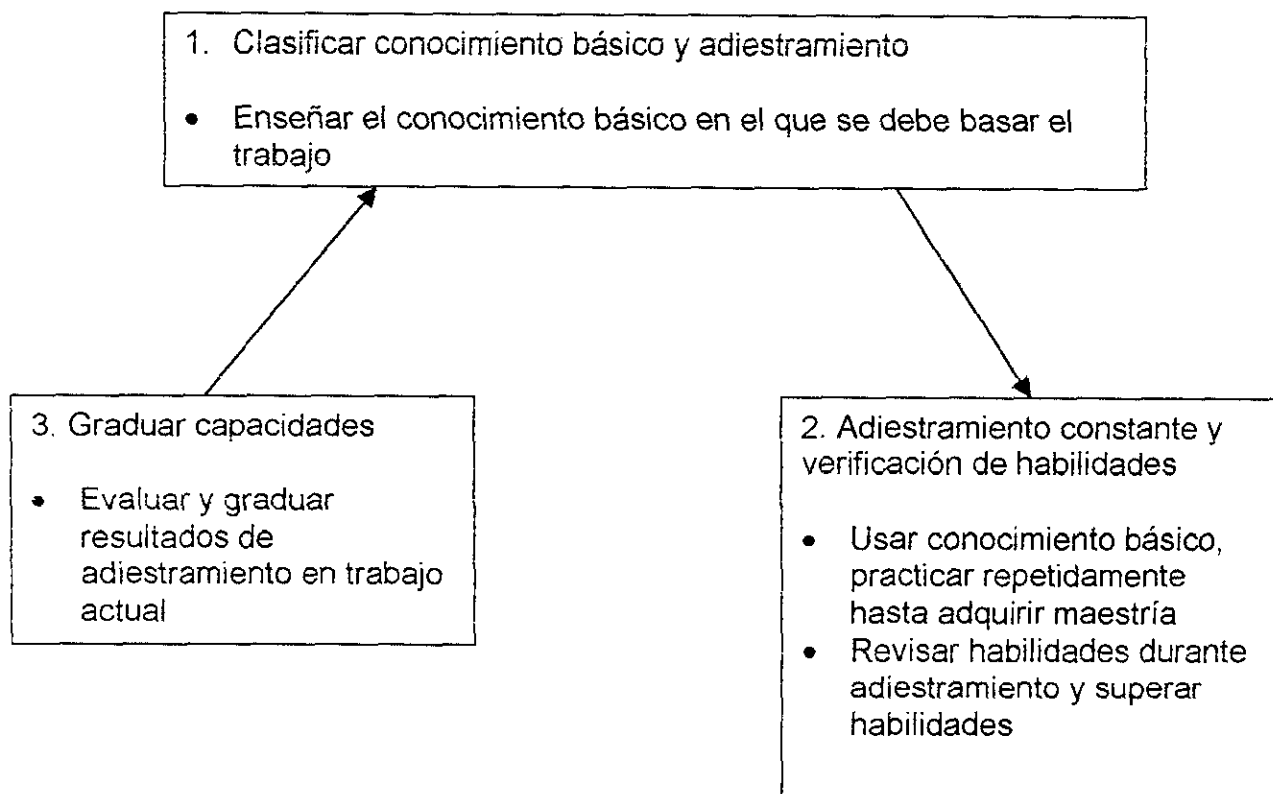
- 1) No sabe (falta de educación).
- 2) Tiene conocimientos, pero no sabe como ponerlos en práctica (formación, pero ningún adiestramiento).
- 3) Sabe aplicarlo, pero no bien (adiestramiento insuficiente).
- 4) Realiza su tarea con confianza (adiestramiento completo).

Como hemos mencionado los trabajadores deberían ser capaces de progresar de un nivel de destreza al siguiente a una velocidad razonable. Lo ideal seria que

todo el mundo consiguiera un alto nivel de destreza y confianza en la forma de realizar su trabajo. Dando por hecho que si se mantiene en estos niveles, habrá con el tiempo mejoras dramáticas en el lugar de trabajo.

De lo anterior podemos concluir que el adiestramiento para la destreza tiene la siguiente finalidad:

- Revisar los métodos actuales de trabajo y distinguir entre métodos que necesiten mejora y los que requieren destrezas especiales.
- Aclarar las destrezas esenciales y prescindir de las superficiales.
- Proporcionar una base sólida para manuales de inspección que puedan promover la destreza y acelerar la formación y el adiestramiento.
- Prevenir que se repitan los mismos errores.
- Adiestrar individualmente a todos los trabajadores y estandarizar la calidad de la producción.
- Prevenir que bajen los niveles de destreza con controles periódicos. En otras palabras, asegurar que todo mundo pueda afrontar cualquier tipo de problema relacionado con su área y controlar de una manera eficiente su destreza.



**Figura 2.13.** Adiestramiento

## II.6. Eliminación de las seis grandes pérdidas

Anteriormente hemos mencionado las seis grandes pérdidas del equipo que son: averías, tiempos de preparación y ajuste, tiempos muertos y pequeñas paradas, disminución de velocidad, defectos de proceso y pérdidas de rendimiento; a lo largo de este apartado se pretenderá revisar las actividades de mejora que tienen como finalidad eliminar estas pérdidas.

### II.6.1. Acciones contra las averías

Debemos reconocer que las averías son las causantes de la mayor parte de las pérdidas en la fabricación. Para tratar estas pérdidas seriamente y comenzar su reducción se requiere en principio una nueva forma de contemplar las averías.

Avería significa un daño causado deliberadamente por acciones humanas, es decir, las averías de los equipos son a menudo causadas por supuestos y acciones humanas, todo esto sucede porque en ocasiones muchos asumen que no es responsabilidad del operador realizar la inspección, que todo el equipo se debe averiar ya sea antes o después y también que se pueden localizar las averías.

Por lo tanto, podemos deducir que es sumamente difícil eliminar las averías. La eliminación es posible solamente si las personas cambian su forma de pensar sobre los equipos y la utilización de los mismos.

Como primer paso debemos empezar a cultivar nuevas actitudes, las personas relacionadas con el equipo deben reemplazar la idea de que "todo el equipo eventualmente se avería" por la convicción de que "todo equipo nunca debería averiarse". Solo así será posible que todos los demás, incluyendo los operadores, acepten la idea que el equipo puede utilizarse de una forma que realmente evite averías.

Para tratar de eliminar las averías debemos conocer más acerca de ellas, por este motivo las dividiremos para su estudio en dos categorías: averías de pérdida de función y averías de reducción de función.

*Averías de pérdida de función:* Una avería es un fallo repentino y drástico como consecuencia el equipo se detiene por completo. Este tipo de averías inesperadas son pérdidas claras, porque la producción se para. A esto se le conoce como

pérdida de función, o una avería que origina que todo el funcionamiento del equipo se pare. Aunque la causa se encuentre en una sola función específica, la avería tiene como resultado que todas las funciones del equipo cesen. Sin embargo, debemos aclarar que no todos los fallos del equipo son de este tipo.

*Avería de reducción de función:* En este tipo de avería el deterioro (no fallo) del equipo causa otras pérdidas, aunque el equipo puede seguir operando. Las pérdidas posibles de este tipo pueden ser los tiempos muertos frecuentes y paradas pequeñas, la disminución de la velocidad de fabricación y de tiempos de ciclo, así como el incremento de los defectos.

Generalmente, se tiende a pasar por alto las averías de reducción de función. Sin embargo, en muchos casos son responsables de la mayor proporción de las pérdidas totales del equipo.

Se debe tener en cuenta el hecho de que se tiene que evitar que una avería se vuelva crónica, las averías se vuelven crónicas por dos razones: problemas organizativos y problemas técnicos relacionados con el equipo.

*Debilidades de la organización:* En la mayoría de los departamentos de producción, los operadores aceptan la división tradicional y estricta del trabajo entre la producción y el mantenimiento ("yo opero – tu arreglas") y éste no les interesa. En los departamentos de mantenimiento, los trabajadores no son adecuadamente adiestrados en las habilidades especializadas requeridas para mantener en buenas condiciones el equipo, que cada día se vuelve más sofisticado.

Estos problemas suceden cuando la dirección de la empresa no tiene suficiente conciencia de la importancia del mantenimiento productivo. Es decir, que en ocasiones la dirección no está enterada del alcance de las pérdidas ocasionadas por el mantenimiento defectuoso de los equipos. Además de las averías, estas pérdidas incluyen el resto de las cinco pérdidas mayores del equipo. Antes de que pueda comenzar la mejora es necesario identificar con claridad los puntos débiles en la administración de los equipos de la compañía. Para poder comenzar las actividades para reducir las averías, es necesario que los directores y supervisores comprendan la importancia fundamental del mantenimiento preventivo para la mejora corporativa.

Para lograr cero defectos debemos eliminar las averías, estas se originan por los defectos ocultos, los cuales permanecen invisibles por una u otra causa y no se atienden. Las averías causadas por los defectos ocultos son de naturaleza

crónica, y ocurren tan a menudo que en ocasiones se le considera normales. Por ejemplo, una pérdida de velocidad en el equipo es a menudo difícil de detectar, pero de todas formas es un tipo de avería o fallo.

La atención convencional del departamento de mantenimiento se centra en averías esporádicas e inesperadas y defectos del equipo muy visibles. Sin embargo, el mantenimiento productivo total se ocupa tanto de las averías de pérdida de función como de las averías de reducción de función causadas por los defectos ocultos. Mientras un solo defecto significativo puede ocasionar una avería, la combinación de pequeños defectos ocultos que puedan parecerse que no tienen ninguna relación con la avería es muy a menudo la causa principal.

Este tipo de defectos ligeros pueden convertirse en defectos grandes. A veces se ocultan, aumentando así su efecto desencadenando una pérdida dramática, tal como una avería repentina. Igual que un solo cigarrillo sin apagar puede causar un gran fuego, los defectos ocultos encienden las averías y deberán ser apagados mientras son pequeños. Este es el principio fundamental del mantenimiento preventivo.

Ser consciente de los defectos ocultos es el primer y más difícil paso en la eliminación de las averías. No hace falta que los defectos sean pequeños para que resulte difícil descubrirlos.

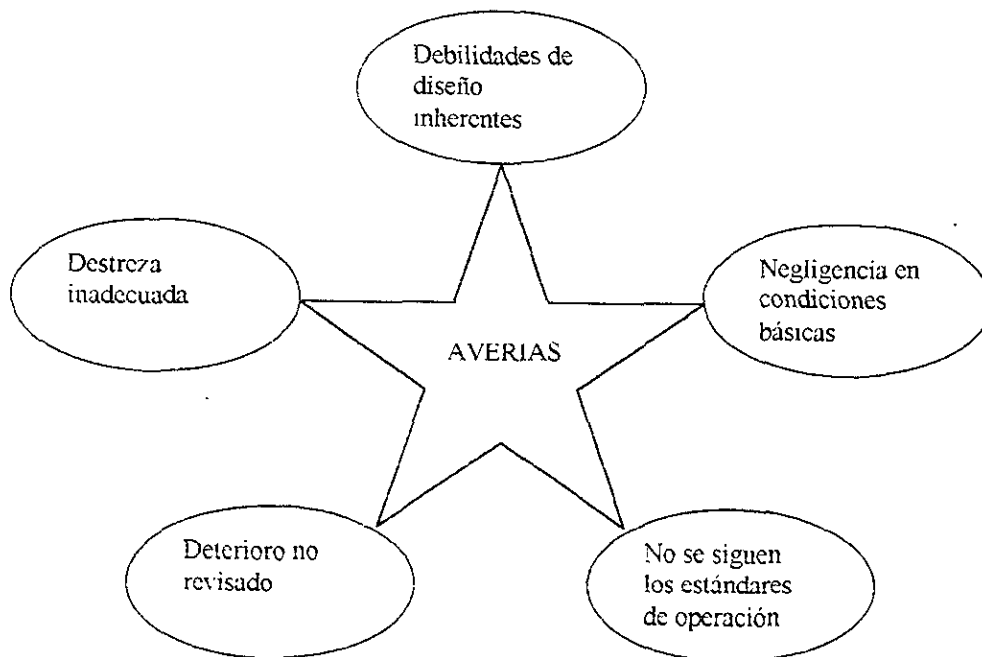
La eliminación de las averías causadas por los defectos ocultos exige una manera diferente de ver las cosas, puesto que si los esfuerzos para resolver problemas se centran solamente en la repetición de las averías en los defectos individuales obvios se puede desviar de la solución. Por eso es mejor dirigir los esfuerzos de mejora hacia los defectos ocultos y eliminarlos como grupo ya que, individualmente, están ocultos. Por lo tanto, el propósito del mantenimiento autónomo y del diseño del mantenimiento de prevención es crear un entorno para el equipo en el que los defectos ocultos simplemente no puedan desarrollarse.

Para eliminar defectos es necesario parar el equipo a intervalos razonables y así realizar la inspección y el mantenimiento, aunque es típico en las compañías que los departamentos de producción al encontrarse bajo la presión de la producción protesten cuando el departamento de mantenimiento exija que detengan sus equipos. Sin embargo, la pérdida de producción ocasionada por una hora de parada para inspección y servicio es mínima, comparada con la pérdida de docenas o más horas que requiere el tratamiento de una avería. En otras palabras, la pérdida de producción ocasionada por las paradas planificadas puede convertirse en beneficio.

Es decir, que podemos afirmar que las acciones que se deben seguir para descubrir los defectos ocultos son:

- Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, y apriete de tornillos).
- Apegarse a las condiciones operativas.
- Restaurar el deterioro.
- Corregir las debilidades del diseño.
- Mejorar las destrezas operativas y de mantenimiento.

Las cinco actividades que hemos mencionado deben seguirse adecuadamente, pues el descuido de alguna de ellas puede desencadenar una avería inmediata; la negligencia en más de una área causa a menudo mal funcionamiento en el equipo de una forma indirecta y oculta (figura 2.14). Por lo tanto una o dos actividades de este tipo son normalmente medidas insuficientes para acabar con las averías causadas por defectos ocultos. Aunque se utilicen varias estrategias de mejora, las averías seguirán surgiendo. Hay que recordar que la eliminación de todos los defectos ocultos es el único camino para eliminar todas las averías.



**Figura 2.14.** Combinación de causas de averías



Las cinco actividades para averías cero no son programas a corto plazo, ni deberán ser implantadas simultáneamente. Estas se introducen con mayor eficacia mediante cuatro fases consecutivas, las cuales son:

- Estabilizar los intervalos de los fallos de los equipos (tiempo medio entre fallos).
- Alargar la vida útil del equipo.
- Restaurar periódicamente los deterioros.
- Prever la vida útil del equipo.

**Fase 1:** Debemos comenzar restableciendo las condiciones originales del equipo. Generalmente, cualquier trabajador de mantenimiento al que se le pide que haga una lista de las zonas problemáticas que necesitan atención inmediata, presenta decenas de problemas. Normalmente estos problemas no se han atendido a causa del costo o por falta de personal, por lo apretado de los programa de producción o por esfuerzos inadecuados de ingeniería. Se deben estudiar cuidadosamente los problemas existentes y preparar un programa urgente para eliminarlos. Aunque esto signifique gastos adicionales y utilización de mano de obra subcontratada.

Por otra parte se debe prevenir el deterioro acelerado que es la causa principal de una gran variación en los intervalos de los fallos del equipo. Se causa por el mantenimiento defectuoso de las condiciones básicas de los equipos y el descuido de los estándares operativos. El mantenimiento de las condiciones básicas del equipo y el apego a los estándares operativos prevendrán el deterioro acelerado y reducirán la variabilidad de los intervalos entre los fallos de los equipos.

**Fase 2:** Corregir las debilidades del diseño. Si se revisa el deterioro acelerado, un equipo funcionará durante el tiempo que dure su vida útil tal como la determina el deterioro natural. Cuanto más se limite la acción del deterioro acelerado sobre un equipo, menor será la variación de los intervalos entre fallos y más larga será su vida útil. Si a pesar de los esfuerzos mencionados, la vida útil del equipo es demasiado corta es probable que el fallo esté en una debilidad del diseño. Si implantamos mejoras para remediar la debilidad y alargar la vida del equipo, generalmente se denomina a esta estrategia como mejora de mantenibilidad. Por otra parte aunque la mayoría de las averías son el resultado de errores operativos los errores de reparación pueden ser también las causas ya que los fallos fortuitos en una pieza del equipo resultan a menudo en una sobre carga para las demás piezas. Puesto que este tipo de averías no se puede evitar con inspecciones o controles, es preciso controlar la destreza en el mantenimiento y operación.

En esta fase todo el deterioro externo visible debe restaurarse hasta su condición original. Por lo general, más del 50% de las averías pueden evitarse restaurando persistentemente el deterioro externo.

**Fase 3:** Vida estimada de los equipos. Es preciso restaurar regularmente el deterioro para mantener la disminución del nivel de averías obtenido en la fase dos, e incluso bajarlo más. Para ello es necesario estimar con la máxima precisión la vida del equipo. También debemos establecer y seguir estándares periódicos para inspecciones, revisiones y sustitución de piezas. En esta fase, es importante llevar a cabo una mejora concienzuda del trabajo de mantenimiento. Si los estándares se fijan sin una mejora en el mantenimiento, el tiempo, la mano de obra, y los costos de inspección analítica y sustitución de piezas se dispararán, y el restablecimiento de las condiciones operativas será imposible.

La restauración periódica del deterioro externo no puede evitar todas las averías. Es necesario adiestrar a los trabajadores para que perciban las señales de anomalías causadas por el deterioro interno. Aunque los síntomas del deterioro interno no son siempre obvios, en muchos casos el operador adiestrado puede detectar anomalías en la temperatura, vibración, los ruidos, la luz, el color, olor, o los movimientos.

**Fase 4:** Utilización de las técnicas de diagnóstico de las máquinas. Las acciones descritas serán muy eficaces en la prevención de averías y en otras pérdidas en la mayoría de los equipos. Sin embargo en algunos equipos, la duración de su vida permanece inestable; las señales de averías no pueden detectarse por los cinco sentidos, porque no son fiables o se muestran demasiado tarde. En tales casos las técnicas de diagnóstico de las máquinas pueden emplearse para detectar señales, de otro modo invisibles, tales como vibraciones, sobrecalentamiento, o problemas de precisión.

Muchos tipos de mecanismos de diagnóstico tanto hardware como software están disponibles o en fases de desarrollo. Es probable que la aplicación superficial sea ineficaz, pero la exploración paciente debe proporcionar una recompensa al usuario y lo ayudará a prevenir las averías catastróficas. Las averías catastróficas que ocasionan la pérdida total de las funciones del equipo son completamente imprevisibles, cuando se han reducido las averías como resultado del programa de cuatro fases, solo quedan las averías catastróficas. Si no fuera por la cuestión del costo se podrían pronosticar las averías catastróficas, pero en la práctica no resulta razonable, por lo tanto, en el caso de tener una avería de este tipo sigue siendo útil el análisis técnico de las causas, por ejemplo, ubicación de la avería, fatiga del equipo, engranajes que no encajan ó ubicación del desgaste. Con estos conocimientos, se pueden realizar las mejoras apropiadas para mantener y alargar la vida del equipo.

## II.6.2. Mejora de preparaciones y ajustes

El tiempo muerto de la preparación de máquinas y el ajuste comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Esto incluye el tiempo requerido para preparar matrices y plantillas para un producto en concreto, limpiar, preparar matrices y plantillas para el próximo producto, volver a montar el equipo, ajustarlo, comprobar el resultado y realizar ajustes posteriores, hasta que de forma fiable se logre producir una calidad aceptable. La preparación y el ajuste deben realizarse con rapidez y exactitud. Esto exige planificación y estudio sistemático de las maneras de reducir el tiempo de preparación y ajuste sin que la precisión disminuya.

Con la gran difusión de las técnicas de cambio de útiles en el menor tiempo posible y aunque se hayan acortado los tiempos de preparación, en muchos casos caben todavía mejoras, por ejemplo, se han conseguido reducciones óptimas en los tiempos de preparación y en los ajustes simples, pero el progreso ha sido menor cuando se trata de equipos más complicados. Los puntos que a continuación exponemos ilustran los problemas más comunes.

Hay frecuentemente quejas de que los tiempos de preparación y ajuste son largos, pero pocas son las personas que comprenden ampliamente la relación que existe entre las variables para llevar a cabo verdaderas mejoras. La inseguridad y la inconsistencia crean obstáculos para la mejora de los siguientes casos:

- Métodos de trabajo (procedimientos, métodos, destreza del operador).
- Plantillas y herramientas (forma, mecanismos, precisión).
- Precisión (la precisión que debe mantenerse, la relación entre la precisión y el ajuste).
- Problemas técnicos (mejoras técnicas requeridas).
- Supervisión (necesidad de evaluación).

Cuando estos temas no son tratados y estandarizados y se abandona a los operadores a su suerte, los tiempos de preparación y ajuste son inconsistentes y las causas permanecen inciertas.

Una vez que hemos expuesto los obstáculos que impiden que el proceso de preparación y ajuste se lleve a cabo en menor tiempo posible expondremos a

continuación el procedimiento para la mejora de la preparación, el primer paso en la mejora de la preparación es distinguir las actividades que se pueden llevar a cabo mientras el equipo esté funcionando de las que solamente pueden realizarse cuando se halla detenido.

Las actividades de *preparación externa* son las que pueden tener lugar mientras el equipo está funcionando. Incluyen preparación de plantillas, matrices y herramientas; preparación del banco de trabajo y del área de almacenaje de los elementos que se van a cambiar; ensamblado previo parcial; y precalentamiento. Las actividades de preparación externa pueden llevarse a cabo con anticipación para ahorrar tiempo cuando se prepare la máquina.

Las actividades de *preparación interna* pueden realizarse solamente estando el equipo parado, por ejemplo, cuando se sustituyen matrices y plantillas, cuando se realizan el centrado y sustituyen matrices y plantillas, cuando se realiza el centrado y ajuste. Se reduce el tiempo muerto del equipo eliminando del tiempo de preparación interna todas las tareas que se puedan realizar mientras este funcionando el equipo. Este es el primer paso de la mejora de la preparación.

Muchas tareas de preparación externa se encuentran ocultas en el tiempo de la preparación interna. Por ejemplo, cuando en la operación de cambio de útiles falta una herramienta o un perno esencial, el operador tiene que buscar uno nuevo; cuando se descubren defectos, hay que tomar tiempo para reparaciones parciales. Los operadores consideran estos retrasos como incidencias normales, pero un observador objetivo puede considerarlos como pérdidas.

Tres simples reglas deben tenerse en cuenta a la hora de mejorar la preparación y el ajuste:

- No se debe perder tiempo buscando piezas y herramientas, antes de realizar cualquier trabajo previamente se deben de seleccionar todas las herramientas y piezas necesarias.
- No realizar desplazamientos que no sean necesarios; se deben establecer bancos de trabajo y zonas de almacenamiento apropiados que estén lo suficientemente cerca del equipo.
- Tener cuidado en utilizar las herramientas y las piezas adecuadas.

En las operaciones de preparación, estos principios de organización indican que preparaciones se realizarán mientras la máquina está funcionando para asegurar que los elementos y herramientas necesarias estén disponibles cuándo y dónde

hagan falta y las cantidades precisas. Los operadores deberán aplicar el orden para asegurar que se sigan los estándares, por ejemplo realizando listas de revisión, diseñando controles visuales, tableros para herramientas, contenedores de piezas, mejorando la distribución y posición del banco de trabajo.

Muchas funciones que corrientemente se llevan a cabo durante la preparación interna pueden realizarse durante el tiempo de preparación externa, o modificarse para reducir su duración. Por ejemplo, una plantilla que normalmente se cambia, monta o ajusta mientras la máquina está parada, puede ser preensamblada, mientras la máquina está en funcionamiento. Los Ajustes que se puedan realizar durante el tiempo de preparación interna, pueden reducirse a través de ajustes parciales durante el tiempo de preparación externa, siguiendo procedimientos estándares predeterminados.

Los siguientes métodos pueden utilizarse para convertir preparación interna en externa:

- 1). Ensamblado previo
- 2). Utilizar plantillas estándares
- 3). Eliminar los ajustes (siempre que sea posible)
- 4). Utilizar plantillas intermediarias

También el tiempo de preparación interna puede a menudo reducirse por medio de la utilización de plantillas de colocación rápida y métodos de ensamblado y sujeción mejorados, así como eliminando los ajustes:

- 1) Simplificar el mecanismo de anclaje
- 2) Adoptar operaciones paralelas
- 3) Optimizar el número de trabajadores y la división del trabajo

En la figura 2.15 se muestra un ejemplo de las estrategias para la mejora de las preparaciones.

Una vez esclarecida la mejora de las preparaciones de las máquinas, nos enfocaremos a la eliminación de los ajustes. Muchos de ellos pueden realizarse sin experimentos de pruebas y errores. Solamente deberán permanecer los que sean inevitables y esenciales, para eliminarlos, tenemos que analizar sus propósitos, causas, métodos actuales empleados y efectividad.

<b>Preparación externa</b>	Preparación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herramientas (tipos, cantidades)</li> <li>▪ Localizaciones</li> <li>▪ Posición</li> <li>▪ Organización y orden del lugar de trabajo</li> <li>▪ Procedimiento de preparación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No búsquedas</li> <li>▪ No movimientos</li> <li>▪ No desechos</li> </ul>
	Preparación de equipo auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisión de plantillas</li> <li>▪ Instrumentos de medición</li> <li>▪ Máquinas precalentadas</li> <li>▪ Premontajes</li> <li>▪ Preparación interna</li> </ul>	
<b>Preparación interna</b>	Fase de operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estandarizar procedimientos y métodos de trabajo</li> <li>▪ Asignación de trabajos</li> <li>▪ Evaluar efectividad del trabajo</li> <li>▪ Operaciones paralelas</li> <li>▪ Simplificar el trabajo</li> <li>▪ Personal suficiente</li> <li>▪ Simplificar ensamble</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminar procedimientos redundantes</li> <li>▪ Inculcar operaciones básicas</li> </ul>
	Útiles y plantillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Métodos de anclaje eficiente</li> <li>▪ Reducir el número de puntos de anclaje</li> <li>▪ Formas de útiles y plantillas</li> <li>▪ Uso de plantillas intermedias</li> <li>▪ Estándarizar útiles y plantillas</li> <li>▪ Separar funciones y métodos</li> <li>▪ Intercambiabilidad</li> </ul>	
	Ajuste	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Precisión de plantillas</li> <li>▪ Precisión del equipo</li> <li>▪ Fijar superficies de referencia</li> <li>▪ Métodos de medición</li> <li>▪ Métodos de simplificación</li> <li>▪ Estandarizar métodos de ajuste</li> <li>▪ Selección</li> <li>▪ Cuantificación</li> <li>▪ Separar ajustes interdependientes</li> <li>▪ Optimizar condiciones</li> </ul>	Eliminar ajustes

Figura 2.15. Mejora de la preparación de máquinas y ajuste

Los ajustes cumplen los siguientes propósitos básicos:

- Posicionado: fijar la posición en los ejes X, Y o Z.
- Centrado: centrar las herramientas de corte en las piezas de trabajo.
- Medición: ajustar la profundidad del corte a las dimensiones del diseño.
- Tiempo: ajustar el tiempo de varias funciones simultaneas del equipo.
- Equilibrio: ajustar la presión, equilibrio de muelles, o equilibrado con los tornillos de fijación.

Las circunstancias por las cuales son necesarios los ajustes son las siguientes:

*Acumulación de errores:* Los efectos de los pequeños errores comienzan a multiplicarse y deben corregirse periódicamente por medio de ajustes cuando la precisión en un equipo es deficiente y cuando no hay controles específicos de límite que mantener. Además, los acoplamientos imprecisos de plantillas y herramientas, a menudo en combinación con la falta de precisión en el equipo, hacen aumentar los problemas de adaptación. Un porcentaje grande del tiempo total de ajuste es el que se utiliza en rectificar los errores acumulados.

*Falta de rigidez:* En ocasiones todas las piezas encajan cuando la máquina no está funcionando, pero se producen errores durante la operación, puede que esto se deba a que el equipo o las piezas están faltos de firmeza.

*Deficiencias de los estándares:* Cuando no se cuenta con estándares es necesario realizar pruebas de ensayo y error que permitan fijar el estándar. Estos ensayos son necesarios siempre que no se haya especificado ningún plano de referencia. Incluso aunque haya marcas de referencia disponibles, no son útiles, si por ejemplo, las superficies son rugosas o existen manchas.

*Falta de métodos de medición:* Los ajustes se requieren cuando no existen métodos de medición disponibles o cuando la incapacidad de cuantificar impide que se establezca un método.

*Ajustes inevitables:* Algunos tipos de mecanismos de los equipos requieren intervención humana para su funcionamiento correcto. A excepción de que se haga un nuevo mecanismo totalmente automatizado, será necesario realizar algunas pruebas para su funcionamiento óptimo.

*Métodos de trabajo inapropiados:* Algunos ajustes son necesarios porque los métodos y procedimientos de trabajo no están claros. Aunque estén claros, la

realización puede ser incorrecta, porque los resultados no se someten a un control adecuado.

Cuando los ajustes no se pueden eliminar, se pueden adoptar diferentes estrategias para mejorarlos. Una de ellas es utilizar valores *fijos* para evitarlos cuando sea posible, de no ser así, considerar métodos de medición que posibiliten valores numéricos, o intentar utilizar un atributo diferente para determinarlo.

También se puede *establecer un procedimiento estándar* para la realización del ajuste y asegurar que cada paso se haya entendido bien. Después de cada paso el trabajador deberá asegurarse de que se haya obtenido el resultado correcto y que el valor se encuentre dentro de la escala establecida, así mismo, considerar como el ajuste de una pieza de la máquina afecta directa o indirectamente a esta.

Por otra parte para evitar errores, es necesario aumentar la destreza de los trabajadores, haciéndoles ensayar los procedimientos. La destreza perfeccionada a través de la repetición se retiene durante un periodo más largo.

### **II.6.3. Reducción de tiempos muertos y paradas menores**

Los tiempo muertos y paradas menores se ocasionan cuando un equipo por ejemplo, marcha en forma continua sin producir o para como resultado de un problema temporal. Un ejemplo común es cuando una pieza se queda atascada en una rampa o atorada en una obstrucción, o cuando un sensor se activa y para la maquinaria. Estos inconvenientes se detectan de manera rápida; la operación normal puede restablecerse con simples medidas, como quitar y volver a colocar correctamente la pieza de trabajo atascada o volver a poner el equipo en marcha.

Puesto que las averías causan una pérdida o reducción en las funciones normales del equipo, el restablecimiento de las condiciones normales requiere trabajos de reparación, sustitución de piezas, y ajustes. Esto exige tiempo. Ya que los tiempos muertos y las paradas menores interrumpen las funciones, pueden también categorizarse como averías. Aún así, son esencialmente diferentes. Una parada pequeña puede ser atendida rápidamente, en cuanto haya sido observada. Por otro lado, si el equipo marcha en vacío a menudo, o se para con frecuencia, el rendimiento de la fábrica puede disminuir. Esto ocurre con más frecuencia en fábricas con alto número de máquinas automáticas. Si una parada pequeña no se



detecta rápidamente, pronto se convertirá en una parada mayor y una causa principal de la baja en las tasas operativas.

En fábricas con muchos sistemas automatizados de producción, los tiempos muertos, paradas menores, y defectos relacionados impiden que las máquinas individuales se utilicen a su capacidad total. Los operadores intentan mantener la maquinaria automatizada marchando de forma uniforme para aprovechar su capacidad, pero también están atareados luchando con problemas. Debido a que sus esfuerzos son demasiado difusos para producir alguna mejora, la maquinaria es automática solo nominalmente. Podemos decir que en ocasiones los operadores, en lugar de utilizar las máquinas, son utilizados por éstas.

Con todo lo descrito en esta sección, se puede afirmar que las paradas se producen cuando un problema se detecta por un instrumento y el equipo para automáticamente, estas paradas se dividen en:

- Paradas debidas a sobrecarga
- Paradas debidas a anomalías de calidad
- Tiempo muerto

En cuanto a características de los tiempos muertos y paradas menores se puede decir que es fácil reiniciar la actividad en la máquina después de que estos ocurren, por lo que se dedica poco esfuerzo a su eliminación. Es típico que el personal de producción y mantenimiento no consideren los anteriores como problemas, por lo que simplemente los tolera. Hay ciertas características de los tiempos muertos y paradas menores que hacen difícil atenderlos sistemáticamente y son las siguientes:

***Las condiciones de las incidencias varían considerablemente:***

Estos tipos de problemas pueden tener lugar con algunos productos o piezas y con otros no, o con todos los productos y piezas pero bajo ciertas condiciones. Pueden ocurrir solo ciertos días, o solamente con ciertas máquinas. Estas condiciones variables hacen inevitablemente más fácil que sean ignoradas.

***La localización cambia constantemente:***

Los tiempos muertos y pequeñas paradas rara vez ocurren en el mismo punto de la máquina. A menudo tienen lugar en un área y seguidamente hay incidencias separadas en distintas áreas, haciendo difícil captar cuál es su verdadera

naturaleza; el problema puede ser crónico o también pueden ocurrir problemas esporádicos junto con un problema crónico.

En el primer caso, los tiempos muertos y las paradas menores se concentran en cierta parte de la máquina. Diferentes acciones reducen su incidencia; después surgen en otro punto. El resultado es que no hay mejora en conjunto. Es decir, que la estrategia clave en la reducción de los problemas anteriores es la búsqueda de defectos ocultos. Los equipos de mejora tienen que estar decididos a eliminarlos siempre que ocurren.

En el segundo caso, ocurre una parada esporádica e inesperada simultáneamente con una parada crónica. La parada esporádica puede ser causada por una pieza defectuosa o una plantilla incorrectamente instalada; pero sea cual sea la causa, el problema esporádico es un fenómeno diferente al problema crónico y se manifiesta de forma diferente. Por lo tanto, es importante observar rápidamente la diferencia y tomar medidas correctoras.

### ***El alcance de la pérdida no está claro:***

Las pérdidas causadas por tiempos muertos y paradas son difíciles de cuantificar sobre todo en periodos largos. Factores como la ubicación, frecuencia y tiempo de corrección requerido, son difíciles de medir de forma continua aunque se podrían rastrear en periodos más largos si cada operador fuese responsable de una sola pieza del equipo. Sin embargo, los operadores que están a cargo de un gran número de máquinas, solo pueden determinar el tiempo operativo neto y estimar las pérdidas correspondientes a algunos problemas en específico basándose en las cifras de producción. Desgraciadamente, estos no informan sobre el número de incidencias.

Una vez expuestas las características de los tiempos muertos hablaremos de los problemas más comunes por los cuales se generan estas pérdidas:

### ***Las paradas pasan desapercibidas:***

Aunque sea fácil corregir una pérdida menor cada vez que se produce, resultan sorprendentemente altas las pérdidas en la producción como consecuencia de incidencias frecuentes y paradas que no han sido descubiertas rápidamente. Sin embargo, puesto que las pérdidas no se han observado ni medido no se reconoce el problema. Por lo tanto, el primer paso para resolver los problemas de los tiempos muertos y paradas menores es medir las pérdidas que causan.

***Los fenómenos no se observan con suficiente detenimiento:***

Observar lo que en realidad ocurre cuando hay tiempos muertos y paradas es una clave importante para su resolución, sin embargo, es imposible estar en el lugar justo en el momento justo y puede ser demasiado corto el fenómeno para poder observarlo con claridad. Esto contribuye a la tendencia de tratar los defectos en lugar de las causas.

***Las acciones de remedio son inadecuadas:***

Es típico que los operadores y el personal de mantenimiento presten una atención superficial a los tiempos muertos y paradas menores, aplicando medidas provisionales y remedios que solamente cubren parte del problema. Tratan los síntomas pero no toman las medidas fundamentales necesarias para erradicar las causas.

Para atacar las causas básicas de los tiempos muertos y las paradas menores, un equipo de mejora deberá observar en el propio taller como ocurren y, a continuación, analizar y clasificar los resultados. Las raíces de los problemas deben identificarse y comprenderse antes de que se tomen las medidas para remediarlos. A continuación estudiaremos las estrategias básicas del programa de mantenimiento productivo para reducir este tipo de problemas.

1). Corrección de los pequeños defectos en piezas y plantillas: Para comenzar a reducir las paradas menores y los tiempos muertos, se deben seleccionar y corregir los pequeños defectos en piezas y plantillas implicadas en el cambio de trabajo. Estos pequeños defectos consisten a menudo en irregularidades mínimas en el aspecto externo y la forma de las piezas.

El enfoque típico en los problemas de los equipos puede ser el principal obstáculo para la mejora. No podemos descubrir las raíces de los problemas crónicos y encontrar nuevas soluciones hasta que seamos capaces de ver los detalles que nunca antes habíamos observado y considerar soluciones innovativas. Utilizar las siguientes estrategias para cambiar la forma de pensar de los grupos sobre los problemas del equipo.

- Reconocer la existencia de problemas y la posibilidad de su localización, en otras palabras, que existe lugar para mejoras.
- Descubrir los problemas ocultos comparando las cosas tal como son y no como debieran ser.
- Investigar cualquier cosa fuera de lo normal (cualquier cosa que pueda ser un factor potencial) de acuerdo con las teorías y prácticas consideradas de ingeniería.

Si corregimos los pequeños defectos se minimiza de lote a lote y de día a día la variación en la ubicación y frecuencia de las incidencias de tiempos muertos y paradas menores. Con esto se reducen sus causas y se revela la diferencia de su incidencia antes y después de la rectificación de los pequeños defectos y se descubren los defectos ocultos.

La figura 2.16 muestra la organización de diferentes planteamientos de mejora que aseguran una investigación minuciosa y sistemática.

2). Asegurar que se mantengan las condiciones básicas del equipo: Los tiempos muertos y paradas menores se ocasionan a menudo por la falta de mantenimiento de las condiciones básicas del equipo, de modo que hay que asegurarse que los estándares se observen escrupulosamente. Si el equipo está sucio porque nadie se ha molestado en limpiarlo y si no se corrigieron el juego y la holgura en las piezas, las paradas son inevitables. Es vital que los empleados conozcan y mantengan las condiciones básicas de su equipo.

3). Revisar las operaciones básicas: La frecuencia de los tiempos muertos y paradas menores está a menudo afectada por la forma en que ha preparado el equipo. El mismo operador puede obtener resultados diferentes en días diferentes dependiendo de cómo realizó la operación del equipo (cambio de útiles).

Se debe asegurar que la preparación, los ajustes y otras operaciones se realicen correctamente. Aunque se hayan aprendido las operaciones básicas, conviene verificar periódicamente que todo funcione de forma correcta.

4). Realizar un análisis físico de los fenómenos: La implantación minuciosa de las tres estrategias descritas anteriormente cambia las incidencias, frecuencia y ubicación de los tiempos muertos y paradas menores. Sin embargo, si aplicamos solamente estas mejoras no se pueden reducir los problemas a cero. Para reducir todavía más la incidencia, es preciso analizarlos de acuerdo con los principios físicos.

	<b>Enfoque de mejora</b>	<b>Objeto de la mejora</b>
Fiabilidad de uso	1. Corregir defectos menores	a) Apariencia externa (superficie dañada, desgastada o rayada) b) Dimensiones (precisión dimensional necesaria y holguras) c) Actuación (juego y excentricidad)
Fiabilidad de uso	2. Aplicar conceptos básicos de operaciones de taller	a) Limpieza (suciedad y polvo) b) Lubricación (suciedad, desgaste y fugas) c) Apriete de pernos (pernos y tuercas flojos)
Fiabilidad de uso	3. Adherencia a los procedimientos y estándares de trabajo básico	a) Correcta manipulación b) Cambio de útiles (métodos de ajuste y montajes) Observación del equipo (métodos de detección de anomalías)
Fiabilidad de uso y fabricación de equipo	4. Identificar condiciones óptimas	a) Condiciones de instalación adecuadas (ángulo, posición, resonancia, presión de aire comprimido, grado de vacío ó amplitud de la vibración) b) Condiciones de proceso (tasa de alimentación óptima)
Fiabilidad de uso y fabricación de equipo	5. Identificar la configuración requerida	a) Límites de precisión requeridos (precisión de piezas, precisión en los ensambles) b) Condiciones de uso (rango óptimo de uso)
Fiabilidad inherente	6. Investigar las debilidades del diseño	a) Diseños conformables a las funciones de las piezas (cambio de diseño de formas) b) Selección de piezas (cambio resultante de calidad material/función) c) Consideración de mecanismos y sistemas

**Figura 2.16.** Seis aproximaciones para mejorar las paradas menores y los tiempos muertos

5). Determinar las condiciones óptimas: La próxima estrategia para reducir los tiempos muertos y las paradas es ocuparse de la fiabilidad del equipo. Tomando como punto de partida el equipo, plantillas y herramientas existentes, revise las condiciones de instalación y de proceso de todas las piezas y unidades y considere la forma de optimizarlas. Las condiciones de instalación incluyen todos los factores relacionados con la forma en que se ha instalado el equipo, tales como posición de las piezas, ángulos y resonancia. Las condiciones de procesado son las condiciones físicas tales como la presión neumática, presión de vacío, amplitud de la vibración y volumen de suministro de las piezas de trabajo.

Las condiciones de instalación de proceso se establecen a menudo basándose en las experiencias del pasado. Que sean óptimas o no es una cuestión que no siempre se tiene en cuenta. Es por esta razón por la que al realizar las condiciones existentes es necesario aplicar un enfoque de pruebas y errores.

6). Eliminar las debilidades del diseño: Si los enfoques arriba mencionados no reducen las paradas, la raíz del problema es a menudo las debilidades del diseño del equipo. Se pueden encontrar debilidades y posibles problemas en el diseño de los mecanismos del equipo, materiales y forma de las piezas. Frecuentemente los tiempos muertos y las paradas menores están causadas por plantillas que no están correctamente encajadas con las formas de las piezas de trabajo.

Otra causa común es la utilización de equipos existentes que contienen defectos ocultos sin que sean tratados como tales. Lo último que se debe de investigar es la incidencia que las debilidades del diseño tienen en los tiempos muertos y las paradas, esto se debe hacer después de haber corregido los pequeños defectos y problemas de uso y rectificando las condiciones insatisfactorias. No llevar a cabo estas instrucciones significa buscar el fracaso.

Los siguientes puntos clave y precauciones deben tenerse en cuenta cuando se realizan actividades destinadas a corregir los tiempos muertos y paradas menores.

Una vez establecidas las estrategias básicas del programa de mantenimiento productivo para reducir los tiempos muertos y paradas menores, analizaremos los puntos clave que deben de tenerse en cuenta cuando se realizan actividades destinadas a eliminar estas pérdidas:

1). Se necesitan dos enfoques: El primero es positivo y en el deben de localizarse las causas principales y tomar medidas para evitar que se produzcan paradas. Sin embargo, es difícil reducir las paradas a cero, incluso cuando se emplea una serie

de medidas para su eliminación. El segundo planteamiento es negativo; implica la utilización creativa de técnicas de detección para descubrir y señalar la incidencia de paradas de forma que puedan ser atendidas inmediatamente.

2). Atender los problemas comunes antes que los particulares: Algunos problemas son comunes para todas las máquinas, independientemente del producto o pieza de trabajo procesado. Otros problemas están relacionados con productos o piezas de trabajo particulares. En cualquier programa de reducción de tiempos muertos y paradas menores, se obtienen los mejores y más rápidos resultados al atender primero los problemas comunes. Los problemas particulares requieren mejoras de equipo tales como mejores máquinas, herramientas y plantillas, y lo normal es que tarden tiempo en realizarse.

3). Desconfiar de las soluciones complejas: Los problemas surgen a menudo en la interfase entre las tecnologías específicas y los sistemas operativos del taller. Los ingenieros tienden a hacer juicios limitados a los puntos de vista técnicos, y en su análisis no son capaces de considerar lo que realmente ocurre en el taller. Si no se evita esta tendencia, las soluciones se vuelven rápidamente demasiado complejas y se desperdician valiosos esfuerzos de mejora.

4). Tomar acción contra cada tipo de incidencia: Es característico que los tiempos muertos y las paradas menores se desplacen de un sitio a otro de la máquina. No hay que descuidar ningún tipo de parada, no importa con que frecuencia aparezca. En muchos casos, cuando la atención se encuentra exclusivamente en aquella parte de la máquina en la que ocurren frecuentes paradas, se toman medidas y el número de incidencias disminuye. Sin embargo, entonces aumentan las paradas en otras partes y no hay mejora en conjunto. Para evitar esto, hay que tomar medidas contra las paradas ocurran donde ocurran, independientemente de la relativa frecuencia con que incidan.

#### **II.6.4. Reducción de pérdidas de velocidad**

Se conoce como pérdida de velocidad a la producción que se ha perdido por causa de la diferencia entre la velocidad de diseño (o estándar) de una máquina y su velocidad operativa real. Esta pérdida puede prevenirse manteniendo la máquina operando a la velocidad fijada en los estándares operativos. Puesto que en la práctica esto es a menudo imposible, la reducción de las pérdidas de velocidad aumentará considerablemente la eficiencia total de la planta.

En la práctica, hay a menudo problemas relacionados con las velocidades fijadas en la fase de diseño. Por ejemplo, la falta de cuidado puede haber generado debilidades inherentes al diseño, que impiden que el equipo mantenga la tasa de velocidad. Cambios en la gama de productos o una mayor complejidad en sus formas introducidos con posterioridad a su diseño, pueden asimismo impedir que el equipo mantenga la tasa de velocidad.

Por estas razones, se fija para cada tipo de producto una velocidad estándar. Se emplean esta velocidad en lugar de la velocidad de diseño para determinar las pérdidas de velocidad.

Los siguientes pasos están implicados en la reducción de las pérdidas de velocidad:

- Lograr la velocidad estándar para cada producto.
- Aumentar la velocidad estándar para cada producto.
- Lograr la velocidad de diseño.
- Sobrepasar la velocidad de diseño.

Los problemas más comunes relacionados con las pérdidas de velocidad y que obstaculizan los esfuerzos para aumentar esta son:

1). Especificaciones vagas de los equipos: La falta de cuidado en la fase de diseño puede tener como resultado una especificación de velocidad poco clara. Como consecuencia, el equipo se opera más allá de sus límites de velocidad, produciéndose defectos y averías, o bien a una velocidad innecesariamente baja. Este es a menudo el caso de los equipos antiguos o de diseño propio. Normalmente resulta beneficioso revisar las especificaciones de este tipo de equipos.

2). Es posible obtener las velocidades especificadas pero no se logran: Este tipo de problemas se consideran a menudo tratables: no realizándose ningún esfuerzo para averiguar las causas reales, que a menudo son el deterioro acelerado o ligeros defectos que no se han verificado. Pueden eliminarse corrigiendo problemas menores de calidad o mecánicos que no han sido resueltos.

3). Investigación inadecuada de los problemas expuestos a través de los aumentos de velocidad: Conforme las velocidades aumentan gradualmente sobre los niveles actuales, los problemas de calidad o mecánicos pueden aparecer



inmediatamente, o surgir de forma repentina cuando se alcanza cierta velocidad. Los defectos que causan estos problemas están latentes en las velocidades más bajas, saliendo a la luz solamente cuando hay un incremento de velocidad.

Cuando se incrementa la velocidad de un equipo aparecen inmediatamente los defectos latentes. El incremento de la velocidad es, por tanto, una manera simple y productiva de aflorar defectos. Sin embargo, la mayoría de las compañías no investiga ni selecciona fenómenos ni los problemas producidos por los incrementos de la velocidad. Meramente observan que las tasas de defectos, las averías, y la frecuencia de los ajustes han aumentado. No se investiga la razón de estos incrementos, los problemas permanecen ocultos, y la velocidad operativa se reduce a su valor anterior, menor del óptimo.

Ahora hablaremos de los enfoques para aumentar la velocidad, el primer paso vital es aflorar los problemas ocultos y determinar si corresponden a algo de lo siguiente:

- Defectos sin resolver debido a insuficiente depuración durante la fase de ingeniería.
- Defectos en los mecanismos o sistemas del equipo.
- Mantenimiento diario inadecuado
- Precisión insuficiente.

Una vez identificadas las causas, se pueden planear medidas para rectificarlas. La solución de estos problemas puede ayudar a aumentar las capacitaciones técnicas actuales y tener un efecto beneficioso sobre la mejora de la mantenibilidad y el diseño de la prevención del mantenimiento.

Generalmente, las actividades de mejora para aumentar la velocidad deberán organizarse con la misma mentalidad, utilizando la misma metodología que se recomienda para la reducción de averías, tiempos muertos, paradas menores y defectos. La figura 2.17 muestra un programa sistemático de mejora para el aumento de velocidades.

Acciones	Puntos a revisar
Determinar niveles actuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad</li> <li>• Procesos cuello de botella</li> <li>• Tiempo perdido/frecuencia de averías</li> <li>• Condiciones que producen defectos</li> </ul>
Revisar la diferencia entre especificación y condición actual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Averiguar cuales son las especificaciones del equipo</li> <li>• Especificar la diferencia entre la velocidad estándar y la velocidad actual</li> <li>• Establecer la diferencia que existe entre la velocidad en diferentes productos</li> </ul>
Investigar problemas pasados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar si se ha aumentado siempre la velocidad</li> <li>• Tipos de problemas</li> <li>• Medidas tomadas para tratar con problemas pasados</li> <li>• Tendencia en tasas de defectos</li> <li>• Tendencias que existen de la velocidad sobre el tiempo</li> <li>• Diferencias en equipo similar</li> </ul>
Investigar teorías y principios de proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas relacionados con teorías y principios de proceso</li> <li>• Condiciones de máquina</li> <li>• Condiciones de proceso</li> <li>• Valores teóricos</li> </ul>
Investigar mecanismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismos</li> <li>• Tasa de entrada</li> <li>• Investigar fatiga</li> <li>• Investigar piezas una a una</li> <li>• Investigar especificaciones de cada pieza</li> </ul>
Investigar la situación presente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de proceso por operación</li> <li>• Tiempos perdidos</li> <li>• Revisar la precisión de cada pieza</li> <li>• Revisar siempre utilizando los cinco sentidos</li> </ul>
Listar los problemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas mecánicos</li> <li>• Problemas de calidad</li> </ul>
Lista de problemas predecibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar problemas predecibles con condiciones presentes</li> <li>• Tomar acción contra problemas predecibles</li> </ul>
Confirmar fenómenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas mecánicos</li> <li>• Problemas de calidad</li> <li>• Problemas de cambios en valores</li> </ul>
Revisar los análisis del fenómeno y las relaciones causa - efecto y tomar acciones de remedio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis físico del fenómeno</li> <li>• Condiciones que producen el fenómeno</li> <li>• Causas relacionadas</li> </ul>
Realizar operaciones de prueba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retroalimentación</li> </ul>

Figura 2.17. Estrategias para incrementar la velocidad

## II.6.5. Reducción de defectos crónicos de calidad

En ocasiones a pesar de las diferentes medidas de mejora y control, un sistema de producción genera con regularidad productos total o parcialmente defectuosos, se utiliza el término “defectos crónicos de calidad” para estas piezas.

Los productos irreparablemente defectuosos son pérdidas obvias; menos obvias son las pérdidas generadas por productos parcialmente defectuosos que requieren una inversión adicional en mano de obra para repetición de trabajos o reparaciones. Debido a que pueden ser reparados, a menudo no se consideran los defectos parciales como defectos. Para que un programa de reducción de pérdidas crónicas tenga éxito, es necesario examinar con igual atención cualquier resultado defectuoso.

Para tener éxito a la hora de reducir los defectos crónicos, es preciso que los equipos de mejora aprendan a reconocerlos y evitar las trampas más comunes. Rara vez, incluso mediante los esfuerzos más decididos, se pueden localizar las causas de los defectos crónicos de calidad. En su desesperación, los equipos de calidad adoptan medidas de ensayos y errores sin conocer las causas, pero esto a menudo no surte efecto. Eventualmente, los miembros de los equipos simplemente abandonan, y los problemas quedan sin resolver.

Debido a que es típico enfocar un problema teniendo como meta la identificación de su causa, es posible que saquemos conclusiones incorrectas o que minimicemos las causas con demasiada rapidez. A continuación desarrollamos remedios para las pocas causas identificadas. Desafortunadamente, los defectos crónicos de calidad se producen a menudo por una combinación cambiante de causas. Es preciso estudiar cualquier factor sospechoso, porque la posibilidad de progreso es mínima si solamente nos centramos en unos pocos.

Por otra parte en la mayoría de las compañías los ingenieros de primer nivel son expertos en campos técnicos específicos. Cuando se trata de resolver problemas de defectos crónicos, tienden a pasar por alto las soluciones que quedan fuera de su propia área de conocimiento y dan preferencia a las soluciones complejas antes que a las sencillas. El resultado sigue siendo que muchos problemas siguen sin resolver.

La solución de algunos defectos crónicos puede encontrarse en áreas técnicas específicas, pero la mayoría de los problemas requieren un punto de vista más amplio, que considere causas en las operaciones reales que se llevan a cabo en el taller

En la práctica, un solo defecto tiene a menudo muchas causas interdependientes, y todas cambiarán probablemente. El fenómeno puede ocurrir inmediatamente como resultado de algunos de estos cambios. Por ejemplo, la preparación (montaje de útiles) produce diferentes resultados dependiendo del método utilizado, la forma de realizar los ajustes, las dimensiones de las holguras, los métodos de instalación ó la fijación de las condiciones de proceso. La aparición de productos defectuosos depende de una combinación de factores en la preparación.

Los ingenieros deben aprender a descubrir las variables relacionadas con las operaciones y el equipo, observando y estudiando:

- Las operaciones reales llevadas a cabo en el taller.
- Los ensayos de preparación y ajuste.
- El propio equipo.

Cuando unos esfuerzos determinados para encontrar soluciones técnicas no producen los resultados esperados o cuando los resultados varían considerablemente, las causas reales de los defectos de calidad no son probablemente constantes. Es más probable que tengan éxito las soluciones que tienen en cuenta la interface entre ingeniería y taller.

En los equipos de mejora de calidad se encuentran dos problemas comunes: identificación errónea de las causas de los defectos crónicos de calidad e investigación inadecuada de las causas una vez que han sido identificadas correctamente.

Primero: las verdaderas causas quedan ocultas por deficiencias en la observación y análisis de los fenómenos causantes de defectos, errores en los métodos analíticos, un análisis basado solamente en las experiencias del pasado y conclusiones precipitadas.

Segundo: los esfuerzos de mejora se frustran por falta de meticulosidad y otras deficiencias en la forma en la que los directores e ingenieros observan el equipo y los métodos de trabajo. No se reconocen los defectos ocultos como tales y las causas que se observan se consideran que no surten efecto sobre el fenómeno investigado.

Como resultado de estas deficiencias, los defectos ocultos y sus señales de alarma pasan a menudo desapercibidos. Cuando estas causas no se verifican, vuelven a aparecer los defectos de calidad. El verdadero progreso en la reducción de los defectos crónicos de calidad requieren un planteamiento totalmente nuevo para descubrir e investigar los defectos ocultos.

Para resolver con éxito los problemas en el equipo hay que identificar si el problema es esporádico o si este es crónico. Los defectos esporádicos son consecuencia de cambios repentinos y adversos en el estado ideal del equipo. Los defectos crónicos son consecuencia de condiciones adversas que con el tiempo han sido aceptadas como normales.

Este tipo de problema requieren soluciones radicales que cambien al estado ideal. Se necesita un modo de pensar innovador para estrechar los márgenes de control de los factores existentes, desarrollar métodos de control que prevengan incluso que los defectos ligeros se pasen por alto y prestar consideración especial a factores que actualmente no están bajo control.

La resolución de los problemas crónicos requiere un enfoque esencialmente conservador que comprende las siguientes estrategias:

- Restauración por medio del mantenimiento o control de las condiciones actuales.
- Fijar metas para los estándares actuales.
- Verificación de los puntos de control.
- Responsabilidad tanto de parte de los operadores como de los directores.

También la resolución de los problemas crónicos requiere un modo de pensar revolucionario que implica los siguientes puntos:

- Mejoras que cambien el estado ideal.
- Fijar objetivos de acuerdo con las metas de mejora de la compañía.
- Revisión de los estándares existentes.
- Revisión de los puntos de control existentes.
- Responsabilidad por parte de los directores.

Aspecto	Naturaleza de los defectos esporádicos	Naturaleza de los defectos crónicos
Pérdidas económicas tangibles	Menores	Mayores
Amplitud de la irritación causada	Sustancial. La naturaleza súbita del problema atrae la atención del supervisor	Pequeña. La naturaleza continua del problema conduce a todos los afectados a considerarlo como inevitable
Tipo de solución requerida	Restablecer estado ideal	Cambiar el estado ideal
Tipos de datos necesarios	Datos simples mostrando la tendencia de la calidad respecto a una o dos variables tales como tiempo y número de lote	Datos complejos mostrando la relación de la calidad con numerosas variables
Plan para recoger datos	Rutina	Especialmente diseñado
Datos recogidos por...	Inspectores y representantes del servicio, en el curso usual	A menudo a través de procedimientos experimentales especiales del trabajo
Frecuencia del análisis	Muy frecuente. Puede requerir revisar cada hora o cada lote	Infrecuente. Los datos pueden acumularse durante varios meses antes de que se haga el análisis
Análisis hecho por...	Personal de línea tal como un supervisor de producción o diseño	Personal técnico
Tipo de análisis	Usualmente simple	Posiblemente intrincado. Puede requerir estudio de correlación y análisis de varianza entre otros.
Acción de...	Usualmente personal de línea de fabricación, diseño y otras áreas relacionadas.	Usualmente por personal diferente al responsable del cumplimiento de los estándares

**Figura 2.18.** Distinción entre defectos crónicos y defectos esporádicos

En esencia para reducir los problemas crónicos debemos en primer lugar estabilizar todos los factores variables, identificar las diferencias significativas entre condiciones normales y anormales, y estudiar maneras de prevenir que se generen los defectos por vez primera.

### ***Los factores causales***

Son todos los factores concebibles que puedan afectar a los resultados (por ejemplo, los defectos), incluyendo aquellos que se han demostrado por lógica que producen el fenómeno. Las causas son aquellos factores causales que se ha demostrado o deducido que producen el fenómeno, directa o indirectamente. Aunque los factores causales pueden parecer estables en las fabricas y talleres, el trabajo se realiza en realidad bajo condiciones extremadamente inestables, en un enredo de factores causales variables. Los remedios que se apliquen mientras los factores causales están cambiando tienen gran probabilidad de fracasar, siendo imposible juzgar los resultados reales de tales medidas.

Para reducir los problemas crónicos, estas variables enmarañadas y fluctuantes deben ser estabilizadas una por una. Por ejemplo, una operación puede funcionar de forma diferente de un día para otro, dependiendo de los operadores que la realizan. Varían considerablemente sus métodos de ajuste y juicio, las escalas que utilizan, y los errores que cometen cuando tratan las anomalías de calidad.

Esta variabilidad está causada por la falta de estandarización en el lugar de trabajo o los fallos de seguimiento de los estándares fijados. En tales circunstancias, los directores pueden ser inconscientes o negligentes; es posible que los operadores no aprecien el significado de ciertos aspectos de su trabajo, o que asuman que sus métodos son correctos.

La única solución realista es identificar las fuentes de los problemas a través de un proceso de eliminación, estabilizando los factores causales uno por uno. Estabilizar cada factor causal que por lógica pueda tener un efecto sobre el resultado.

- Principios de proceso
- Mecanismos
- Operación y ajuste
- Precisión del equipo. Plantillas y herramientas
- Métodos de trabajo

Los estudios comparativos son muy útiles para reducir los defectos de calidad en cualquier programa, las condiciones normales (no defectos) deben compararse sistemáticamente con las condiciones anormales (defectos) para poder identificar las diferencias significativas. Los problemas que serían fáciles de resolver con soluciones simples permanecen a menudo sin resolver cuando se omite este paso, incluso cuando se reconocen los defectos y fenómenos.

Una vez que los estudios comparativos hayan identificado la ubicación, naturaleza, extensión y causas de las diferencias significativas, es necesario analizarlas y se pueden emplear varios métodos:

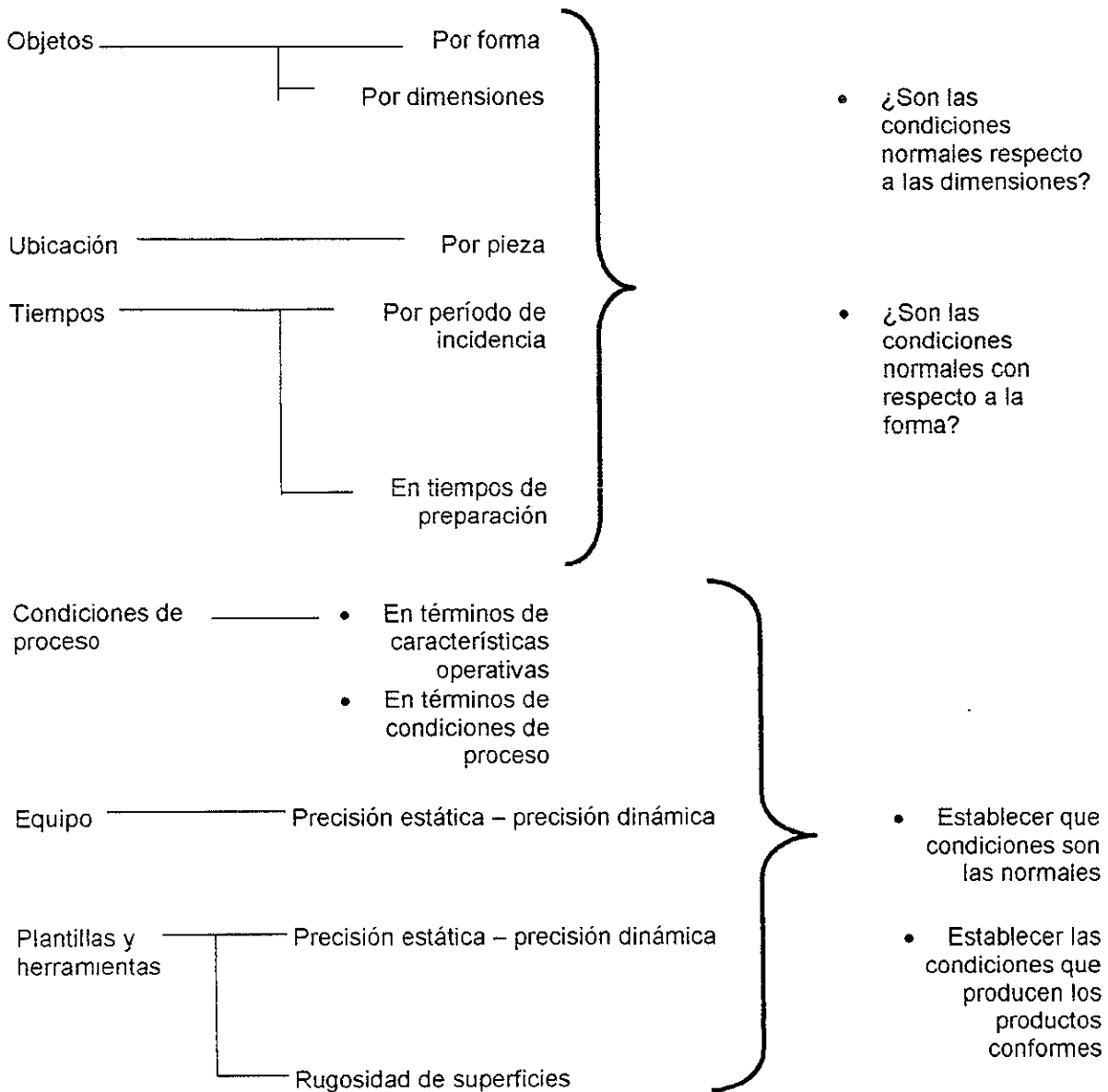
**Comparación de productos:** comparar los productos defectuosos y no defectuosos en relación con formas, dimensiones y funciones. Investigar también la variación en los defectos sobre el tiempo y en términos de su ubicación en el producto.

**Comparación de procesos:** comparar las máquinas, plantillas, herramientas y útiles que fabrican productos defectuosos con equipos que fabrican buenos productos para identificar cualquier diferencia en la forma, las dimensiones ó rugosidad de superficies. Hacer un esfuerzo especial para desarrollar nuevos métodos de medición para los factores que no parecen poder cuantificarse.

**Comparar los defectos del cambio de piezas:** cuando se trata de productos ensamblados, estudiar efectos de intercambiar las piezas que puedan tener relación con los defectos. Asimismo, cambiar piezas de maquinas, plantillas, y herramientas para determinar cualquier diferencia.



Es de suma importancia realizar estudios comparativos para organizar los siguientes factores:



Para aumentar la eficacia de los estudios comparativos se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos:

***Aumentar la precisión analítica con el fin de detectar diferencias más sutiles:***

Esto se puede lograr utilizando una lupa, microscopio u otro aparato para detectar las diferencias que son demasiado pequeñas para que el ojo humano las pueda apreciar.

***Investigar métodos nuevos de medición:*** A menudo no se realizan mediciones debido a que no se han desarrollado métodos apropiados. Si ese es el caso, se deben de considerar el desarrollo de nuevos métodos de medición. Los nuevos métodos a menudo esclarecen diferencias significativas. Aunque éstas no se hayan aclarado por completo, se pueden a menudo detectar signos reveladores que dan fe de su existencia.

En la reducción de defectos es importante analizar el fenómeno que realmente crea los defectos, pero esto no garantiza una mejora continua. Debido a que estos fenómenos aparecen y desaparecen continuamente, o porque son sustituidos por fenómenos diferentes, deberíamos en primer lugar considerar también métodos que prevengan la ocurrencia de defectos por primera vez. Esto es incluso más aconsejable cuando se trata de productos que, aunque no sean en realidad defectuosos, cumplen por escaso margen los estándares y muestran diferencias grandes en cuanto a calidad.

Para reducir los defectos, la investigación debe adoptar un planteamiento tanto deductivo como analítico. El enfoque analítico, se centra en el estado ideal, mientras que el método deductivo se enfoca a partir de los principios de las funciones de los componentes del equipo, plantillas y herramientas. Estos se consideran en relación con las características de calidad del producto, con la finalidad de determinar cuales deberían ser sus funciones básicas y como deberían configurarse.

Estos asuntos deben investigarse para determinar el estado actual de las funciones y configuraciones del equipo y si son mantenidas correctamente. A través de una comparación del estado actual del equipo con su estado ideal se pueden identificar objetivos continuos de mejora.

# **CAPITULO III**

## **TIPOS DE MANTENIMIENTO**

## III.- TIPOS DE MANTENIMIENTO

### III.1. Mantenimiento Autónomo

El ideal cuando se quiere establecer el programa de mantenimiento productivo total (TPM) es que la persona que opere el equipo, también lo mantenga. Originalmente, estas dos funciones estaban combinadas. Sin embargo, gradualmente, a medida de que el equipo se sofisticaba, el negocio crecía, y se adoptaba de forma generalizada el mantenimiento preventivo (PM) de estilo americano, las funciones de mantenimiento y producción se separaron.

Sin embargo, durante la época actual de crecimiento bajo, las compañías se encuentran crecientemente bajo la presión de estimular la competitividad y reducir los costos. Hoy en día, muchos directores son totalmente conscientes de que un factor decisivo en la competitividad creciente es la utilización más eficaz de los equipos.

El mantenimiento realizado por los operadores del equipo, o mantenimiento autónomo, puede contribuir significativamente a la eficacia del equipo. En el centro de mantenimiento autónomo se debe tener la prevención del deterioro, que hasta hace poco ha sido descuidada en la mayoría de las fábricas. Considerando la importancia de esta actividad en la fabricación de hoy en día, es sorprendente que el mantenimiento autónomo no se promueva como es debido.

La producción eficiente depende tanto de las actividades de producción como de las de mantenimiento, pero la relación entre operadores y personal de mantenimiento es a menudo algo antagónica. Por muy duro que trabaje el personal de mantenimiento, poco progreso en la mejora del mantenimiento de los equipos puede llevarse a cabo si la actitud del operador hacia el mantenimiento es "yo opero—tu arreglas".

Por otro lado, los operadores pueden participar en la función del mantenimiento siendo responsables de la prevención del deterioro y así es más probable que se consigan los objetivos de mantenimiento.

Ambos departamentos deben hacer más que compartir la responsabilidad del equipo, tienen que trabajar juntos. El departamento de mantenimiento no puede

estar esperando pasivamente a recibir órdenes del departamento de producción. Tampoco puede el departamento de producción esperar milagros, cuando el servicio de mantenimiento se encuentre abarrotado de trabajo. Es decir, no hay manera de alcanzar los objetivos de mantenimiento si los dos grupos no logran comprender su respectiva situación o, en casos extremos, si se sienten enfrentados.

### **III.1.1. Distribución y clasificación del trabajo de mantenimiento**

En la figura 3.1. se muestra la clasificación de las actividades de mantenimiento y la distribución de las tareas en el programa de mantenimiento autónomo.

Si se desea aumentar la efectividad del equipo, se requieren dos tipos de actividades, las cuales son:

- 1). Las actividades de mantenimiento previenen las averías y arreglan los equipos averiados. Tienen lugar en un ciclo que consiste en una operación normal combinada con mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.
  
- 2). Las actividades de mejora alargan la vida útil del equipo, reducen el tiempo requerido para realizar el mantenimiento, y hacen que el mantenimiento sea innecesario. La mejora de la fiabilidad y mantenibilidad, la prevención, y el diseño libre de mantenimiento son todas ellas actividades de mejora para el mismo.

Las actividades de mantenimiento y mejora deben llevarse a cabo simultáneamente en las tres áreas del deterioro: prevención, medición y restablecimiento. Las metas de mantenimiento no se pueden lograr si se descuida alguna de estas áreas; los métodos utilizados y la prioridad pueden, sin embargo, variar de un departamento a otro y de una fábrica a otra.

Aunque la prevención del deterioro sea la actividad de mantenimiento más básica, a menudo se descuida favoreciendo la inspección periódica y las pruebas de precisión.

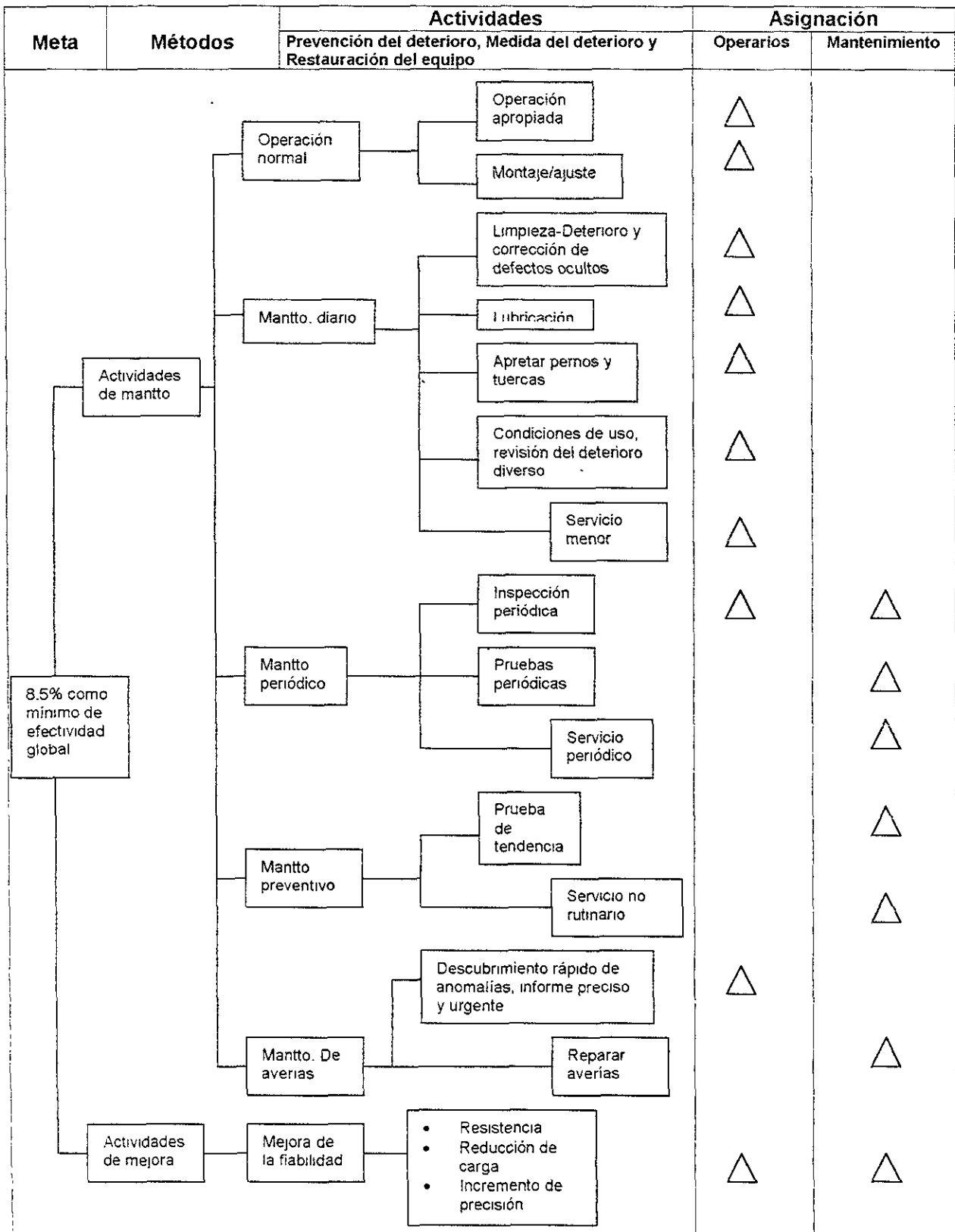


Figura 3.1. Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento

El departamento de producción debe de llevar a cabo las siguientes actividades de prevención del deterioro:

1). *Prevención del deterioro:*

- Operar el equipo correctamente.
- Mantener las condiciones básicas del equipo.
- Realizar los ajustes adecuados, principalmente durante la operación y preparación.
- Anotar datos de anomalías y otros defectos de funcionamiento.
- Colaborar con el departamento de mantenimiento para que estudie e implante mejoras.

2). *Verificación del deterioro:*

- Realizar inspecciones diarias.
- Llevar a cabo ciertas inspecciones periódicas.

3). *Restauración de los equipos:*

- Realizar reparaciones menores.
- Informar inmediata y correctamente las averías y otros fallos de funcionamiento.
- Ayudar en la reparación de averías esporádicas.

El departamento de mantenimiento realiza el mantenimiento periódico, el mantenimiento predictivo, la mejora de la mantenibilidad y otras actividades que incluyen la verificación del deterioro y el restablecimiento de las condiciones de los equipos. Las personas especializadas en el mantenimiento deberán concentrar sus esfuerzos en el trabajo que requiere un alto nivel de destreza técnica.

El mantenimiento autónomo solamente se puede establecer con la orientación y ayuda del departamento de mantenimiento. Los departamentos de mantenimiento a menudo ignoran la necesidad de instruir a los operadores en los procedimientos que deben realizar. Cuando el mantenimiento autónomo no progresa, el personal de mantenimiento debería considerar si, al dar a los operadores las responsabilidades del mantenimiento básico, han proporcionado la orientación e instrucciones adecuadas.

Otras actividades importantes del departamento de mantenimiento incluyen:

- Investigación y desarrollo de tecnologías de mantenimiento.
- Fijación de estándares de mantenimiento.
- Creación de registros de mantenimiento.
- Evaluación de los resultados del trabajo de mantenimiento.
- Cooperación con los departamentos de ingeniería y diseño de equipos.

### III.1.2. Las tres actividades básicas para el funcionamiento óptimo del equipo

El establecimiento de las condiciones básicas del equipo es una actividad importante en el mantenimiento autónomo. Esta actividad incluye limpieza, lubricación y sujeción de pernos.

**Limpieza:** La palabra limpieza significa quitar suciedad, astillas, polvo, virutas, residuos y todo tipo de materia extraña que se adhiere a las máquinas, matrices, herramientas, plantillas, materia prima o piezas de trabajo. Durante esta actividad los operadores buscan también defectos ocultos en sus equipos y toman medidas para remediarlos.

Los defectos perjudiciales de una limpieza inadecuada son demasiado numerosos. Sin embargo, pueden aparecer directa o indirectamente de las siguientes formas:

- Partículas extrañas entran en las partes deslizantes de las máquinas produciendo resistencia por fricción, desgaste, obstrucciones, y fallos eléctricos. Esto ocasiona averías, pérdidas de precisión y mal funcionamiento de los equipos.
- La calidad del producto se afecta directamente. Por ejemplo, en máquinas de moldeado de plástico por extrusión, la materia extraña que se adhiere a las matrices u otros accesorios, ocasiona carbonización en el interior del cilindro. Esto perjudica el flujo correcto de resina, dificulta los cambios de útiles, o es causa de que la resina se quemé y se vuelva pegajosa.
- En el ensamblado de relevadores y otras piezas eléctricas de control, la suciedad y el polvo que se adhieren a los contactos causan enormes fallos eléctricos.



- En la mecanización de precisión, la suciedad que se adhiere a las plantillas, herramientas, y sus montajes, dificultan las operaciones de centrado y ocasionan excentricidades durante el mecanizado, dando como resultado productos defectuosos.
- En el galvanizado, las piezas de trabajo contaminadas, la suciedad, o las partículas extrañas en el electrolito pueden producir defectos en el recubrimiento.

La limpieza no consiste simplemente en que el equipo parezca limpio, aunque tenga este efecto. La limpieza significa también tocar y mirar cada pieza para detectar defectos y anomalías ocultos.

En otras palabras, limpieza es inspección, de hecho, si la limpieza no se realiza de esta manera pierde todo significado.

Cuando los operadores limpian cuidadosamente una máquina que ha estado funcionando sin atención durante largo tiempo, pueden encontrarse cientos de defectos, ocasionalmente incluso defectos serios que son el presagio de una avería mayor.

El efecto de la combinación de suciedad, polvo, abrasión, superficies dañadas, holgura, deformación y fugas en maquinaria, matrices, plantillas, y herramientas, causa deterioro y problemas continuos. La limpieza es el método más eficaz para detectar tales faltas y prevenir las averías. La figura 3.2 muestra una lista de puntos que se deben incluir en una limpieza detallada.

<p><b>1. Limpieza del cuerpo principal del equipo</b></p>	<p>a) Revisión de polvo, suciedad, aceite sucio, virutas, y otras materias extrañas adheridas al equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piezas móviles, partes que contactan la pieza de trabajo, piezas de posicionamiento.</li> <li>• Bastidores, mesas, transportadores, bandas transportadoras, rampas.</li> <li>• Calibres, plantillas, útiles y otras partes del equipo.</li> </ul> <p>b) Revisión de pernos, tuercas flojas u omitidas.</p> <p>c) Revisión de holguras en piezas deslizantes o móviles.</p>
<p><b>2. Limpieza de equipo auxiliar</b></p>	<p>a) Revisión de polvo, suciedad, aceite sucio, virutas, y otras materias extrañas adheridas al equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros neumáticos, válvulas selenoides.</li> <li>• Microsensores, sensores de límite, sensores de proximidad, tubos fotoeléctricos.</li> <li>• Motores, correas, cubiertas y contorno.</li> <li>• Superficies de instrumentos, sensores, cajas de control.</li> </ul> <p>b) Revisión de pernos, tuercas flojas u omitidas.</p> <p>c) Revisión de vibraciones en motores y válvulas selenoides.</p>

<b>3. Lubricación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Revisión de polvo, suciedad y aceite sucio en lubricadores, mecanismos de lubricación, grasa consistente.</li> <li>b) Revisión de niveles de lubricante y goteos de alimentación.</li> <li>c) Cubrir todos los puntos de lubricación.</li> <li>d) Asegurarse de que los tubos de engrase estén limpios y libres de fugas.</li> </ul>
<b>4. Limpieza alrededor del equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Asegurar que las herramientas estén en los lugares asignados y ninguna este dañada u omitida.</li> <li>b) Revisar etiquetas y placas de identificación, en cuanto a limpieza y legibilidad.</li> <li>c) Revisar ventanillas, tapas transparentes, en cuanto a suciedad, polvo y visibilidad.</li> <li>d) Asegurar que todos los tubos estén limpios y libres de fugas.</li> <li>e) Revisar alrededores en cuanto a polvo, suciedad y desechos caídos.</li> <li>f) Revisar piezas desprendidas y piezas de trabajo.</li> <li>g) Revisar piezas de trabajo defectuosas dejadas alrededor.</li> <li>h) Separar claramente productos aceptables, defectuosos y desechos.</li> </ul>
<b>5. Tratar causas de polvo, suciedad, fugas de aceite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Se deben mostrar claramente en un gráfico las causas de la suciedad, polvo y fugas de aceite.</li> <li>b) Se deben de tomar acciones para evitar la generación de suciedad y polvo.</li> <li>c) Se deben de tomar acciones para prevenir las fugas de aceite y otras fugas.</li> <li>d) No se debe de ignorar ninguna causa.</li> <li>e) Establecer planes para tratar viejos problemas.</li> </ul>
<b>6. Mejorar el acceso a puntos difíciles de alcanzar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Se deben de mostrar claramente en un gráfico las áreas poco accesibles.</li> <li>b) Se deben contar con herramientas especiales de limpieza.</li> <li>c) Es necesaria la construcción de cubiertas que sean fáciles de retirar para facilitar la limpieza.</li> <li>d) Es obligatorio no ignorar ninguna área poco accesible.</li> <li>e) Resulta imperativo mantener todo aseado y en orden para facilitar la limpieza.</li> </ul>
<b>7. Establecer estándares de limpieza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Comprobar si existen estándares separados para cada equipo y área.</li> <li>b) Establecer claramente los deberes de limpieza.</li> <li>c) Revisar que estén clasificados los tipos y áreas de limpieza.</li> <li>d) Determinar si se han especificado las herramientas y métodos de limpieza.</li> <li>e) Comprobar la especificación de los intervalos y tiempos de limpieza.</li> <li>f) Los estándares deben ser claros y entendibles para todos.</li> <li>g) Definir si son apropiados los tiempos de limpieza.</li> <li>h) Determinar si puede completarse la limpieza dentro de los tiempos especificados.</li> <li>i) Se deben incluir todos los conceptos de limpieza importantes.</li> <li>j) No se debe conceder demasiado tiempo a la limpieza de las áreas menos importantes.</li> <li>k) Describir claramente los puntos de inspección que pueden cubrirse durante la limpieza.</li> </ul>

**Figura 3.2.** Puntos de revisión de la limpieza

Limpiar el equipo y tocar cada pieza puede ser una experiencia nueva para el operador. Esta actividad proporciona muchos descubrimientos y preguntas. Aunque al principio los operadores quizá realicen el trabajo de mala gana, las posteriores reuniones de grupos de mantenimiento productivo total y la propia limpieza en sí, les servirá naturalmente de estímulo para mantener limpio el equipo.

Después de la limpieza inicial a fondo, es fácil comprobar las fuentes de suciedad, polvo y materia extraña, así como sus efectos sobre el equipo y la calidad del producto. Tomar medidas contra estos contaminantes significa reducir sus fuentes, evitar que se extienda la suciedad y el polvo, y prevenir su infiltración en la maquinaria, utilizando cubiertas y sellos.

A continuación se mencionan algunos puntos importantes que pueden influir y facilitar la limpieza en una empresa.

**Mejorar el acceso a todas las áreas que vayan a limpiarse:** La limpieza o lubricación de las áreas de difícil acceso consumen tiempo. Si no se pueden suprimir totalmente las fuentes de contaminación, debemos mejorar los métodos de limpieza de forma que la limpieza ocupe el menor tiempo posible.

**Mejorar los métodos:** A menudo, después de identificar todos los puntos que necesitan lubricación, los operadores descubren que no disponen de bastante tiempo para lubricar todos. Tienen que encontrar la forma de superar este obstáculo. Muchos estándares de inspección preparados por el personal de ingeniería no toman en cuenta las condiciones reales de los talleres; los operadores deben proponer mejoras basadas en la realidad del taller.

Para afrontar estos y otros problemas relacionados, se debe promover la actitud de que el taller es responsable de sus propias mejoras. El personal de ingeniería debe entonces prestar ayuda contestando las preguntas que surgen al nivel del taller. Este enfoque de mejora resulta por lo general el más rápido y práctico.

**Pensar a fondo y evaluar planes de mejora:** Algunas veces se proponen planes costosos que eliminan solamente unos pocos minutos del tiempo de limpieza, debido a la dificultad operativa de la misma. Este planteamiento de mejora no es efectivo en cuanto al costo y por lo tanto no es aconsejable.

**Revisar los resultados:** Se debe recordar que aunque el objetivo sea reducir los tiempos de limpieza, este tipo de mejoras pueden también afectar la calidad del producto, la frecuencia de las averías, la preparación, la mantenibilidad y otros factores.

Utilizando la experiencia ganada a través de la limpieza y la prevención de contaminación, los operadores identifican las condiciones óptimas (limpieza, lubricación, apriete de pernos) para sus equipos. El grupo de mantenimiento autónomo debe entonces fijar los estándares operativos requeridos para mantener estas condiciones.

En ocasiones, los supervisores de taller al intentar promover las ideas de limpieza, lubricación, orden y organización en el lugar de trabajo, normalmente se encuentran con que los operadores no quieren seguir los estándares de limpieza y quisieran conocer algún método para convencerlos de que lo hagan. Estos supervisores no han comprendido realmente por qué los operadores no se atienen a los estándares. El mayor obstáculo es que las personas que fijan los estándares no son las mismas que los ejecutan. Cuando los supervisores contemplan los estándares como reglas que hay que obedecer, es típico que ignoren la necesidad de explicar por qué son necesarios, como seguirlos adecuadamente, o cómo proporcionar el tiempo necesario. En lugar de intentar obligar a los operadores a que sigan los estándares, los operadores deberán apoyar su esfuerzo de las siguientes maneras:

- Clarificar los estándares y como seguirlos.
- Explicar claramente por qué los estándares deben seguirse, es decir, lo que puede ocurrir si no se siguen.
- Asegurar que los operadores tengan la destreza necesaria para seguir los estándares.
- Proporcionar el entorno necesario, por ejemplo, asegurando que se disponga del tiempo suficiente.

Si no existe motivación, habilidad y oportunidad, los estándares no pueden obedecerse, por mucho que se esfuercen los supervisores en intentar imponerlos. La mayoría de las actividades relacionadas con el mantenimiento autónomo dependen de la destreza y motivación de los operadores que los ejecutan en la práctica. La mayoría de los supervisores experimentarán la preocupación que proporciona el saber que se puede hacer pero no sabe comunicarlo adecuadamente a los operadores.

La mejor forma de asegurar el seguimiento de los estándares es que los fijen las personas que los tendrán que seguir. En realidad, este es el primer paso en el establecimiento del control autónomo. Y se requieren las siguientes acciones:

- Explicar con claridad la importancia de seguir el estándar.
- Enseñar la destreza necesaria para la fijación de los estándares.
- Pedir a los operadores que desarrollen y fijen los estándares.

Solamente una cantidad limitada de tiempo puede destinarse a la limpieza (incluyendo apriete de pernos y detección de defectos menores del equipo) y lubricación. Los grupos de trabajo deben preparar estándares y objetivos individuales de tiempo, basándose en los límites establecidos por la dirección. Si el grupo desarrolla estándares que no se pueden cumplir dentro de los tiempos previstos, debe buscar formas de reducir los tiempos. Obviamente, es necesario que los directores y el personal de ingeniería cooperen de forma total, para simplificar y mejorar los procedimientos de limpieza, lubricación y apriete de pernos, a través de medidas como la lubricación centralizada, intervalos más largos de lubricación, recolocación de lubricadores, mejores etiquetas de instrucciones de lubricación, marcas de límites en los indicadores del nivel de aceite, marcas de montaje de pernos y tuercas, utilización de contratueras y diferentes acciones contra las fuentes de contaminación.

**Lubricación:** la segunda ayuda para los operarios en el establecimiento de las condiciones básicas del equipo consiste en asegurar una lubricación correcta. Esta previene el deterioro del equipo y preserva su fiabilidad. Igual que otros defectos ocultos, la lubricación inadecuada a menudo no se tiene en cuenta, porque no siempre está directamente relacionada con las averías y los defectos de calidad.

Aparte de la limpieza inapropiada, las siguientes razones son las causas más comunes de la lubricación inadecuada:

- Los que la realizan no han sido instruidos en sus principios básicos, o en su importancia, o bien no se les ha mostrado la evidencia concreta de las pérdidas causadas por una lubricación incorrecta.
- Los estándares (puntos de lubricación, tipos y cantidades de lubricante, intervalos y herramientas) son incompletos o no han sido adecuadamente enseñados.
- Existen diferentes tipos de lubricantes.
- No se concede tiempo suficiente para esta acción.

- Muchos puntos de lubricación son inaccesibles de forma que el trabajo requiere demasiado tiempo.

En una fábrica es indispensable contar con estándares de lubricación para obtener resultados precisos, pero es obvio que cualquier persona que prepara estándares debe probar personalmente el procedimiento antes que los operadores, con el fin de asegurar que sea posible completarlos dentro del tiempo especificado. Para reducir el tiempo, puede ser necesario realizar varias mejoras, tales como cambiar la ubicación de los lubricadores, fijar sistemas de lubricación centralizados, fijar etiquetas de instrucciones y asegurar que los niveles de aceite están claramente visibles.

Por otro lado, la lubricación no sirve para nada si los mecanismos de la maquinaria no funcionan o no están en buen estado. Un recorrido por la fábrica revelará muchos depósitos de aceite, lubricadores, o engrasadores sucios o con sedimentos, o tubos obstruidos en los sistemas centralizados de lubricación. Si este es el caso, la lubricación no servirá para nada por muy frecuente que esta se lleve a cabo. En la figura 3.3, se indica una revisión sistemática para una correcta lubricación.

1. ¿Están siempre cubiertos los contenedores de lubricante?
2. ¿Están los almacenes de lubricante aseados, limpios y ordenados?
3. ¿Se mantienen siempre una reserva de los lubricantes necesarios?
4. ¿Está todo el equipo etiquetado con instrucciones de lubricación? ¿Son legibles las instrucciones?
5. ¿Están los lubricadores limpios por dentro y por fuera y trabajan correctamente? ¿Están los niveles de aceite siempre claramente visibles?
6. ¿Están trabajando correctamente todos los sistemas de lubricación centralizados?
7. ¿Contienen las reservas grasa o aceite, y está normal el sistema?
8. ¿Están trabajando apropiadamente todos los depósitos de aceite y grasa?
9. Después de la lubricación, ¿emerge normalmente el lubricante entre las piezas móviles?
10. ¿Existe siempre una película de aceite entre las piezas giratorias, las piezas deslizantes (piñones de arrastre o cadenas)? ¿Tiene el equipo exceso de lubricación?
11. ¿Especifican los estándares de lubricación los tipos y cantidades apropiados de lubricantes e intervalos y la asignación del trabajo de lubricación?

**Figura 3.3.** Lista de revisión de lubricación

**Atornillado correcto:** Los operarios son quienes se encuentran en mejor posición para asegurar diariamente que todos los elementos de sujeción estén correctamente tensados. El atornillado correcto es el tercer punto que tienen los operarios que seguir para poder establecer las condiciones básicas del equipo.

La holgura o falta de tuercas, pernos y otros elementos de anclaje pueden causar pérdidas grandes, directa o indirectamente. Los ejemplos más comunes que suelen ocurrir son:

- Los pernos sueltos causan fracturas de matrices, plantillas, y herramientas y en consecuencia productos defectuosos.
- Los pernos sueltos en los interruptores de límite y abrazaderas y las terminales sueltas en los paneles de distribución y control, causan daños y mal funcionamiento.
- Los pernos sueltos en los rebordes de los tubos causan fugas.

Es típico que incluso un único perno suelto sea la causa directa de un defecto o averías. Sin embargo, en la mayoría de los casos, un perno suelto causa vibraciones, como consecuencia de lo cual otros pernos empiezan a soltarse. Y el deterioro se extiende, la precisión del funcionamiento disminuye, y eventualmente se dañan las piezas.

También es frecuente que aparezcan problemas cuando las matrices, plantillas y herramientas se anclan durante la preparación. Los operadores ignoran a menudo cuál es el orden de atornillado y momento de torsión correctos. Surgen problemas cuando se aprietan demasiado los pernos y cuando se instalan accesorios utilizando una fuerza excesiva o cuando se aprietan de forma desigual.

Para eliminar los pernos sueltos y evitar vibración se deben utilizar contratuerzas u otros mecanismos de bloqueo. Además, poner marcas de colocación en los pernos y tuercas principales y así poder descubrir fácilmente durante la limpieza los pernos que estén sueltos.

La figura 3.4 proporciona una lista de revisión para pernos y tuercas.

<b>1. Pernos y tuercas sueltos</b>	No permitir elementos sueltos.
<b>2. Adecuada instalación de pernos y tuercas</b>	Los pernos y las tuercas deben de estar en todos los agujeros previstos; no omitir tuercas.
<b>3. Uso de arandelas planas en ranuras</b>	Usar arandelas planas en todas las ranuras .
<b>4. Usar arandelas de resorte</b>	No descuidar el uso de arandelas de resorte en localizaciones similares.
<b>5. Tuercas flojas usadas en pernos del ajuste de nivel</b>	No debe existir holgura en tuercas de cabecera y fondo de pernos que mantiene bastidores de posición.
<b>6. Instalación de pernos y tuercas</b>	Donde sea posible, los pernos deben ser insertados desde abajo con tuerca en la cabeza (como regla: las tuercas deben ser colocadas en la posición más visible).
<b>7. Longitud de pernos</b>	Los pernos deben ser lo suficientemente largos como para permitir como mínimo de 2 a 3 fileteados emergiendo de la tuerca.
<b>8. Instalación de placas de base de sensores de límite</b>	Las placas de la base de los LS deben fijarse como mínimo con dos pernos.
<b>9. Otros</b>	Elementos especiales aparte de los anteriores.

**Figura 3.4.** Lista de revisión de pernos y tuercas

### III.1.3. Inspección general e intervalos de revisión

En un programa de mantenimiento autónomo se adiestra a los operadores para que realicen inspecciones de rutina. Lo que se espera de estos operadores es que sean capaces de identificar las evidencias que indiquen un posible daño y con esto evitar el deterioro.

El hecho de realizar inspecciones es lograr resultados significativos, pero en ocasiones esto no se consigue por las siguientes razones:

- Se exige inspección, pero no se estimula a los trabajadores para que prevengan el deterioro de los equipos (falta de motivación por causa de falta de dirección).
- Se exige inspección, pero no se concede el tiempo suficiente para llevarla a cabo (falta oportunidad).
- Se exige inspección, pero no se realiza el adiestramiento necesario (falta habilidad).

Inevitablemente, hay problemas con la inspección cuando los ingenieros de mantenimiento preparan las hojas de control para inspección y simplemente las entregan a los operadores. Los ingenieros desean siempre que se inspeccionen



demasiados elementos y tienden a considerar que su trabajo ha terminado cuando han preparado las hojas de control. No indican qué elementos a revisar son los más importantes y cuánto tiempo se necesita; tampoco toman en consideración que los procedimientos de inspección podrían hacerse más fluidos o que los operadores quizás necesiten aprender ciertas destrezas para realizar la inspección.

El principal problema es probablemente que se pide a los operadores que realicen inspecciones para las que no tienen la destreza necesaria. Es típico pedirles que realicen inspecciones visuales, pero éstas son a menudo bastante difíciles porque en muchos casos el deterioro no puede identificarse o medirse visualmente. Los operadores necesitan un adiestramiento considerable antes de que puedan realizar las inspecciones correctamente; con la simple entrega de una hoja de control no se les capacita para realizar su trabajo.

El primer requerimiento para una inspección autónoma general es disponer de operadores conocedores de su equipo y que confíen en él. Una vez que hayan sido adiestrados y tengan la práctica necesaria para llevar a cabo inspecciones generales, pueden preparar hojas de control que cubran sus propios requerimientos.

También los intervalos y tiempos de inspección son críticos, puesto que es preciso realizar el trabajo mientras el equipo está operando.

Los intervalos adecuados de inspección para el mantenimiento autónomo pueden ser diarios, cada diez días (o cada dos semanas), cada mes y cada tres meses. Muy poco tiempo puede destinarse a la inspección diaria en la línea de producción, ya que se dedica un tiempo considerable a la preparación diaria del arranque, recogida al final de la jornada, así como a la limpieza o lubricación. Por lo tanto, las inspecciones diarias deberán centrarse solamente en el deterioro del equipo que afecte directamente a la seguridad y calidad del producto.

Muchas fábricas piden a sus operadores que sigan un procedimiento de inspección muy detallado. Sin embargo, a menudo no es necesario realizar una revisión diaria de todos los elementos de la máquina. Además, se concede un tiempo insuficiente para ello. Esto solamente consigue irritar a los operadores y convierte las listas de revisión en inútiles. Se deben limitar las inspecciones diarias a los pocos elementos necesarios para evitar graves problemas de seguridad y calidad y permitir que los operadores practiquen a fondo hasta que todo ello se integre a la rutina de trabajo.

La inspección general es demasiado importante para que se realice de prisa y arriesgadamente, por lo tanto se deben eliminar en los procedimientos diarios elementos no esenciales. En lugar de ello, reservar un bloque de tiempo para dedicarle toda la atención, incluso si fuera necesario se alarga el intervalo entre inspecciones. (Por ejemplo, reservar cincuenta minutos extra cada diez días en lugar de cinco minutos todos los días).

Con un bloque de tiempo más amplio, los operadores sabrán con seguridad realizar las revisiones requeridas, y les sobrará tiempo. Además, con la práctica de esta actividad, desarrollan gradualmente la capacidad de percibir durante la operación del equipo el estado en que se encuentra y de detectar señales de problemas mientras limpian o lubrican.

El intervalo de inspección para cada elemento solamente puede determinarse a través de la experiencia. Teniendo en cuenta las restricciones de tiempo, el personal responsable de producción y mantenimiento deberá ponerse de acuerdo sobre el tiempo adecuado, basándose en su propia experiencia y la probabilidad y posibles consecuencias de una avería del equipo. Naturalmente, los intervalos de inspección estarán sujetos a modificaciones dependiendo del registro posterior de inspecciones. La figura 3.5 es un ejemplo de intervalos de inspección para una compañía.

La necesidad de inspeccionar y el tiempo que se puede dedicar a cada elemento depende del equipo y su entorno, así como de los intervalos de inspección. Esto está afectado por factores tales como si el operador simplemente supervisa el equipo o si está trabajando en él en forma continua, si el equipo es crítico para la velocidad de la línea de producción, y si la mayor parte de la inspección puede llevarse a cabo mientras el equipo está funcionando.

En la mayoría de los casos, las inspecciones se limitan por la cantidad de tiempo que se puede reservar para ellas y, por lo tanto, lo mejor es empezar considerando los factores anteriormente mencionados y, como orientación, elaborar objetivos temporales de tiempo. Determinar los elementos de inspección y los intervalos con anticipación y preparar hojas de revisión para cada intervalo. Realizar inspecciones siguiendo estas hojas de revisión y anotar las diferencias entre los objetivos de tiempo y tiempos reales. En este punto puede ser necesario simplificar los procedimientos de inspección y reducir los tiempos de limpieza y lubricación; también será necesario reconsiderar los intervalos y los puntos a inspeccionar. Aunque al principio la inspección de ciertos elementos puede consumir demasiado tiempo, los tiempos se reducirán considerablemente cuando los operadores se familiaricen con los procedimientos.

Temas de adiestramiento en inspección general		Intervalo de Inspección	Muestra de objetos de Inspección
Sistema Neumático 1	Tubería –TRL (filtro regulador, lubricador)	DIARIO	Lubricación, tapones de drenaje, temperatura, cantidad, presión de fluido hidráulico
Sistema Neumático 2	Cilindros neumáticos y válvulas		
Lubricación	Tipos y funciones de lubricantes	CADA 10 DIAS	Cilindro y válvulas hidráulicas y neumáticas, conmutadores de límite y proximidad
Operación básica	Corregir apriete de tuercas y pernos		
Sistema Eléctrico	Conmutadores de límite y de seguridad	MENSUAL	Engranajes de dirección, piezas móviles
Sistema de Dirección	Motores, transmisiones, engranajes reductores, articulaciones, cadenas, poleas, bandas en V		
Sistema Hidráulico	Válvulas hidráulicas, cilindros y fluidos	CADA 3 MESES	Válvulas hidráulicas

**Figura 3.5.** Relación entre el adiestramiento para inspección y elementos de inspección periódica.

Al determinar los puntos de revisión para las inspecciones diarias, es conveniente considerar las unidades que sean comunes para la mayoría de las máquinas. Las unidades neumáticas, de vapor, hidráulicas, de mecanismos de transmisión, y eléctricas a que nos referimos en este caso, pueden encontrarse en la mayoría de los equipos automáticos. Puesto que sufren frecuentes averías, hay que poner especial atención en ellas durante las inspecciones diarias.

### III.1.4. Inspección autónoma, formación y adiestramiento

La formación de los operadores sobre sus equipos es efectiva en cuanto a costos, pero consume mucho tiempo ya que el adiestramiento debe ser detallado, y debe comenzar desde las bases. Además, deben ser adiestrados en el mismo equipo que utilizan, lo que complica la programación de la producción. Sin embargo, muchas compañías están descubriendo que el adiestramiento técnico concienzudo es la llave para establecer el programa de mantenimiento productivo total (TPM) y obtener beneficios significativos.

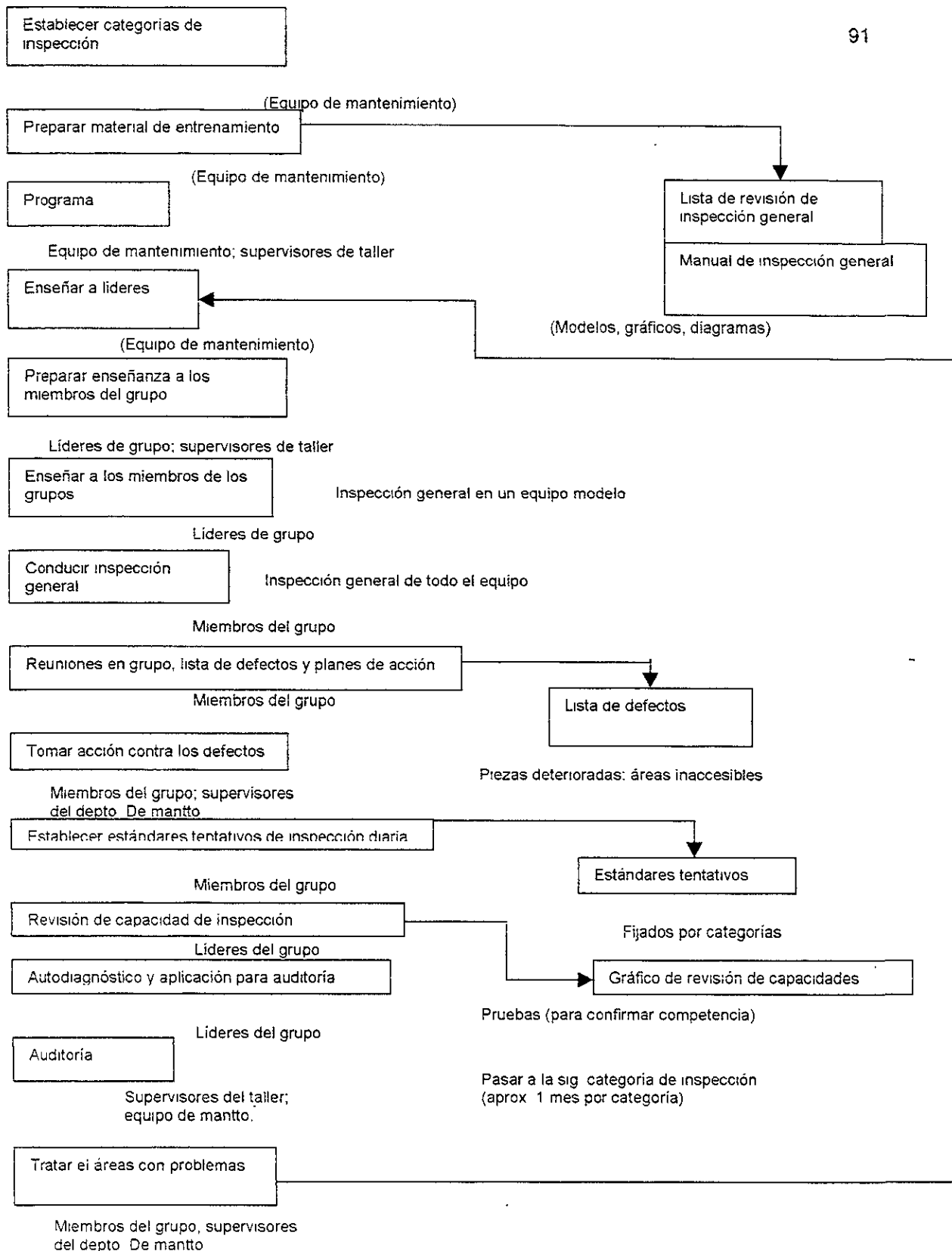
Debido a que los operadores utilizan su equipo para fabricar productos, se podría esperar que estuvieran razonablemente familiarizados con él. Los directores de muchas compañías, creen sin embargo, que sus operadores simplemente necesitan saber como colocar y quitar los accesorios apropiados y seguir las instrucciones, en este tipo de compañías no se realiza ningún esfuerzo para desarrollar el conocimiento de los operadores. Por otro lado, en otras compañías encuentran que, teniendo los operadores un mayor conocimiento y destreza, se puede transformar la forma de operar la fábrica o el taller con excelentes beneficios.

Un operario que conoce su equipo no es necesario que tenga la destreza en reparaciones de un trabajador de mantenimiento. La destreza del operador más bien consiste en detectar anomalías. Los operadores deben saber lo bastante sobre su equipo como para poder identificar la más pequeña señal de problemas siempre que ocurra algo fuera de lo normal.

Si aceptamos el reto de desarrollar operarios con este tipo de capacidades, debemos adiestrarlos de forma correcta. Una parte importante del adiestramiento prepara a los operarios para realizar inspecciones generales.

Para realizar inspecciones generales obsérvese la figura 3.6.

El plan de enseñanza dependerá de lo que los operarios necesitan saber, por ejemplo, cómo fijar condiciones, cómo montar útiles y operar el equipo correctamente, y cómo llevar a cabo una inspección concienzuda. Esto se determina de acuerdo con las especificaciones de diseño del equipo en particular y la incidencia de averías, defectos y otros problemas. El programa deberá también cubrir (por lo menos) los componentes básicos funcionales del equipo (como pernos, turcas, lubricantes, sistemas neumáticos, sistemas hidráulicos, mecanismos de transmisión, electricidad, e instrumentación)



**Figura 3.6.** Procedimiento para desarrollar formación e inspección

El material más importante para el adiestramiento son las hojas de revisión de inspección general y los manuales. Primero, se deben seleccionar los elementos que los operadores deben inspeccionar utilizando sus sentidos e incorporarlos en las hojas de revisión de inspección general.

A continuación se debe considerar que información técnica necesitarán los operarios para saber como utilizar en la inspección la destreza adquirida. Se debe incluir esta información en los manuales de inspección destinada a los líderes de grupo. Se asegurara la provisión de detalles relevantes tales como funciones básicas, mecanismos y componentes de las unidades que van a ser inspeccionadas, junto con los nombres y funciones de las piezas, criterios de inspección y métodos, así como aspecto, causas y tratamiento del deterioro.

Una dedicación minuciosa a estos temas enseñará a los operadores la importancia de las condiciones básicas del equipo, la necesidad de inspecciones, y los riesgos que conlleva la falta de inspección. Sabrán que deben atender en la operación de rutina y como informar sobre problemas.

Mientras los planes y materiales de estudio se estén preparando; el personal de mantenimiento debe preparar programas de adiestramiento en cooperación con los directores de los departamentos de producción. El programa de adiestramiento no puede ser decidido solamente por el personal de mantenimiento, porque comprende muchos factores, tales como determinar cuando disponen de tiempo los alumnos, cuando realizar horas extra, la disponibilidad de instalaciones de entrenamiento y preparar estimaciones de los costos y presupuestos para el programa de adiestramiento.

Los programas de adiestramiento de inspección se extienden sobre un largo periodo de tiempo e implican gastos considerables. Por lo tanto deben planificarse cuidadosamente y aprobarse por la gerencia para no tener interrupciones a mitad del camino.

Los manuales por sí solos no proporcionan un entendimiento total de los temas de estudio, así que se deben emplear otras ayudas de adiestramiento, tales como maquetas, gráficos de fácil comprensión, y diapositivas de piezas deterioradas y rotas.

### III.1.5. Fases para la implantación exitosa del mantenimiento autónomo

En la implantación del mantenimiento autónomo, cada fase acentúa diferentes actividades y metas de desarrollo, y cada una se basa en un entendimiento completo y en las experiencias de muchas compañías que han implantado el programa de mantenimiento productivo total (TPM) con éxito. Las fases del mantenimiento autónomo representan una división óptima de responsabilidades entre los departamentos de producción y mantenimiento, las cuales se mencionan a continuación:

- 1) Limpieza inicial.
- 2) Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles.
- 3) Estándares de limpieza y lubricación.
- 4) Inspección general.
- 5) Inspección autónoma.
- 6) Organización y orden del lugar de trabajo.
- 7) Implantación plena del programa de mantenimiento autónomo.

La figura 3.7 ilustra de un modo más amplio las siete fases de desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo.

Paso	Actividad	Metas para el equipo (diagnóstico en punto de trabajo)	Metas para miembros del grupo	Liderazgo de la dirección
1. Limpieza inicial	Remover a fondo toda la suciedad y contaminantes del equipo (retirar piezas desechadas del equipo).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar causas de deterioro del entorno tales como polvo y suciedad; prevenir deterioro acelerado</li> <li>• Eliminar polvo y suciedad; mejorar calidad de inspección y reparaciones y reducir el tiempo requerido.</li> <li>• Descubrir y tratar defectos escondidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar interés, curiosidad, y cuidado del equipo a través del contacto frecuente</li> <li>• Desarrollar habilidades de liderazgo a través de actividades de pequeños grupos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñar el control del polvo y suciedad deterioro del equipo, y trabajo de mantenimiento relacionado.</li> <li>• Identificar áreas de prioridad al limpiar y la importancia de mantener las condiciones básicas del equipo</li> <li>• Enseñar los que significa "La limpieza es inspección"</li> </ul>
2. Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles	Eliminar las fuentes de polvo y suciedad de áreas difíciles de limpiar y lubricar; reducir tiempo requerido para lubricación y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la fiabilidad inherente del equipo evitando que el polvo y otros contaminantes se adhieran y acumulen.</li> <li>• Elevar la mantenibilidad mejorando la limpieza y lubricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprender conceptos y técnicas de mejora del equipo.</li> <li>• Participar en la mejora a través de la actividad de pequeños grupos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer guía en respuesta a las cuestiones de los operarios.</li> <li>• Asegurar que las ordenes de trabajo de mantenimiento se realicen rápidamente.</li> <li>• Promover sistemas de control visual</li> </ul>

<b>3. Estándares de limpieza y lubricación</b>	<p>Fijar estándares claros de limpieza, lubricación y apretado de pernos que puedan mantenerse fácilmente en intervalos cortos, debe especificarse claramente el tiempo permitido para el trabajo periódico/diario</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener las condiciones básicas del equipo (actividades de prevención del deterioro).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender el significado e importancia del mantenimiento fijando y manteniendo nuestros propios estándares.</li> <li>Sobresalir en el equipo de trabajo tomando más responsabilidad individual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proveer guías sobre el contenido y forma de los estándares de limpieza.</li> <li>Proveer asistencia técnica en el desarrollo de estándares de lubricación.</li> </ul>
<b>4. Inspección general</b>	<p>Conducir educación sobre habilidades de inspección de acuerdo con los manuales, encontrar y corregir defectos menores a través de revisiones generales, modificar equipo para facilitar la tarea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeccionar visualmente las partes principales del equipo</li> <li>Facilitar inspección mediante métodos innovadores, tales como placas de número de serie, etiquetas de instrucciones de colores, calibres térmicos e indicadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprender mecanismos del equipo, funciones y criterios de inspección.</li> <li>Aprender a realizar inspecciones simples</li> <li>Aumentar la capacidad de liderazgo enseñando a los demás miembros del grupo.</li> <li>Seleccionar y estudiar datos de inspección general; y entender la importancia de los datos analizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparar manuales de inspección general y estudios de casos problema</li> <li>Preparar programas de inspección general</li> <li>Proveer acción rápida de órdenes de trabajo emitidas a través de la inspección general.</li> <li>Enseñar tratamientos simples de defectos menores</li> <li>Simplificar inspecciones mediante el uso creativo de controles visuales.</li> <li>Proveer instrucción sobre captura y análisis de datos.</li> <li>Invitar a líderes de grupo a participar en programas de mantenimiento planificado</li> </ul>
<b>5. Inspección autónoma</b>	<p>Desarrollar y usar hoja de revisión de mantenimiento autónomo (estandarizar la limpieza, lubricación e inspección para una fácil aplicación).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener condiciones óptimas del equipo una vez que se haya restaurado el deterioro.</li> <li>Usar sistemas de control visual para hacer más efectiva la limpieza, lubricación e inspección.</li> <li>Implantar mejoras para hacer las operaciones más fáciles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar hojas de revisión periódica y diaria individuales con base en el manual de inspección general y datos del equipo</li> <li>Aprender la importancia del registro de datos básicos.</li> <li>Aprender métodos de operación apropiados, signos de anomalías y acciones correctivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proveer guía en el desarrollo de prioridades de inspección a intervalos basados en análisis de datos.</li> <li>Aconsejar sobre contenido y forma de las listas de revisión.</li> <li>Proveer asistencia técnica para el desarrollo de estándares de operación y manuales de problemas.</li> </ul>
<b>6. Organización y orden del lugar de trabajo</b>	<p>Estandarizar las reglas del lugar de trabajo; mejorar la efectividad del trabajo, calidad del producto y la seguridad del entorno.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el tiempo de preparación y ajuste, eliminar trabajo en proceso.</li> <li>Estandares de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estandarizar el control de trabajo en procesos, productos defectuosos, herramientas, instrumentos de medida, equipos de manejo de material, islas</li> <li>Implantar sistemas de control visual en el lugar de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliar el perfil de mantenimiento autónomo estandarizando diversos elementos de la administración y el control</li> <li>Ser conscientes de la necesidad de mejorar continuamente los estándares y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proveer asistencia técnica a los departamentos en cuanto se necesite.</li> <li>Enseñar técnicas de mejora, sistemas de control visual y métodos de calidad.</li> </ul>



	<p>manipulación de materiales en el taller</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recoger y registrar datos; estandarizar</li> <li>• Estándares de control y procedimientos para primeras materias, trabajos en curso, productos, repuestos y herramientas</li> </ul>		<p>procedimientos, con base en la práctica de la estandarización y el análisis de los datos actuales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los directores y supervisores son primariamente responsables de la mejora continua de los estándares y procedimientos y de promoverlos en la fábrica.</li> </ul>	
<b>7. Implantación plena de l programa de mantenimiento autónomo</b>	<p>Desarrollar metas de compañía Comprometer actividades de mejora continua; mejorar el equipo con base en registros cuidadosos y análisis de tiempo medio entre fallos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recoger y analizar diverso tipos de datos, mejorar el equipo para aumentar la fiabilidad, mantenibilidad y facilidad de operación.</li> <li>• Identificar debilidades en el equipo; implantar planes de mejora para alargar la vida del equipo y los ciclos de inspección.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener una conciencia sostenida de los costos y metas d la compañía.</li> <li>• Aprender a realizar reparaciones simples a través del entrenamiento.</li> <li>• Aprender a recoger y analizar datos y técnicas de mejora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer asistencia técnica para mejorar el equipo.</li> <li>• Proveer entrenamiento en técnicas de reparación.</li> <li>• Participar en reuniones de mejora del equipo: estimular a los grupos a esforzarse en la mejora continua.</li> <li>• Estandarizar los resultados de las mejoras.</li> </ul>

**Figura 3.7.** Desarrollo de actividades de pequeños grupos de mantenimiento autónomo

Para tener éxito con la implantación del mantenimiento autónomo, debemos considerar los siguientes elementos importantes:

- Formación y adiestramiento preliminar del personal.
- Cooperación entre departamentos.
- Actividades de grupo.

De igual forma es importante el hecho de que todos los participantes deben comprender que las actividades de mantenimiento autónomo (en todas las fases) son obligatorias y necesarias. El trabajo de mantenimiento autónomo realizado por los operadores se diseña para apoyar y complementar el esfuerzo planificado del departamento de mantenimiento. Una vez iniciadas, las actividades de ambos departamentos deben continuar paralelamente.

El mantenimiento autónomo requiere operadores diestros, altamente motivados, que trabajen en un entorno cooperativo y racional. La dirección debe proporcionar a los trabajadores el mando y guía que necesiten para así intensificar su habilidad y motivación y deben cooperar en todos los niveles para mantener un entorno favorable de trabajo.

El éxito de la implantación del mantenimiento autónomo depende de una combinación del desarrollo gradual de la destreza, del aprendizaje experimental, y de la mayor consciencia o cambios de actitud. Cada fase del mantenimiento autónomo se construye sobre el conocimiento, la experiencia y comprensión adquiridos. Por esta razón, la formación y el adiestramiento deben ser diseñados para un progreso paso a paso y deben ser cuidadosamente confeccionados para cubrir las necesidades cambiantes de los operadores y el entorno de fabricación.

Es necesario fijar en cada fase temas y metas de mejora claros, apropiados y concretos para que se generen resultados prácticos. Los directores y el equipo deben auditar la actividad de los pequeños grupos de mantenimiento autónomo en cada uno de sus pasos ofreciendo guía, apoyo y señalando las áreas de problemas.

Por último es de vital importancia perfeccionar cada fase del mantenimiento autónomo antes de avanzar a la próxima. Si las actividades implicadas en un paso en particular se realizan precipitadamente, puede parecer que se haya logrado algún tipo de progreso pero este será un progreso superficial, sin embargo, faltará el dominio que requiere mantener el progreso; más tarde aparecerán problemas serios y el programa puede colapsar.

## III.2. Mantenimiento Preventivo

La finalidad de este mantenimiento es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva, resultantes de negligencias. Es decir, lo que se pretende es que ninguna máquina o instalación llegue al punto de ruptura.

Debidamente dirigido, el mantenimiento preventivo es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a la empresa dinero en conservación y operación.

En todo plan de mantenimiento preventivo se pueden introducir cuantos refinamientos se deseen. A un extremo del asunto, cuando se trata de una fábrica pequeña y la producción no es crítica, este tipo de mantenimiento puede constar de una inspección informal del equipo por parte del director de fábrica, de acuerdo con un plan periódico.

Al otro extremo se encuentran algunas fábricas que usan equipo de control automático que desconectan las máquinas después de que se ha producido una determinada cantidad de piezas, a fin de que puedan efectuarse las actividades de mantenimiento necesarias; también hay empresas que utilizan computadoras para escribir las órdenes de trabajo requeridas. Independientemente del grado de refinamiento a que se quiera llegar, un programa de mantenimiento preventivo bien intencionado debe incluir:

- 1) Una inspección periódica de las instalaciones y equipo para descubrir situaciones que pueden originar fallas o una depreciación perjudicial.
- 2) El mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a considerarse como graves.

Si se permite que el equipo o instalaciones se deteriore, ya sea por un falso sentido de economía o por una producción muy presionada, es preciso trazar planes para elevar el nivel del equipo hasta un estándar mínimo de mantenimiento, antes de iniciar un programa de mantenimiento en regla, ya que es necesario llegar a una cierta condición de estabilidad para introducir técnicas de mantenimiento preventivo. De otro modo, la fuerza de mantenimiento estará demasiado ocupada reparando averías para que se pueda llevar a cabo una inspección y mantenimiento bajo programa. Diremos, como regla empírica, que una fábrica que emplee más de 75% de su tiempo de mantenimiento en arreglar descomposturas, es posible que llegue a tropezar con serias dificultades para

pasar a una situación de mantenimiento preventivo, a menos que acondicione debidamente su maquinaria para que existan operaciones normales.

Una investigación del equipo puede llevar a la eliminación de ciertas piezas o unidades de valor marginal que por lo regular imponen una fuerte carga de trabajo al mantenimiento para conservarlas en estado de operación. Esta clase de maquinaria no podrá ser retenida si su reconstrucción o compostura resulta antieconómica.

Este examen puede revelar la necesidad de aumentar temporalmente la fuerza de trabajo con el objeto de mejorar la condición de las máquinas o instalaciones hasta un nivel aceptable, esto se debe llevar a cabo antes de instalar un mantenimiento preventivo. En este caso, no podrá cargarse el costo al programa de mantenimiento preventivo ya que más bien corresponde a un mantenimiento referido, consecuencia de un mantenimiento impropio en el pasado. Una vez establecido el programa, el número de trabajadores deberá de ser inferior al que había cuando se inició, como resultado de reparaciones más económicas y menos paros. Por otra parte, el tiempo perdido en la producción disminuirá, con un apreciable ahorro en los costos.

### **III.2.1. Planeación preliminar del Mantenimiento Preventivo**

Cuando se trata de implementar un programa de mantenimiento preventivo, siempre surgen las incógnitas y oposiciones a la implantación de este programa, ya sea que provenga del presidente de la empresa o del sobrestante de ingreso reciente. Una respuesta sencilla sería que si no pudiera demostrarse que la compañía obtendrá un sensible ahorro con el mantenimiento preventivo, no habría porque adoptarlo. Pero si se le concibe, se pone en obra y controla como debe de ser, no hay porque pensar que no se conseguirán economías.

Desde luego, el objetivo principal para poner en práctica el mantenimiento preventivo es bajar los costos, pero esta economía puede asumir situaciones distintas que a continuación se mencionan:

- 1) Menor tiempo perdido como resultado de menos paros por maquinaria descompuesta.
- 2) Mejor conservación y duración de las cosas, por no existir la necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
- 3) Menor costo por concepto de horas extras de trabajo y menor trabajo para el equipo de mantenimiento, como resultado de la elaboración de

un programa preestablecido, en lugar de llevarlo a cabo para realizar mantenimientos correctivos.

- 4) Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
- 5) Menor costo por concepto de composturas. Cuando una parte falla por servicio, suelen fallar otras partes y con ello aumenta aún más el costo de reparaciones. Una atención previa antes de que se presenten las averías reducirá los costos considerablemente.
- 6) Menos ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, esto como consecuencia de una mejor condición general del equipo
- 7) Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el remplazo de máquinas anticuadas.
- 8) Mejores condiciones de seguridad.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son múltiples y variadas, beneficiando no solo a la fábrica pequeña, si no también a los grandes complejos industriales. Así mismo, presenta ventajas para las fábricas que sirven sobre pedido, las de alta producción, las de elaboración o procesamiento, las de productos químicos, en fin puede decirse que para toda clase de dimensión e instalaciones.

Una vez establecido lo anterior, podemos mencionar una regla para el mantenimiento preventivo: "A mayor valor de las instalaciones por metro cuadrado, mayor será el beneficio del mantenimiento preventivo".

Antes de emprender un mantenimiento preventivo es indispensable trazar un plan general y despertar el interés de quienes participen en el mismo, e inclusive de quienes le sean ajenos.

Con el objeto de establecer las bases para apreciar los adelantos, se deben elaborar tan pronto como sea posible, un registro del tiempo de paro de la maquinaria causado por deficiencias de mantenimiento. No sólo se identificarán las máquinas, si no que se anotará en forma breve el motivo. Al principio se incluirá el tiempo de paro debido a defectos de diseño. Más tarde se podrá poner remedio al problema. En caso de ser posible, el costo de mantenimiento se acumulará con anterioridad o simultáneamente con el principio del programa.

Desde luego, habrá que dedicar gente a la iniciación y operación de un programa de mantenimiento preventivo. Las necesidades varían de acuerdo al tipo y tamaño de la fábrica.

Todo programa que reporte buenos resultados requerirá varios meses y años para quedar bien establecido. En la planeación preliminar deberán tomarse en cuenta los objetivos del programa y un itinerario preciso a efecto de poder evaluar e informar los beneficios.

### **III.2.2. Instauración de un programa de Mantenimiento Preventivo**

Un rasgo esencial del mantenimiento preventivo es la acumulación de datos históricos de reparación de maquinaria y equipo general, la cual se efectúa en forma de solicitud de mantenimiento mediante bases de datos registrados en una computadora.

Para determinar si es preciso o no en el mantenimiento correctivo será un requisito realizar un estudio de las dificultades ocurridas en el pasado. También se indicará la frecuencia con que habrán de realizarse las inspecciones para reducir al mínimo las composturas. La información de referencia tendrá como fuente de origen cualquiera de las dos siguientes:

- 1) Revisión de las ordenes de trabajo de mantenimiento correspondientes a los últimos dos años o antes.
- 2) Un análisis de los antecedentes del equipo, si es que existen.

De las dos fuentes citadas, la que implica más esfuerzo es la revisión de las ordenes de trabajo. Solo se recurrirá a ella cuando la fábrica no cuente con datos sobre las reparaciones realizadas. Dichas ordenes se clasifican por número o descripción del equipo, y por tipos de composturas, abarcando los dos últimos años.

La información obtenida se asentará en una hoja de registro, por número y marca de máquina, incluyendo fecha y tipo de reparación, así como una lista de las partes de repuesto usadas. Un examen de este registro señalará las situaciones que están exigiendo excesivas intervenciones de reparación. Por ejemplo, en una determinada fábrica esta clase de análisis podrá revelar que una máquina está requiriendo la instalación de chumaceras cada 10 semanas. Una investigación al respecto demuestra que existe una flecha fuera de alineación. Tan pronto como se corrija el defecto, desaparece la necesidad de la frecuente reposición de chumaceras. Un estudio minucioso de la hoja de registro descubrirá situaciones de reiteración de intervenciones de mantenimiento.

La otra posibilidad es recurrir, en lugar de la hoja de registro mencionada, a un examen de los registros de maquinaria, si es que se tienen. En el caso de que no los haya, deberán llevarse a medida de que avance el programa de mantenimiento preventivo. Es de gran importancia que toda reparación y ajuste queden apuntados, a fin de que sea factible hacer una reparación y estudio detallados. Solo sabiendo lo que ha tenido lugar en el pasado se pueden efectuar estudios para el mejoramiento de las funciones y disminuir los costos de mantenimiento en el futuro.

### III.2.3. Creación y utilización de las ordenes de trabajo

La orden de trabajo es un documento que autoriza gastos de mano de obra y materiales para trabajo que tienen que ser realizados, para asegurarse de un mantenimiento y reparaciones económicas y seguras de la planta. La orden de trabajo proporciona un método para coordinar y controlar el mantenimiento, las reparaciones y trabajos de operación de soportes. Es esencial para una planeación y reparación adecuadas y es la base para los costos de equipo y registros de historia. La orden de trabajo funciona como un documento de control.

Una orden de trabajo sirve a tres funciones básicas:

- 1) Autoriza y define el trabajo a ser desempeñado por el departamento de mantenimiento:
  - Sistemáticamente muestra y autoriza trabajos requeridos.
  - Identifica tipos de trabajo, localización, tipo de urgencia y causa.
- 2) Muestra el trayectó dentro del departamento de mantenimiento a través de la planeación, programación y ejecución de los pasos anteriormente descritos
  - Registra y mide las entradas (la cantidad de trabajo que llega al departamento de mantenimiento).
  - Asigna prioridades.
  - Proporcionar información necesaria para planear, programar y coordinar métodos, materiales y mano de obra.
  - Proporciona supervisores y cuadrillas capacitadas con instrucciones de trabajo y un estimado de tiempo requerido para la realización de este.
  - Acumula información sobre progresos del trabajo.
  - Registra y mide salidas (la cantidad de trabajos terminados por el departamento de mantenimiento).
  - Controla niveles de personal que balancean los trabajos de salida y entrada.

- 3) Acumula una historia de costos de mantenimiento contra piezas de equipo y números de orden de trabajo:
  - Desarrolla estimados de tiempo para trabajos repetitivos.
  - Muestra trayecto de medición de costos y desempeño así como su mejoramiento.
  - Analiza costos de mantenimiento por trabajo, equipo y centro de costo
  - Mejora la planeación y programación.
  - Permite y mejora el mantenimiento preventivo.

Por lo tanto, la orden de trabajo:

- 1) Proporciona una proyección sistemática y la autorización para el trabajo requerido.
- 2) Proporciona información necesaria para planeación, programación y trabajos de coordinación que han sido autorizados.
- 3) Proporciona a los supervisores y mecánicos instrucciones claras de trabajo y un estimado de tiempo requerido para la realización del mismo.
- 4) Acumula información sobre progresos de trabajo y costos que pueden ser usados como una base para el mejoramiento de costos y desempeño.
- 5) Recolecta información sobre operaciones de mantenimiento que puede ser utilizada para mejorar los esfuerzos de planeación y mejora, expande el programa de mantenimiento preventivo y desarrolla estándares para trabajos repetitivos

Casi todas las actividades relativas al mantenimiento, reparaciones y trabajos operacionales de soporte deben ser cubiertos por ordenes de trabajo. Una orden de trabajo individual es requerida para todos los trabajos de mantenimiento, reparación o servicio a operaciones de una duración de más de dos horas hombre.

Trabajos que requieren mano de obra de menos de dos horas hombre pueden ser solicitados y manejados vía un libro de registro de área. Las ordenes de trabajo se cargan a códigos de costos establecidos por el departamento de control. Las requisiciones de trabajo pueden venir de grupos operativos, grupos mecánicos o programas periódicos tales como el programa de mantenimiento preventivo.

A continuación se describe el procedimiento para la elaboración de ordenes de trabajo.



1. Creación: Las ordenes de trabajo deben crearse por la persona que descubre el problema, a menos que alguna circunstancia poco usual indique lo contrario. Aunque la creación de ordenes de trabajo predominantemente es el trabajo de los operadores, los mecánicos, en particular, deberán estar encausados a escribir ordenes de trabajo.

Es muy importante motivar a cualquier persona que descubra un problema que necesita reparación para que escriba una orden de trabajo. Cualquier persona que descubre un problema puede crear una orden de trabajo y se espera que así se haga. Porque elaborar una orden no es un trabajo exclusivo del supervisor o de algún coordinador mecánico.

2. Autorización: La autorización de los gastos del fondo de la compañía es una responsabilidad de supervisión. Sin embargo, cada planta establece su propia política de límites de autorización y determina quien tiene autoridad para ratificar el material.

Es de vital importancia conocer cuando se requiere una orden de trabajo, puesto que no todas las actividades o paso de alguna actividad requiere de documentación formal o del control que proporciona el sistema de ordenes de trabajo. Aquí se provee una guía para conocer si debe hacerse o no una forma de trabajo.

1. El sistema de ordenes de trabajo se debe usar ya sea para control y monitoreo de costos o para llevar registros y trabajo de documentos. Cualquiera de estos dos propósitos es suficiente para iniciar una orden de trabajo individual.
2. Una orden de trabajo individual es esencial si el conocer esa actividad ayudará en el futuro a la planeación del mantenimiento preventivo. Si el entender el costo asociado con cada actividad ayuda para reducir costos futuros, las ordenes de trabajo individuales son necesarias.
3. Si el trabajo es de rutina y los costos de cada actividad individual no son importantes, se puede hacer una orden de trabajo como portada que se usaría en un año calendario. Es decir, podemos necesitar saber únicamente que gastamos cierta cantidad de dinero en mantener el edificio el año pasado. No necesitamos 250 ordenes de trabajo elaboradas durante el año para cada trabajo hecho al edificio. Tenemos que recordar que el costo de 250 ordenes de trabajo incluye el tiempo que toma iniciar 250 ordenes, cerrar 250 e iniciar 250 suplementarias si algún trabajo individual excede su estimado de autorización. Otros costos incluyen el costo del sistema para estas transacciones y los errores en los que se incurra por tener una base de datos tan grandes, y el

tener un desorden cada vez que se busque una orden de trabajo activa, o cuando se requiera verificar los registros.

Existen diferentes clasificaciones y descripciones de las ordenes de trabajo, la diferencia entre las categorías de "Mantenimiento", "Reparación", "Servicio a operaciones" y "Reemplazo" no siempre está clara. Las siguientes definiciones pueden ayudar a aclarar como se debe describir el trabajo:

- **Mantenimiento:** Son los gastos necesarios para mantener la vida útil que fue originalmente anticipada, de un bien determinado. Es la conservación de la propiedad y el equipo. Usualmente es un trabajo continuo y repetitivo. Este tipo de gasto es esencial para mantener la planta y el equipo en condiciones eficientes y no prolonga la vida de la propiedad o el equipo, tampoco aumenta su valor. Algunos ejemplos son: pintura, inspección, lubricación normal o ajustes.
- **Reparación:** El costo de componer los bienes dañados o gastados, sin aumentar su vida o valor. Es el costo de restablecer la propiedad a un buen estado después de deterioro o daños. Una reparación pone de nuevo a la propiedad en su condición de operación eficiente. No prolonga la vida de la propiedad o del equipo y no se suma a su valor, tampoco adapta el equipo a un uso diferente. Usualmente involucra partes pequeñas o componentes. Por ejemplo la reparación de un cimiento rajado, la pintura de una pared de ladrillo, el cambio de un balero quemado o gastado.
- **Servicio a operaciones:** Es una clasificación de trabajo mecánico que no es de mantenimiento el cual requiere habilidades del personal de mantenimiento. Este tipo de trabajo depende de los conocimientos y disponibilidad personal en la organización de Mantenimiento para corregir situaciones creadas por problemas de operación o de proceso.
- **Reemplazo:** El acto de cambiar una pieza parte de una inversión permanente o de equipo de la planta. El reemplazo es el cambio o sustitución de un bien por otro que tiene la capacidad de desempeñar la misma función. Involucra la mejora de la vida o calidad del recurso o bien.
- **Adiciones:** Cualquier equipo o instalación nueva significativa, incluyendo la adición de equipo de repuesto "no instalado" tal como repuestos de servicio a operaciones y maquinaria extra.

La figura 3.8 muestra un ejemplo de una orden de trabajo, la cual tiene espacios destinados a especificar lo que se va a hacer, dónde, cuándo y por quién, así

como para consignar todos aquellos datos pertinentes para la acumulación de costos. Se trata de un documento detallado y se emplea de manera peculiar en las fábricas de gran tamaño. Para una descripción más detallada se incluyen números entre paréntesis que explican la función de cada espacio.

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO						
Fecha de terminación (1) Mes    Día    Año			Centro de costo * (2)	Equipo No. (3)	Mantenimiento Tipo (4)    Area (5)	Boleta de trabajo No (6) No. 75610
* Fecha de expedición (7) Mes    Día    Año			Originado por * (8)		Lugar de trabajo * (9)	
* Fecha en que se necesita (10) Mes    Día    Año			Aprobado por * (11)		Nombre del equipo y sección No. (12)	
Oficio (13)		Hora estándar (14)		Descripción del trabajo (15)		
(El originador llena esto Puede ampliarse por el supervisor de mantenimiento para aclarar)						
MATERIALES O EQUIPO ESPECIAL (16)						
Total		(17)		Sobrestante de mantenimiento (18)		Supervisor de mantenimiento de área (19)
Blanco - Contabilidad						
Azul - Supervisor de mantenimiento						
Amanillo - Planeación de mantenimiento						
Rosa - Originador						
* Llenado por el originador						

**Figura 3.8.** Orden de trabajo de mantenimiento (fábricas grandes)

- 1) *Fecha de Terminación.* Aquí se consignan mes, día y año en que se completó el trabajo, debiendo ser el supervisor de mantenimiento en turno quien anote los datos.

- 2) *Centro de Costos*. Números de tres dígitos que indican donde se cargarán los costos, según sea la clave de contabilidad respectiva. Lo anotará quien haya dado curso inicial a la orden de trabajo.
- 3) *Número de Equipo*. Número señalado al equipo. Se necesita para la acumulación de costos (registro histórico de las reparaciones al equipo).
- 4) *Tipo de Mantenimiento*. Cifra de dos dígitos que muestra la clase de trabajo de mantenimiento, (a) Mantenimiento preventivo, (b) 05 Reparaciones, (c) 06 Compostura importante, (d) 07 Nueva Construcción, (e) 08 Seguridad, (f) 09 Fabricación.
- 5) *Area de Mantenimiento*. Número de tres dígitos que indica el centro de costos de mantenimiento implicado. Lo registra mantenimiento.
- 6) *Número de la Orden de Trabajo*. Número de cinco dígitos que señala el número de control asignado a la tarea de mantenimiento.
- 7) *Fecha de emisión*. Mes, día y año en que se emitió la orden. Será asentada por el expedidor.
- 8) *Expedida por*. Firma de quien dio curso inicial a la orden.
- 9) *Lugar o departamento*. Area específica en que se hizo el trabajo a registrar por el iniciador de la orden.
- 10) *Fecha fijada*. Mes, día y año en que se desea quede terminada la reparación. Será anotada por el expedidor.
- 11) *Aprobado por*. Aquí va la firma del supervisor autorizado para la aprobación de costos de mantenimiento.
- 12) *Nombre del Equipo y Lugar*. Nombre del sitio donde se necesita el servicio. Lo asentará el expedidor.
- 13) *Oficio*. Oficio u oficios que se requieren para completar el trabajo. Será anotado por planeación de mantenimiento o por el supervisor correspondiente.
- 14) *Horas Estándar*. Tiempo necesario para una ejecución estándar, cuando se emplea el sistema de producción por hora bajo condiciones normales, para dar

termino al trabajo de acuerdo con los oficios que intervengan. Será apuntado por el planeador de mantenimiento.

- 15) *Descripción del trabajo.* Breve descripción de los servicios requeridos, que se detallarán por el iniciador de la orden. El supervisor de mantenimiento agregará por vía oral lo necesario para aclarar la tarea.
- 16) *Materiales y Equipo Especial.* Descripción de los materiales especiales o equipo que se precisa para llevar a termino la tarea. Será indicada por planeación de mantenimiento en el análisis preliminar a la asignación del trabajo.
- 17) *Total.* Suma de las horas estándar o estimadas para la ejecución del trabajo.
- 18) *Sobrestante de Mantenimiento.* Firma del sobrestante bajo cuya supervisión se llevo a cabo el trabajo.
- 19) *Supervisor.* Firma del supervisor del área donde fue realizado el trabajo.

En las figuras 3.9 y 3.10 se encuentran dos diagramas que ilustran la secuencia de la orden de trabajo en cada uno. El primer diagrama es el típico de una orden de trabajo rutinaria. El segundo es para un trabajo de emergencia.

### ***Flujo normal de una orden de trabajo rutinaria***

1. Cualquier persona puede elaborar una orden de trabajo requiriendo un trabajo de mantenimiento. El originador es responsable de llenar toda la información requerida. La computadora asignará automáticamente un número de orden de trabajo cuando esta se origine.
2. La orden va al coordinador de mantenimiento y al programador.
3. El programador planea el trabajo y estima las horas hombre.
4. Todo el trabajo hecho por la fuerza de trabajo de la planta se contabiliza en el sistema de computo.

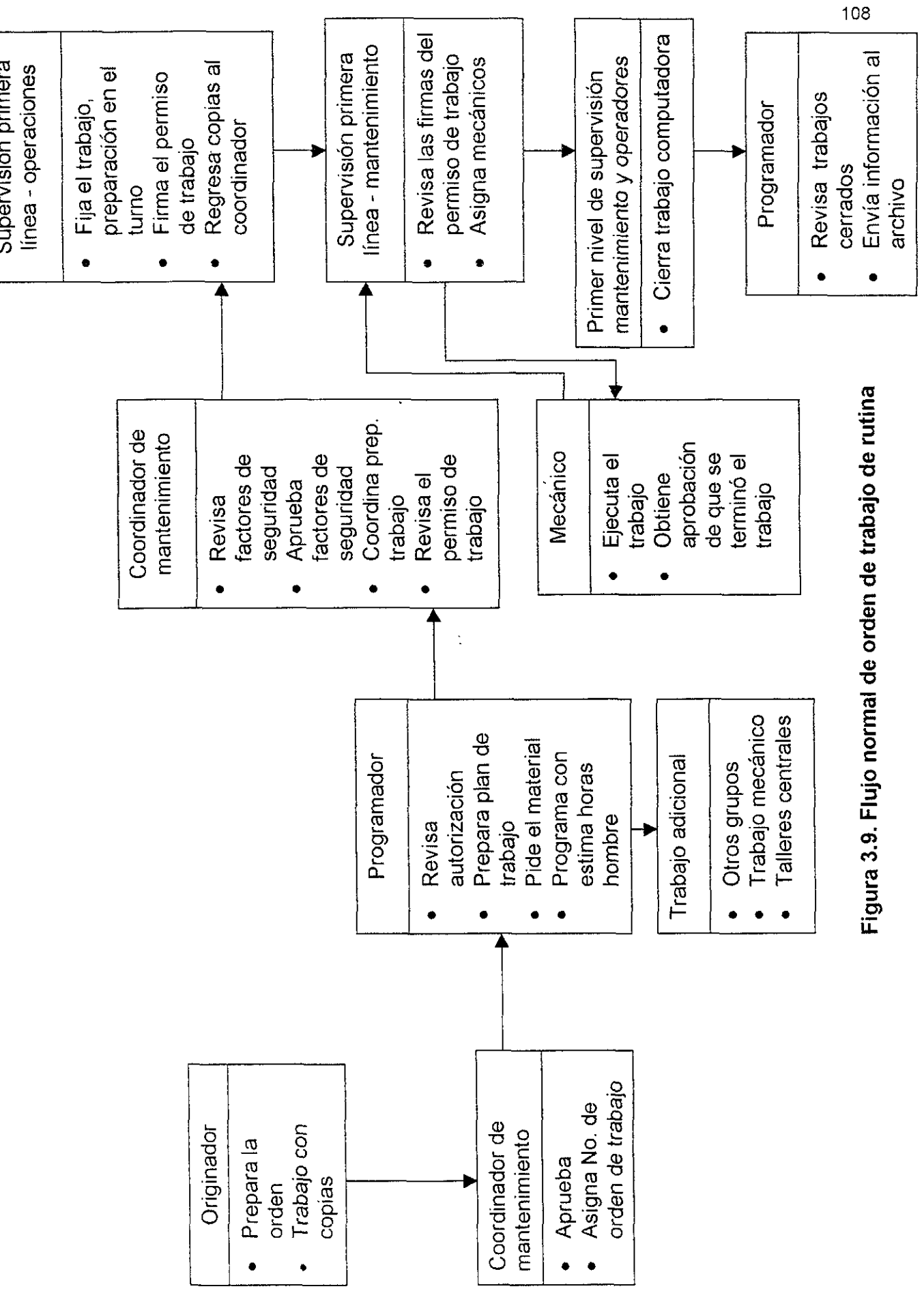


Figura 3.9. Flujo normal de orden de trabajo de rutina

5. Cada día el programador revisará todas las requisiciones de trabajo desde que estén por programar partiendo de estas requisiciones y de otras que reciben el día, se desarrolla un programa para cada mantenimiento. El programa tiene ocho horas de trabajo estimadas para cada mecánico del turno. Algunos trabajos que requieren tiempo extra se enlistan en cada programa para asegurar el trabajo completo de un día para cada grupo.
6. El programador y mantenimiento discuten y diseñan el programa a la satisfacción de mantenimiento.
7. Durante el día, el programador lleva a cabo una junta de programación en el área de producción adecuada. El propósito de esta junta es el de asegurar un acuerdo completo del programa propuesto para el día siguiente.

Una vez que todo el personal está de acuerdo con el programa propuesto, el programador y coordinador de mantenimiento son responsables de:

- Elaborar planes de trabajo para cada trabajo programado.
  - Conseguir los permisos de seguridad y toda la información necesaria.
  - Adjuntar las ordenes de trabajo y toda la información descrita arriba del programa.
  - Distribuir copias del programa.
8. El paquete de información se da a los operadores de supervisión de la línea. Se requiere que su turno descontamine y asegure todos los trabajos para el día siguiente.
  9. El coordinador de mantenimiento revisa todos los trabajos y el papeleo de los trabajos asegurados y firma todo este y la información relacionada con seguridad. Esto indica que el trabajo está listo para ser empezado por el grupo de mantenimiento.
  10. La supervisión de primera línea de mantenimiento asigna a los mecánicos a las diferentes labores y les da instrucciones a cerca de seguridad. Los mecánicos recogen el material para los trabajo programados del área de almacenamiento de material. (Este es el material reunido por el programador para cada trabajo). Cuando los mecánicos terminan el trabajo, se reportan a sus supervisores para otra asignación.
  11. La supervisión o el programador es responsable de conseguir la firma de producción en cada orden de trabajo, indicando que el trabajo fue hecho a su satisfacción y que la limpieza quedó dentro de los estándares.

12. La orden firmada se regresa al programador.
13. El programador revisa la orden de trabajo para asegurar que la información esté completa y posteriormente él completa los datos faltantes de la orden y envía la información al archivo y a contabilidad.
14. La planeación y programación proporciona un juego de material para todas las requisiciones de trabajo rutinarios que necesitan partes. La determinación de que partes son necesarias se hace cuando se planea el trabajo. Los artículos comunes que se encuentran en el lugar para herramientas del área o en los talleres de supervisión de mantenimiento, generalmente no se ponen en el juego de material.

La supervisión de mantenimiento o los mecánicos deben de agregar cualquier información a la orden de trabajo que ayude a planear el mismo trabajo en un futuro.

Si se determina que son necesarios materiales adicionales una vez que el trabajo está en progreso, el grupo de trabajo es responsable de identificar los accesorios a gran detalle para que puedan obtenerse por el coordinador de materiales.

Las partes y los materiales arriba discutidos se obtienen en la manera más rápida posible con los procedimientos rutinarios de obtención. Si el grupo siente la necesidad de brincar el sistema, planeación y programación proveerán el papeleo necesario para que estos grupos hagan algo manual a través del sistema.

### ***Flujo normal de una orden de trabajo de emergencia:***

Un trabajo de emergencia es aquel que debe de llevarse a cabo de inmediato para prevenir o corregir cualquier riesgo serio de seguridad, prevenir algún daño grave al equipo o pérdida de material o de producto, ya sea en proceso o en almacenamiento. La figura 3.10 muestra un diagrama de flujo de una orden de trabajo

A continuación se proporciona una descripción de los procedimientos básicos a seguir al manejar una orden de trabajo de emergencia.

1. Todas las ordenes de trabajo de emergencia deben ser cubiertas por mantenimiento con la autorización adecuada.



2. Cualquier persona puede originar una orden de trabajo de emergencia o hacerlo directamente con el sistema de computo.
3. Las ordenes de trabajo de emergencia se llevan directamente al primer nivel de supervisión de mantenimiento, no al programador.
4. Cuando el supervisor de primer nivel de mantenimiento recibe la orden de trabajo de emergencia, deberá tomar acción inmediata para definir el trabajo y obtener la mano de obra, partes, materiales y cualquier herramienta específica que se requiera, tan pronto como sea posible. Deberá evitar la interferencia de otros trabajos urgentes que estén realizando cuando reciban una orden de este tipo. Para hacer esto, puede solicitar ayuda de los otros supervisores. De alguna manera, debe hacer el trabajo tan expeditamente como sea posible.
5. En el caso de que existan más de dos ordenes de trabajo de emergencia simultáneamente y exista una disponibilidad insuficiente de los recursos para realizarlas todas a la vez, el coordinador de mantenimiento determinará el orden de ejecución.
6. Las ordenes de trabajo de emergencia no serán puestas en programa. No serán registradas en el programa diario de trabajo hasta no haber sido terminadas. El tiempo y el material se deben cargar a estas ordenes si ocurren durante el día. La supervisión de primera línea de producción – mantenimiento, será responsable de anotar la orden de trabajo de emergencia en el programa de trabajo y de registrar el número de horas cargadas por el grupo.
7. La supervisión de primera línea de operación es responsable de la magnitud de la orden de trabajo de emergencia que ocurra en su porción asignada de planta. Para descargar su responsabilidad total mantenimiento trabaja activamente o continuamente para minimizar las ordenes de trabajo de emergencia haciendo lo siguiente:
  - Emitiendo ordenes de trabajo con la mayor anticipación.
  - Aplicando la prioridad de trabajo de emergencia correctamente.
  - Cooperando por completo con mantenimiento para crear e implementar un programa de mantenimiento preventivo.

Con la aparición de los sistemas de computación, mucho del papeleo inicial que se lleva para una orden de trabajo ha sido dirigido a un tipo diferente de formato de entrada y documentación. La información que se proporciona a continuación provee un antecedente para saber como se origina un formato de orden de trabajo y se vuelve la base de los formatos de computación actuales.

Una de las mayores barreras durante la instalación de un sistema de ordenes de trabajo es la resistencia al papeleo asociado con ello. Algún papeleo es necesario y bien garantizado, pero puede y debe minimizarse con un sistema bien diseñado.

Hay tres formatos básicos para orden de trabajo:

- Orden de trabajo formal.
- Ordenes de trabajo permanentes.
- Bitácora de ordenes de trabajo.

*Orden de trabajo formal:* Esta orden debe usarse solo para aquellos trabajos que entran en el registro de respaldo y deben planearse cada vez que ocurren.

Al diseñar una orden de trabajo formal, debe decidirse si se van a utilizar un formato sencillo o uno que involucra a varios trabajadores. Si es un trabajador únicamente se usa el formato sencillo, se usa una forma de cruce para trabajos que requieren más de un trabajador.

Una orden de cruce es un documento interno del departamento de mantenimiento (con frecuencia es una copia fotostática de la orden de trabajo inicial) se usa para asignar porciones de trabajo a otro trabajador adicional. La orden de cruce es un documento subsidiario a la orden de trabajo primaria y ayuda a coordinar este tipo de trabajo. Siempre se requiere que la orden de trabajo inicial esté completamente autorizada.

La orden de cruce es planeada y programada en la misma manera que los trabajos de las ordenes de trabajo y lleva el mismo número de referencia que la orden primaria.

*Orden de trabajo permanente:* la orden de trabajo permanente debe usarse primeramente para trabajos periódicos en un tiempo predeterminado en un patrón conocido e involucrando una cantidad de trabajo conocida. Es innecesario preparar ordenes de trabajo únicas cada vez que se vence el plazo para hacer este tipo de trabajos.

Las ordenes permanentes comúnmente se establecen para absorber los costos de los siguientes tipos de trabajo de mantenimiento:

1. Inspección de rutina, lubricación, ajuste y servicio del equipo.
2. Trabajo de servicio repetitivo, tal como cambiar lámparas, recoger la basura, labores de limpieza, transporte de material y revisión de sistemas contraincendio.
3. Menor, reparaciones de pequeño y gran costo por un mecánico asignado a una unidad específica donde no se necesita historial del equipo.
4. Actividades que no involucran trabajo, como juntas de seguridad, de sindicato y entrenamiento.

Las ordenes de trabajo permanentes se cargan a centros de costo individuales, pero permiten separación de gastos por número de equipo solo cuando se emiten para el trabajo en una máquina en particular.

El servicio repetitivo y las reparaciones de bajo costo tales como las indicadas arriba pueden ser mejor controladas económicamente sin el uso de una orden de trabajo formal. El esfuerzo y el gasto involucrado en el uso de una orden de trabajo formal para cada tarea identificable en un día de trabajo de este tipo, no es justificable, ya sea económicamente o en términos de manejo eficiente. El costo de ejecución puede ser mayor que el gasto de reparación, coordinación y control de una orden de trabajo formal. Al identificar ordenes de trabajo de esta naturaleza y controlarlas con ordenes de trabajo permanentes, se pueden adecuar una gran cantidad de tareas menores para controlarlas rápidamente, efectivamente y de una manera económica. Sin embargo solo un número mínimo que comprenda las ordenes permanentes más útiles y necesarias puede emitirse.

Este tipo de ordenes se establecen una vez al año y se les asignan números permanentes. Los costos estimados se determinan para cada orden y luego son autorizados por la autoridad designada. Los cargos son controlados contra los presupuestos mensuales.

Los reportes de variación en costos para cada orden deben de ser revisados de cerca. Las fluctuaciones agudas o cargos excesivos deben investigarse para determinar la causa e iniciar acción correctiva, si procede.

*Bitácora de ordenes de trabajo:* La bitácora de las ordenes de trabajo puede usarse para aquellos trabajos que deben de completarse dentro del siguiente día, sin la oportunidad de planear o ganar los beneficios relativos a la planeación. Estos registros no son efectivos en sistemas completamente manuales ya que no hay manera de llenar partidas de línea individual (trabajos – ordenes de trabajo) por referencia a de equipo. Por lo tanto se sacrifica el punto de historial del equipo.

### III.2.4. Control de Piezas de Repuesto y Materiales de Mantenimiento

Un factor importante para la reducción de costos es el control adecuado de las piezas de repuesto, materiales y accesorios de mantenimiento. En la mayoría de las fábricas, independientemente de su tamaño existe la tendencia a subestimar la importancia de este control, que cuando no se ejerce como debe de ser, origina costos exagerados con la consiguiente pérdida de utilidades. Cuando se tiene una existencia demasiado baja de un artículo necesario, puede causarse un grave perjuicio a la producción por paralización prolongada, también implica mayores gastos como resultado de la necesidad de fabricar especialmente la pieza de que se trate. Por otra parte, tener una existencia demasiado alta resulta costoso, debido a los intereses inútiles que devenga el capital invertido al espacio de almacenamiento indebidamente ocupado al inventario de bienes o impuestos de bodega que a menudo hay que pagar, y al riesgo de que caigan en desuso las piezas.

El primer paso para el control de los materiales, consiste en inventariar y catalogar todas las piezas de repuesto que se encuentren dispersas en la fábrica (inclusive las que estén guardadas en los armarios de los mecánicos) cada pieza se identificará por la máquina a que corresponda y su número, nombre y cantidad se registrarán en una etiqueta que se les pegará. También se anotará en el registro de piezas de repuesto según la máquina o departamento a que corresponda, indicando el lugar en que se encuentra. Si una pieza determinada se utiliza en más de una máquina, debe asentarse este hecho tanto en la etiqueta como en el registro. Tan pronto como una pieza es etiquetada, se instruirá a quienes la usen, que cuando dispongan de ella, entreguen la etiqueta respectiva a fin de que el inventario se mantenga al corriente y se pueda ordenar su reposición. Esto puede ser el principio de un sistema de inventario perpetuo susceptible de ampliación posterior.

Levantar un inventario físico de material de almacén necesita planeación y organización. La responsabilidad debe ser de alguien que esté familiarizado con la máquina y el equipo de la fábrica y que conozca el costo y disponibilidad de los diferentes artículos. Esa persona necesitará el tiempo suficiente y la ayuda humana adecuada para llevar a cabo una labor minuciosa y precisa. Así mismo, debe contar con el material impreso (catálogos y fotografías) necesarias para la identificación de las piezas.

Una vez escogido el lugar para el establecimiento de la bodega, se procederá a erigir los anaqueles de almacenamiento. El área debe ser protegida en forma que se pueda conservar el control de las partes y accesorios. Las piezas mayores se almacenarán en las áreas designadas por su cercanía al sitio donde van a ser utilizadas, teniendo cuidado de protegerlas de todo deterioro indebido. Hay que

hacer hincapié en este material, aún cuando se halle fuera del almacén, sigue bajo el control de este, y por tanto, al disponer del mismo tendrá que darse aviso al almacén para reponer la existencia y hacer el registro correspondiente. Toda pieza que haya caído en desuso, deberá ser retirada del almacén de la fábrica y vendida o enviada a desperdicios.

Una vez que se ha realizado el inventario físico, el siguiente paso será decidir que piezas y accesorios conviene seguir teniendo en existencia y que cantidades mínimas y máximas deben fijarse para cada artículo. En cuanto a este último, cuando no existan registros de la utilización real, la decisión estará sujeta al criterio personal, que se ilustrará en la información que proporcionarán supervisores y mecánicos. La determinación de existencia y montos se basará en el empleo que se espera y en los plazos de entrega de proveedores. Por ejemplo, si una banda se sustituye cada dos semanas y la entrega normal es de seis semanas, conviene tener en existencia un mínimo de cuatro bandas. En el caso de un motor cuya utilidad es de importancia crítica, o cualquier pieza grande y costosa del mismo, habrá que ver si tener en almacén un motor entero es conveniente, porque podría costar más de lo que resulte práctico invertir. Si la respuesta es negativa, convendría ver si sería apropiado llevar en existencia una bobina de campo como mínimo indispensable. También habría que precisar si una armadura de repuesto sería una inversión conveniente que pondría a funcionar el equipo nuevamente y casi tan rápido como instalando un motor nuevo. Es fácil efectuar un estudio de costos para evaluar el monto de tener en existencia el total o una parte de un equipo costoso, comparado con los prejuicios causados a la producción por no tenerla en existencia, y teniendo en cuenta el tiempo necesario para su instalación.

No hay duda que existen numerosos casos en los que se llegan a tener en existencia más artículos que los establecidos como máximo. Tal vez sea entonces posible y conveniente revenderlos o devolverlos al proveedor; en otras ocasiones, los artículos se dejarán en el almacén, dejando que su utilización normal reduzca el número hasta alcanzar la cantidad fijada como base.

Una vez completada la lista de las piezas que deben tenerse en existencia, se pasará a evaluar un análisis de costos, a efecto de determinar la inversión total que representarán. Este monto se hará del conocimiento de la dirección general para que se le hagan las modificaciones necesarias. Habrá casos en los que podrá hacerse que los proveedores sean quienes conserven en existencia el artículo, ahorrándose con ello costos de inventarios ala fábrica, además de disminuir el espacio de almacenamiento.

Suele ser beneficioso llevar primero al almacén todas las partes correspondientes a un departamento de producción. Todas las chumaceras se ubicarán en una

sección, todos los motores en otra, todas las cajas de engranes en otra y así dependiendo de la pieza que se trate, al colocar los artículos pertenecientes al siguiente departamento y los de departamentos sucesivos, es necesario comprobar que chumaceras y otras partes son intercambiables, con objeto de colocarlas en un mismo almacén. Esto puede tardar algo de tiempo pero vale la pena el tiempo y esfuerzo que se inviertan. Fijada la intercambiabilidad, se anotarán los números de las diversas máquinas que utilizan la pieza en la tarjeta de anaquel, para evitar equivocaciones o duplicaciones.

Fuera del almacén es conveniente establecer un sistema para que todas las piezas que lleguen sean limpiadas antes de almacenarlas.

Pocas personas inclusive supervisores de mantenimiento, se percatan de la frecuencia con la que acuden los mecánicos al almacén, y del costo que representan estos viajes. Un examen de las ordenes de trabajo demostrara, muy probablemente, que de 80 al 65 por ciento de los trabajos se llevan menos de dos horas en su ejecución y que la mayoría de los mismos requieren cuando menos de un viaje al almacén. Éste debería hallarse situado al centro de la fábrica; pero, suponiendo que su ubicación actual exija caminar un excedente de 90 metros y que el promedio de velocidad de avance al caminar es de 60 metros por minuto, el tiempo requerido por un mecánico para trasladarse al almacén, asciende a más de 40 horas al año. Esta pérdida anual, que equivale a una semana de tiempo de mecánico, demuestra la importancia que tiene instalar el almacén en un punto central.

Sin embargo, para obtener una economía máxima, convendría que el almacén de partes de repuesto se ubicara tan cerca como fuese posible del centro de actividad de los mecánicos que necesitan de sus servicios. El emplazamiento del almacén afectara mucho más a los mecánicos que, por ejemplo, a los carpinteros, cuyos efectos o accesorios se encuentran situados por lo general cerca del taller de carpintería.

Si la fábrica se halla en expansión, la dirección en que se está efectuando la ampliación, es un factor que hay que tomar en cuenta para escoger el sitio de emplazamiento, porque lo que es central y practico ahora, puede no serlo mañana. Es probable que la expansión exija reubicar el almacén.

La figura 3.11 presenta una disposición de fábrica en que los talleres de mantenimiento y los almacenes de partes y materiales se encuentran cerca del centro del área de fabricación, y se adaptan a talleres y áreas de reparación. Es evidente que la ubicación está determinada por la posibilidad de que la demanda de partes y materiales de mantenimiento sea mayor en los departamentos de

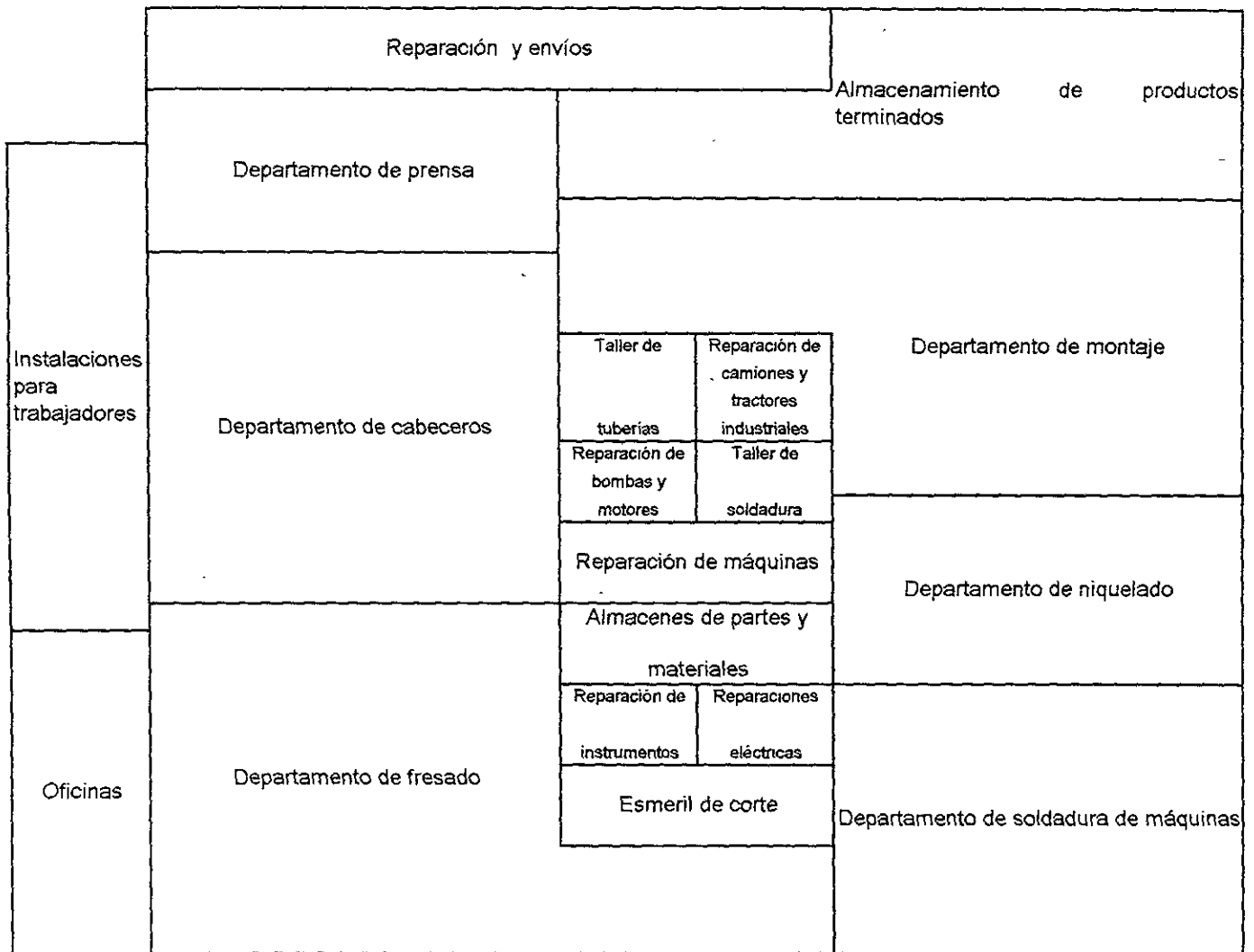


Figura 3.11. Localización ideal del almacén dentro de una fábrica

tallado y soldadura mecánica que en los productos terminados, troquelado y montaje. La ampliación de la fábrica en las direcciones indicadas, puede necesitar una revisión del tamaño y emplazamiento de almacenes y talleres, dependiendo de la importancia de dicha ampliación; pero si ésta no va a cambiar mucho el centro de la actividad de mantenimiento, las instalaciones respectivas pueden seguir en su sitio.

Un almacén de piezas de repuesto establecido en el centro geográfico de la fábrica, no estaría bien si las instalaciones productoras se hallaran en un extremo de la fábrica y el almacén general y de embarques, en el otro.

Las dimensiones del almacén dependerán del tipo de industria, de la complejidad de la maquinaria, de la ubicación de la fábrica, de los fondos de que se disponen para la adquisición de piezas, y de muchos otros factores. El espacio se planeará, siempre que sea posible, con una previsión de cinco años, tomando en cuenta una expansión vertical y horizontal. A veces convendrá colocar artículos usados en un segundo piso. Aproximadamente se necesitarán 4.64 metros cuadrados por operario de mantenimiento, excluyendo carpinteros, pintores y otros artesanos que guardan sus materiales y accesorios en sus talleres. En casos especiales, convendrá hacer un estudio de las necesidades de espacio, tomando en cuenta las circunstancias conocidas.

Las partes y materiales se guardan de manera que su entrega sea rápida a los operarios de mantenimiento. En la distribución ilustrada en la figura 3.11 debe abrirse una ventanilla de entrega a cada extremo del almacén. Las partes necesarias para los departamentos de troquelado, tallado y cabeceado, se colocaran en el extremo izquierdo, y los de los departamentos de montaje, niquelado y soldadura mecánica, al extremo derecho. Todo se pondrá en lugares fácilmente accesibles, con base en la frecuencia del empleo y tipo de las piezas.

Otro factor importante son los métodos de almacenamiento. Estos, desde luego, dependen de las circunstancias particulares; pero hay varios principios que pueden servir de guía. El primero, que los artículos grandes, voluminosos y especiales, se almacenaran cerca del punto donde se vayan a usar (almacenes de repuestos especiales). Esto disminuye las maniobras y pérdidas de tiempo en su traslado. El segundo principio es que todo artículo expuesto a la posibilidad de hurtos, se guardará en un almacén bajo control. Las piezas muy costosas o delicadas, se guardarán también en este almacén.

En cuanto a tuercas, pernos, tornillos, fusibles eléctricos, bandas y otros artículos de uso común y constante, se ubicaran al frente del almacén, con el objeto de que el almacenista no tenga que caminar mucho y que el mecánico que los solicita no



pierda tiempo esperando. Se deberá tener a la mano pequeñas cantidades de estos artículos, en almacenamiento no controlado, para que dispongan de ellos fácilmente los mecánicos de área. Las cajas de interruptores eléctricos, motores de repuesto y otros artículos que se usen de cuando en cuando, se guardarán al fondo del almacén o en el segundo piso. El objetivo será utilizar lo mejor que se pueda el espacio disponible, a la vez que atender en el menor tiempo las demandas de los artículos que se usen con frecuencia.

Se destinará bastante espacio en los anaqueles, para engranes, fusibles, brochas, interruptores eléctricos, conexiones de tuberías, y muchas otras partes de repuesto de mucho movimiento. En algunos casos será aconsejable fijar un lugar específico para todas las partes de alguna unidad importante de un equipo.

Por otra parte las cantidades a almacenar varían según el tamaño de la empresa y el ramo industrial. Sin embargo, pueden considerarse varios aspectos útiles. La finalidad básica de un almacén es proporcionar cantidades normales y razonables de materiales y accesorios que se necesitan para que los tiempos de paro sean mínimos y mantener la fábrica en funcionamiento.

La mayor parte de los materiales, accesorios y partes de repuesto se almacenan sobre una base de máximo-mínimo. La cantidad mínima es la considerada ligeramente mayor que la suficiente para durar desde el momento en que llega al mínimo, hasta que una entrega normal restituye el nivel. La cantidad máxima se finca en consideraciones económicas. Por una parte se puede desear fijar el máximo como la cantidad sobre el mínimo que permitirá comprar una cantidad que represente un precio bajo. Por otra, es menester recordar que todo lo almacenado tiene que pagar su sitio de espacio de almacenaje, inversión de capital y pérdida de los intereses sobre este capital invertido; además los artículos en un momento dado, pueden caer en desuso, haciendo que gran parte de la inversión se pierda: Como si esto fuera poco, hay organismos del gobierno que imponen un impuesto de propiedad sobre los inventarios de partes de repuestos, lo mismo que sobre productos. Al determinar la existencia máxima, debe tenerse en cuenta también lo que se necesitaría en el caso de que tuvieran lugar dos o tres descomposturas de importancia, al mismo tiempo. Esto no es raro en una fábrica, y debe ser tomado en cuenta al decidir sobre existencia máximas de artículos tales como chumaceras, que a menudo son intercambiables, entre diferentes máquinas.

Cuando se utiliza maquinaria de diferentes fabricantes, conviene estudiar sus necesidades de cojinetes o chumaceras, con objeto de determinar las posibilidades de intercambiabilidad entre las distintas máquinas. A fin de ahorrar tanto en la compra como en el almacén de las chumaceras, varias instalaciones de montaje de automóviles ordenan dicho artículo para maquinaria accionada con aire comprimido por el número de fabricantes de chumaceras, más bien que por el

del fabricante de la máquina. Como los estudios indican que surtirse de dos a cinco proveedores da como resultado entregas más rápidas y mejores precios competitivos, es conveniente proceder así. Esta clase de estudios son factibles y útiles con relación a otros artículos.

El tiempo de entrega es un factor importante a considerar para establecer cantidades máximas y mínimas. En los artículos que el proveedor surte con prontitud, el saldo máximo de inventario puede ser disminuido. Los artículos que tienen plazos de entrega largos, a menudo se tardan todavía más, porque por lo regular son complicados y pueden sufrir demoras en la fabricación. Por desgracia, son la clase de piezas o artículos que pueden paralizar por completo una máquina o la fábrica entera. Las cantidades máximas de piezas intercambiables, como son accesorios de cañería y brochas, pueden ser mantenidas bajas, porque casi siempre hay fuentes próximas de abastecimiento.

Al fijar las cantidades para existencias, hay que recordar que muchas piezas pueden reconstruirse de una manera económica, mediante técnicas de soldadura, u otras, regresándolas al inventario y reduciendo con ello los saldos del mismo.

Si la experiencia que se ha tenido con una determinada pieza no ha sido satisfactoria, conviene pedirle al fabricante que la surta en un material más resistente, duro o mejor. Si la solicitud se rechaza, se puede hacer que los dibujantes de la empresa la detallen en forma de plano, buscando perfeccionarla para que brinde un mejor servicio, y luego mandarla a hacer en un taller. Aún cuando el costo de ordenar pocas piezas de un artículo puede ser elevado, es probable que convenga con tal de lograr una duración mayor de la pieza y evitar los paros y las pérdidas en la producción.

Una vez establecidas las cantidades necesarias de piezas de repuesto que se deben almacenar en una empresa, es importante conocer el procedimiento necesario para el control de las entregas de las mismas piezas.

Cuando se planea un trabajo deberá hacerse una lista de las piezas de repuesto que se necesitan para llevarlo a cabo. Estas piezas se entregarán en el lugar de reparación por el personal del almacén, con anterioridad al momento en que se iniciará aquella, a efecto de que no incurra ninguna demora en la ejecución del trabajo. Muchas empresas han elaborado sistemas para efectuar dichas entregas. Por lo regular se recurre a carros o bicicletas de tres ruedas con pequeño portabultos para que los mecánicos reduzcan su tiempo de traslado entre el lugar de trabajo y el almacén. Instalar aparatos telefónicos en lugares apropiados en todo el recinto de la fábrica, permitirá que los operarios de mantenimiento hagan

pedidos a los almacenes y reciban así lo que necesitan, con mayor rapidez, reduciéndose con ello el tiempo de ejecución del trabajo y el tiempo de paralización de la máquina

Una eficaz comunicación y transportación son tan esenciales para un eficiente manejo de las piezas en existencia, como lo es el tamaño y ubicación del almacén.

Una parte importante en el control de piezas de repuesto son los registros de las piezas, siempre teniendo en cuenta que la documentación debe reducirse al mínimo. El sistema ideal es el que utiliza equipo electrónico de procesamiento de datos y un inventario perpetuo. Los saldos máximos y mínimos se revisarán a intervalos de seis meses a un año.

A intervalos, el costo del inventario de piezas disponibles se divide por el costo promedio de las piezas empleadas por mes en los seis o doce meses anteriores. Esto indicará el número de meses que durará el saldo existente, con base en el consumo real. Debido a la posibilidad de que haya muchos artículos, uno de cada modelo, es probable que el número de meses cubiertos por la existencia sea mayor de lo esperado. Se puede entonces establecer un estándar, con base en la situación particular, para el número de meses de existencia que se desee en el inventario.

Cuando se analicen las cantidades a tener en el almacén, el personal de mantenimiento deberá estar siempre alerta a la posibilidad de que existan mejores materiales o una forma más apropiada de efectuar el trabajo con mayor beneficio para la empresa. En lugar de tener en existencia cuarenta distintos lubricantes, tal vez sea posible consolidar los diferentes tipos y solo almacenar siete. También pudiera ser factible emplear filtros de papel tratado, en lugar de los de fibra de vidrio desechables. Cuando los fallos de sello de soporte ordinarios sean numerosos, puede resultar ventajoso instalar sellos mecánicos. Si las compras anteriores de acero han sido hechas a distribuidores, tal vez convenga proveer el consumo que se vaya a hacer de dicho material y adquirirlo al mayoreo al precio más bajo. Cuando las cadenas de acero blando de un transportador se desgastan por una atmósfera abrasiva, se les puede sustituir a veces con cadenas que contengan de un 11 a un 14 % de manganeso, ahorrando dinero. La sustitución de fusibles eléctricos de elemento sencillo, por fusibles de doble elemento, evita con frecuencia las costosas interrupciones de energía eléctrica. Estas son unas cuantas de las muchas situaciones que pueden revisarse al analizar las cantidades de inventario. Debe recordarse que se puede aplicar muy bien la ingeniería de valores a las prácticas y almacenes de mantenimiento del mismo modo que se hace con la producción.

<b>VALE DE SALIDA</b>											
ID. LOCALIZACION			O.T.			FECHA			No. DE VALE		
No. REQUISICION			CANTIDAD PEDIDA			CANT. ENTREGADA			I.D. PARTE		
REPISA			DESCRIPCION								
CON CARGO A:			DEPARTAMENTO			DEVOLUCION A:			No. DE REGISTRO		
DEPTO.	CUENTA		SUB-CUENTA		EXIST.			No. DE REGISTRO			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>						
USO EN:			MOTIVO DEVOLUCION			ALM.			No. DE REGISTRO		
						AUTORIZO			No. DE REGISTRO		

Figura 3.12. Vale de salida para piezas de refacción del almacén

En caso de fábricas pequeñas y medianas, el empleo de requisiciones volante es muy conveniente, porque con ellas se elimina el tener que redactar toda la información pertinente cada vez que se ordenen partes. Además la requisición volante proporciona un registro compuesto de todas las compras y entradas. Puede convenir también una tarjeta de inventario.

De cualquier forma, siempre deberá haber un registro del número de pieza por fila y compartimento del almacén, así como las cantidades máximas y mínimas a tener en existencia.

El departamento de compras tiene que hacerse responsable de conseguir los mejores precios pero sin sacrificar la calidad. Si se necesita hacer alguna sustitución en alguna máquina es indispensable que sea aprobada por el departamento de mantenimiento antes de que se proceda a comprar la pieza requerida, pues, de lo contrario, el daño causado al equipo, el costo y los tiempos de paros excesivos, podría ser el resultado de una omisión en este aspecto.

Una vez establecidas las características del control para las piezas de repuesto, y la ubicación idónea del almacén dentro de la planta, resulta conveniente mencionar los niveles de sofisticación en los que puede incurrir la organización de un almacén y que es un factor primordial en la buena administración de este.

**NIVEL 1:** No existen sistemas formales, ni controles reales de administración.

Los resultados de este nivel de sistema de control de materiales son:

1. No se tienen las partes correctas cuando son necesarias.
2. Se tiene un crecimiento de inventarios de bajo movimiento y obsoletos.
3. El mantenimiento es deficiente por la pérdida de tiempo debido a falta de materiales.

**NIVEL 2:** Se cuenta con sistemas simples y algunos controles administrativos.

1. Se cuenta con sistemas simples de orden de trabajo, la cual planea las necesidades de material y comunica estas necesidades en base a prioridad de tiempo al almacén.
2. El almacén es cerrado y solamente se proporciona atención en el turno diurno.
3. Se pueden utilizar requisiciones viajeras para solicitar la compra de materiales.

4. Los materiales predecibles también son enlistados en la orden de trabajo, se mantiene un archivo histórico del equipo para cada pieza de los equipos críticos.
5. Los registros de inventario perpetuos pueden ser mantenidos en el almacén.
6. Se justifican procedimientos para almacenaje de refacciones, puntos de reorden y cantidades probables que han sido determinados.

**NIVEL 3:** Se cuenta con un sistema auxiliado por computadora y por buenos controles de administración.

1. Se estima el material para ordenes de trabajo.
2. Se igualan requerimientos contra inventarios disponibles y se mantienen a la mano en la computadora.
3. Se elaboran listas impresas para el almacén.
4. Se cuenta con reordenamiento automático de partes de repuesto estándar y abastecimientos.
5. Los reportes de costos de materiales son reales y se cargan a ordenes de trabajo específicas o pendientes.
6. Se controla la acumulación de costo de materiales para reparaciones y mantenimiento por cada pieza del equipo.
7. Se cuenta con un resumen de costos de materiales.
8. Se implementan procedimientos formales de justificación para almacenar, reponer refacciones y hacerlas obsoletas.
9. El almacén cuenta con catálogos de materiales por pieza del equipo, mostrando las refacciones almacenadas en información acerca de las partes.
10. Existe referencia cruzada por parte de la compañía y por parte del proveedor en cuanto a número de partes.
11. Control de entrega de materiales, puntos mínimos designados y artículos de expedición libre.
12. Se cuenta con sistemas de contratos vigentes con emisiones periódicas.

Por todo lo anterior diremos, que en todo programa de mantenimiento, es de absoluta necesidad contar con un inventario de partes y accesorios adecuados, porque los procedimientos de mantenimiento por buenos que sean, el adiestramiento más avanzado y la organización más compatible, no valdrán gran cosa si no se proporcionan a los mecánicos de mantenimiento los materiales necesarios. Además, para que sirvan de forma óptima a los objetivos del mantenimiento, los materiales deben estar en perfectas condiciones, que se disponga de ellos al necesitarse y que se encuentren debidamente identificados. También es esencial tener la seguridad de que las piezas se reordenarán con prontitud y se almacenarán y protegerán debidamente, hasta su utilización.

### III.2.5. Control de Gastos para el Mantenimiento y Reducción de Costos

Los presupuestos de los equipos se clasifican y controlan generalmente de acuerdo con el propósito de los desembolsos o el tipo de trabajo, bien como gastos de capital o de operación o bien como gastos periódicos. Debido a que los desembolsos de capital y los de operación se tratan de una forma diferente para propósitos contables, es preciso que exista una clara distinción.

Los gastos de capital, tales como el costo de un equipo nuevo, ampliado, repuesto, o restaurado, son compras que se tratan como activos fijos. Dependiendo de la compañía, son parte de un presupuesto de mejora de capital, presupuesto de construcción, presupuesto de ampliación, o presupuesto de nuevo producto.

Los gastos operativos, por otro lado, son desembolsos que se tratan como costos de mantenimiento y restablecimiento de las condiciones de los equipos para su utilización prevista. Estos son costos de mantenimiento y generalmente se habla de ellos como costos de revisiones generales, gastos de reparaciones, o de restauración de las condiciones originales.

Desde el punto de vista contable, los desembolsos de mantenimiento usualmente se tratan como costos de operación y se identifican agrupándolos en categorías tales como costos de material de mantenimiento, de personal de mantenimiento y de subcontratación. Para ayudar a controlar el presupuesto de mantenimiento, deberán sin embargo, clasificarse de alguna de las siguientes maneras con el fin de proveer datos de control efectivos:

1. Los siguientes gastos se clasifican por su propósito:

- Costos de mantenimiento de rutina (incluyen los gastos de personal y materiales para actividades de mantenimiento de rutina destinados a prevenir el deterioro del equipo).
- Costos de inspección de equipo (incluyen desembolso de personal y materiales para inspecciones destinadas a descubrir anomalías y determinar si el equipo está en buen estado).
- Costos de reparaciones (incluyen gastos de personal y materiales para reparaciones que tienen como finalidad el restablecimiento de las condiciones originales del equipo).

2. Los costos se clasifican también por el tipo de mantenimiento realizado:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento de averías.
- Mejora de la mantenibilidad.

3. Otros costos se clasifican por sus elementos:

- Costos de material de mantenimiento (cubren los gastos de los materiales utilizados para el mantenimiento, tales como piezas de repuesto, materiales generales, y lubricantes). Es importante identificar y analizar estos elementos detalladamente.
- Costos de personal interno (incluyen los desembolsos de personal de los operadores que realizan mantenimiento autónomo así como los costos de personal del departamento de mantenimiento).
- Costos de subcontratación (son los gastos de mantenimiento correspondientes a contratistas externos).

4. Otras formas de clasificación de costos incluyen:

- Escala del trabajo (por ejemplo, gran escala, proyectos principales de mantenimiento y varios, así como pequeños trabajos).
- Tipo de trabajo (por ejemplo, mecánico, eléctrico, tuberías, instrumentación).

Es de suma importancia tener un control de presupuesto de mantenimiento, lo que significa controlar las actividades de mantenimiento de forma que se logren los objetivos del presupuesto del año o periodo fiscal. Para lograr unas actividades eficaces de control, se deben considerar los siguientes puntos.

- Procurar que todo el mundo sea consciente de la necesidad de un control del presupuesto: Explicar el presupuesto y planes de mantenimiento del periodo a todo el personal de mantenimiento y demás personas implicadas. Asegurar que todo el mundo entienda y acepte las tendencias industriales existentes, la posición industrial de la compañía, y los requerimientos de sus clientes. Convencerlos de la necesidad de un control del presupuesto y presionarles para logra su cooperación.
- Supervisar de cerca los datos de mantenimiento: A medida de que progrese el año fiscal, revisar con intervalos regulares el estado de los compromisos de presupuesto y gastos. Establecer sistemas claros para extender, clasificar, y totalizar los comprobantes de pago indicadores de los gastos reales de



mantenimiento, de manera que el estado del presupuesto de mantenimiento se puede determinar fácilmente.

- Ocuparse efectivamente de los problemas: Los responsables del control del presupuesto de mantenimiento deberán mantener un estricto seguimiento del progreso. Si se identifica cualquier desviación se debe señalar la fuente y realizar la acción apropiada.

Cada compañía dispone de un margen para reducir sus costos de mantenimiento. Las prioridades son diferentes para diferentes industrias y tipo de equipo, pero se pueden observar varios puntos generales que ayudarán a disminuir los costos:

- a) Revisar los intervalos de mantenimiento periódico: No existen dos componentes o piezas en una máquina que se deterioren igualmente y por lo tanto los intervalos de mantenimiento periódico y revisiones generales deberán determinarse por las piezas que tengan la vida útil más corta.
- b) Cambiar desde la fabricación externa a la fabricación interna: La parte principal del presupuesto de mantenimiento es el trabajo de mantenimiento preventivo, y los costos de pagos al exterior cubren usualmente la mayor parte del mismo. Si se confía demasiado en contratistas externos, se desperdician técnicas y destrezas valiosas del mantenimiento interno. El mantenimiento confiado a subcontratistas, deberá gradualmente incorporarse a la propia compañía, de forma que al final todo este trabajo se realice internamente.
- c) Revisar las piezas de repuesto: Una ligera inspección en los almacenes de piezas de repuesto revela, que en la mayoría, los niveles de inventario son más altos de lo necesario. Es aconsejable reducir el número de elementos de repuesto permanente e incrementar el número de elementos de compra planificada.
- d) Utilizar efectivamente los equipos parados: Los viejos hábitos de desechar cosas fomentan el descarte de los equipos viejos en cuanto se sustituyen. En lugar de ello, intentar sacar provecho de los recursos y considerar si un artículo puede ser recuperado y utilizado de nuevo antes de descartarlo.
- e) Reducir la utilización de energía y recursos: Una visita a cualquier planta revela usualmente un desperdicio de energía. El desperdicio obvio incluye por ejemplo, pérdida de aceite, aire comprimido, vapor y agua, luces que se quedan encendidas, y hornos y motores funcionando en vacío. También es fácil encontrar piezas esparcidas, materia prima que se ha caído en la línea y otros tipos de desperdicios.

- f) Eliminar las pérdidas del equipo: Los equipos generan pérdidas considerables, por ejemplo, pérdidas de energía y rendimiento durante la reparación y restablecimiento de las condiciones, y defectos de productos debido al deterioro en las funciones del equipo. Esto puede reducirse maximizando la eficiencia del equipo a través de la introducción del programa de mantenimiento productivo total (TPM).

Los costos de mantenimiento son a menudo difíciles de reducir a pesar de los esfuerzos diarios realizados por el personal de mantenimiento. Se logran reducciones de costos más drásticas cuando los operadores y otro personal indirecto están también comprometidos con las actividades del conjunto de la compañía. Estas actividades en grupo pueden organizarse de la siguiente manera:

- a) Formar un equipo de proyectos: Combinando los departamentos de mantenimiento, ingeniería y producción con el personal de compras y contabilidad.
- b) Identificar los costos corrientes de mantenimiento: Examinar los gastos de mantenimiento del año o periodo anterior. Establecer cuanto gastó cada departamento en cada elemento del equipo, si el trabajo se realizó por contratistas externos o internamente y que tipo de trabajo se efectuó.
- c) Fijar metas de mejora: Después de examinar las columnas del total de los costos de mantenimiento para toda la fábrica que contiene los formularios del estudio de costos. En particular mirar más allá de los pagos externos y considerar los costos del personal interno especialmente los costos del personal de administración.
- d) Preparar planes de progreso. Después de fijar metas, preparar planes detallados de progreso, indicando cuando deben lograrse los objetivos individuales y quien será el responsable.
- e) Seleccionar equipos prioritarios Preparar análisis de calidad para cada elemento del equipo partiendo de los cuadros de estudio de los costos de mantenimiento anteriormente mencionados, y designar como equipo prioritario al equipo clasificado con el rango superior A. El número de elementos prioritarios no debe ser superior al número de personas del equipo de proyectos.

- f) . Seleccionar elementos de costos prioritarios: Partiendo de los tipos de costos y usos que figuran en los formularios de estudio. Determinar el orden de prioridad, preparando un análisis de calidad para cada uno de ellos. Para maximizar la eficacia, seleccionar inicialmente un elemento único y atacarlo a fondo, revisando los resultados antes de seguir con el siguiente elemento.
  
- g) Realizar medidas apropiadas de mejora para cada elemento. Una vez determinados el equipo y los elementos asumidos como metas, planificar y realizar la acción apropiada. Analizar las fuentes de los costos de mantenimiento y preparar planes de mejora para tratarlas. Una buena manera para que se produzcan nuevas ideas es reunir los miembros de un equipo de proyecto con otras personas implicadas y realizar sesiones de tormenta de ideas.
  
- h) Medir resultados y tomar las medidas necesarias. Conforme se realiza el trabajo, el líder del proyecto debe asegurar que los resultados sean correctamente medidos y evaluados en cada paso del proceso. Si existe solamente una relación tenue entre los objetivos y el programa real, y si los resultados no se han medido y evaluado claramente, se logra poco efecto práctico.

También es importante la acción de seguimiento. Por ejemplo, decidir lo que se debe hacer en relación con los objetivos no logrados y determinar cuándo se pueden lograr los objetivos siendo realistas. Realizando en conjunto las actividades descritas anteriormente se lograra una importante disminución en los costos de mantenimiento.

### III.3. PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Sin las actividades de prevención de mantenimiento, emergen los problemas cuando después de instalar el equipo se hacen operaciones de prueba y las primeras operaciones comerciales, incluso aunque el diseño, la fabricación y la instalación parezcan haber ido regularmente. La operación normal es difícil de implantar, y los ingenieros de producción y mantenimiento puede que tenga que hacer numerosos cambios antes de lograr una operación a pleno rendimiento.

Incluso después de que el equipo esté operando normalmente, las reparaciones menores e inspección, los ajustes, la lubricación y la limpieza para evitar el deterioro y las averías son tan complicadas que todos los implicados se desmoralizan. Bajo tales circunstancias, puede haber negligencias en la inspección de la lubricación y limpieza; las paradas del equipo se prolongan sin ninguna razón concreta, incluso por muy pequeñas averías.

Esta clase de problemas ocurren a menudo en la fase de arranque, y las consiguientes modificaciones del equipo consisten en perfilar cuestiones mal acabadas en las fases de diseño y fabricación. Si estos fenómenos fuesen verdaderamente inevitables en el proceso del incremento de la escala, velocidad y automatización, tratar con ellos sería verdaderamente problemático. Sin embargo, el objetivo de la Prevención del Mantenimiento es minimizar estos problemas diseñando elementos superiores en calidad y funcionamiento para el equipo antes de su fabricación e instalación.

La meta de las actividades de prevención del mantenimiento es reducir los costos de mantenimiento y pérdidas de deterioro en nuevo equipo, considerando los datos de mantenimiento pasado y la última tecnología cuando se diseña para mayor fiabilidad, mejor mantenimiento, operación, seguridad y otros requerimientos. En otras palabras, significa diseñar e instalar equipo que sea fácil de mantener y operar.

Es de suma importancia establecer que son tres las áreas básicas de la prevención del mantenimiento. La primera de ellas abarca la planeación a largo plazo de las necesidades de mantenimiento y se encuentra íntimamente vinculada con los pronósticos de la ventas y la producción, dependiendo también de ellos. Esta clase de planeación se lleva a cabo, en las empresas importantes, por el personal respectivo, encargado de elaborar un programa de esta índole para la totalidad de las empresas. Los planeadores, trabajando conjuntamente con los ejecutivos de línea, definen y expresan lo que se necesita en el terreno actual, para poder alcanzar determinadas metas dentro de un tiempo determinado, ya sea

uno o diez años. Los planes a largo plazo abarcan la administración total y los que afectan a la fabricación, influyen en la planeación de la ingeniería de fábrica, de la dirección de control de calidad y de la dirección de control de producción, parte de otros departamentos más. Por consiguiente, aún cuando el nivel inicial de la planeación a largo plazo es alto, el efecto de los planes elaborados es experimentado en toda la organización.

Los planes a corto plazo, que son los que integran la siguiente área, comprenden lapsos de aproximadamente un año y se preparan bajo la supervisión directa de los directores de las diversas funciones. El presupuesto anual de mantenimiento elaborado por el ingeniero de fábrica corresponde a esta categoría.

La tercer área comprende planes inmediatos de la función de mantenimiento y viene a ser una planeación específica de trabajos de mantenimiento. Esta clase de previsión se elabora por técnicos del grupo de control de mantenimiento, o por sobrestantes.

Es significativo que las tres áreas de planeación difieran mucho en cuanto a tipo y lugar de desarrollo; mientras más penetran los planes en el futuro, mayor es el nivel de responsabilidad. La planeación de largo alcance se hace por el presidente o vicepresidente, y un grupo de asesoría establece las metas, dicta las estrategias y diseña los programas operativos de cinco, diez o más años. Es interesante observar que las compañías fabricantes de automóviles estudian, a nivel de asesoría, las tendencias y pronósticos de la rama de transportes por 35 años a partir de ahora, con el fin de definir mejor sus planes para satisfacer las demandas futuras.

Los planes a corto plazo son por uno o dos años y los preparan los directores de departamento y jefes de oficina. Los presupuestos, la mayoría de las reparaciones de importancia y todo mantenimiento grande corresponde a esta categoría. Esta clase de planes debe de estar de acuerdo, en principio, con los planes a corto y largo plazo de la empresa

La planeación inmediata la hace personal de categoría inferior y puede considerarse casi como de rutina, correspondiendo al día en curso, al de mañana y quizá a la semana próxima.

Las tres áreas mencionadas tienen muy poco en común, salvo que todas figuran bajo la denominación de planeación y son necesarias para alcanzar los objetivos de la empresa.

### III.3.1. Planeación a largo plazo

El propósito principal de una planeación a largo plazo es conservar al día los objetivos, políticas y procedimientos de mantenimiento, a efecto de que todos estos se hallen de acuerdo con los fines de la compañía. Desde luego, se necesita un conocimiento de los pronósticos de ventas y producción y tomar en cuenta todos los factores comprendidos en una planeación a largo plazo de la producción. Además, una planeación del mantenimiento requiere una proyección de dos factores específicos que son de suma importancia para la organización de dicha actividad; estos son:

1. Los cambios en el equipo de mantenimiento y las necesidades de instalación.
2. Los cambios en el equipo de producción por caducidad, una creciente mecanización, automatización, mayores velocidades de la maquinaria y otros perfeccionamientos tecnológicos.

De aquí que la planeación de las necesidades de mantenimiento futuras comprenden transformaciones dentro del departamento propio y proyectan el trabajo que habrá que realizar para respaldar la producción.

Tanto el equipo como el espacio, las necesidades de emplazamiento, el personal y la estructura orgánica, el desempeño y la actitud en el trabajo y hasta la responsabilidad pública son elementos que conviene tomar en cuenta con diez o quince años de anticipación.

**Equipo, espacio y ubicación:** Ocurre con frecuencia que el equipo de mantenimiento es viejo y usado en demasía. No es raro que tenga piezas improvisadas. Merece pues, la pena definir si el equipo con que se cuenta satisface las complejas necesidades futuras de precisión. Si se carece de un plan a largo plazo, resultará difícil justificar la adquisición de equipo nuevo, especialmente cuando los rendimientos de la empresa son bajos. Un programa de compras o reemplazos a largo plazo cuando se busque sustituir equipo ineficaz, superado o gastado, tendrá perfecta justificación y será más aceptable que hacer solicitudes aisladas por piezas individuales. Otra cosa que hay que tener presente es la necesidad de espacio y emplazamiento en el futuro, ya que su planeación puede eliminar o, por lo menos disminuir la posibilidad de mudanzas y trasladados numerosos.

**Trabajadores de mantenimiento:** Es posible que sea difícil conseguir personal adiestrado para las actividades venideras. Por lo tanto, conviene preparar planes

de aprendizaje, incluyendo exigencias que vayan a presentarse por lo menos dentro de tres o cuatro años. Es casi imposible conseguir gente experta en nuevas especialidades. Los mecánicos expertos del futuro probablemente surjan de los propios programas de adiestramiento de la empresa, o de los programas de readiestramiento del personal antiguo. Todos estos problemas y tendrán que enfocarse en un plan a largo plazo, ya que se necesita de mucho tiempo para adquirir los nuevos conocimientos. No es posible hacer las cosas precipitadamente cuando se trata de adiestramiento.

**Administración futura del mantenimiento:** Los ingenieros de fábrica, superintendentes de mantenimiento y otro personal vigente futuro no pueden ser mecánicos impreparados extraídos del montón. Todo programa de preparación de ejecutivos tiene que ser cuidadosamente elaborado a efecto de que ayude a los elementos prometedores a que se capaciten para mejorar. El número de empleados a ser adiestrados debe encajar en los planes a largo plazo de la empresa, con una previsión de las pérdidas. Los planes para sustituir solo el personal ordinario faltante servirán de muy poco. Una constante preocupación por mantener bien preparados al personal en función y un adiestramiento de candidatos a ese puesto capacitarán a dicho personal en las últimas técnicas en uso y en las que todavía no se implantan. El personal debe saber más a medida que se va haciendo más complicada la maquinaria. Necesitan estar conscientes de cómo pueden utilizarse las computadoras para ayudarle, de los beneficios de nuevas técnicas y de otros sistemas administrativos.

Desde luego, para la organización de mantenimiento serán indispensables más individuos con título académico. El mejorar la calidad del personal dirigente de mantenimiento constituye un esfuerzo a largo plazo, de aquí que sea esencial planear las cosas con minuciosidad y anticipación.

**Mejoramientos básicos:** Seguramente surgirán problemas debido a cambios en las necesidades de mejoramiento por la tendencia a adquirir maquinaria más complicada, o por manejo automático del material, controles electrónicos, velocidad y capacidad mayor del equipo. Los adelantos básicos del equipo se conseguirán planeando a largo plazo, ya que son imprescindibles inversiones considerables y, consecuentemente, estudios meticulosos. Estas adquisiciones de importancia también pueden necesitar amplios plazos de prevención teniendo en cuenta la eventualidad de nuevos diseños y perfeccionamientos. Muy a menudo, la dirección de mantenimiento no hace planes extensos y de pronto se cuenta ante la urgencia de busca o adiestrar expertos que se requieren inmediatamente para ponerlos al frente de un nuevo equipo que se va a instalar.

Al identificar las metas de mantenimiento con la planeación de largo alcance se abre la puerta a planteamientos de importancia que pueden contribuir a reducir el

costo de preservar el nuevo equipo mediante un mantenimiento adecuado. Esto puede hacerse estando en estrecho contacto con el fabricante del equipo, sobre todo cuando se trata de diseños recientes para los cuales es posible que se requieran otro tipo de atenciones, nuevos conocimientos y piezas de repuesto.

**Instalaciones existentes:** Otra clase de planeación a largo plazo es la que tiene que ver con una duración pronosticable de las instalaciones existentes, que son aquellas en que una porción del equipo, por ejemplo los resguardos o cubiertas, se consumen gradualmente por la labor de la producción. La planeación para reposición o reconstrucción se basa en el análisis de registros anteriores de deterioro y duración del equipo, así como de la proyección de necesidades de la producción. Si la historia es larga y consistente, la planeación tendrá que ser sensata.

Nuevas clases de equipo plantean problemas de tipo especial en los planes a largo plazo. El fabricante puede ser de gran ayuda al sugerir la extensión y regularidad del mantenimiento. También, cuidadosamente delineados, los programas de mantenimiento preventivo contribuirán a suministrar datos sobre los cuales efectuar la programación de las labores. Como quiera que sea, los planes siempre deberán estar sometidos a posibilidades de transformación.

Existen las organizaciones que no prevén situaciones de urgencia, lo que suele ser muy costoso. Inundaciones, incendios, destrucción de calderas, fallas en los compresores de aire y otros peligros que acechan a la productividad, los cuales podrían reducirse al mínimo si se elaboran planes atinados. Esta clase de previsión es tan válida como la de largo alcance, y quizá hasta más, aunque se desee no llegar a necesitar nunca su aplicación.

Hay ocasiones en que determinados factores de relaciones públicas imponen el tener que preparar planes generales a largo plazo que afectan a la ingeniería de fábrica y al mantenimiento. El departamento de mantenimiento debe tener en cuenta lo que se recomiende en dichos planes, así como los que traten de la eliminación eventual de la contaminación de ríos y atmósfera y atender a la adquisición del equipo y la elaboración de planes de operación que se conformen a lo planeado en forma general por la empresa.

Cuando se trate de prevenir la sustitución o reconstrucción de nueva maquinaria, será indispensable tomar medidas para evitar cualquier situación inesperada. Esto requerirá la formación de un inventario de materiales de reparación, así como la flexibilidad en el programa de elemento humano. La incertidumbre existente en la planeación de referencia exige una combinación de datos reales y buen juicio, además de un enfoque consistente y organizado.



### III.3.2. Planeación a corto plazo

La previsión a largo plazo de las necesidades y las tareas de mantenimiento tal como ha quedado expuesta, y la programación cotidiana y semanal constituyen funciones de especial relevancia. Pero también es preciso vincular esa clase de previsión con la de cada día. A esto se le llama planear a corto plazo, aunque el lapso real cubierto sea más o menos de un año.

Por lo general, la planeación a corto plazo se asocia íntimamente al presupuesto anual. Existen tres fases básicas en este tipo de planeación:

- Instalación de equipo nuevo.
- Trabajo de carácter cíclico.
- Labor de mantenimiento preventivo.

**Instalación de equipo nuevo:** cuando se tiene proyectada la instalación de unidades nuevas de maquinaria, corresponderá al equipo de mantenimiento colocarlas, ponerlas en condiciones de funcionamiento y preservarlas. En muchos casos, será necesario encarar problemas totalmente desconocidos en relación con la instalación y mantenimiento de equipo nuevo a fin de planear bien y con anticipación, se muestra en la figura 3.12 un cuestionario que ayudará a la selección, instalación y mantenimiento de unidades nuevas.

La instalación del equipo nuevo marchará con menos tropiezos cuando se cuente con planes elaborados con anticipación. Sin embargo, gran parte de esta planeación ocupará meses de trabajo.

**Trabajo cíclico:** Tal como pintura, composturas mayores en máquinas, calderas y equipo en general; detenciones periódicas para revisiones y reconstrucciones de altos hornos pueden programarse algunos meses antes o después, a efecto de reducir al mínimo la posibilidad de interferir otros programas, como instalaciones de equipo nuevo, reacondicionamientos y expansiones de los servicios. Estos proyectos pueden ser programados y sincronizados utilizando alguna tabla para numerar los principales trabajos que se harán durante el año. Esta planeación suministrará una base apropiada para incorporar el trabajo que se hará al finalizar una campaña o durante las vacaciones.

1. ¿Qué clase de grúas, elevadores y tractores habrá que disponer?
2. ¿Han sido bien estudiados los tipos de máquinas y se han calculado correctamente sus necesidades de instalación, servicios y ventilación?
3. ¿Los planes son compatibles con instalaciones, servicios o equipo existentes?
4. ¿Los plazos fijados permiten la instalación en tiempo ordinario o requieren tiempo extraordinario de trabajo?
5. ¿Disponen los distintos departamentos de la planta de una cantidad de personal suficiente?
6. ¿Las herramientas con que se cuenta son las suficientes para una instalación eficaz y económica?
7. ¿Se ha llevado a cabo un estudio cuidadoso para establecer si el empleo de personal en la fábrica daría como resultado una mejor instalación?
8. ¿Se necesitará personal adicional para efectuar el mantenimiento?
9. ¿Para el mantenimiento de las máquinas nuevas se requerirán conocimientos nuevos?
10. ¿El fabricante del equipo puede proporcionar un adiestramiento particular?
11. ¿Se podrá visitar algún lugar en el que ya se encuentre instalada y funcionando maquinaria igual antes de colocar la propia?
12. ¿Estará en condiciones de trabajar el personal más indicado con el representante del fabricante del equipo durante la instalación de este?
13. ¿Se cuentan con planos y herramientas especiales?
14. ¿Se han hecho planes con respecto a las piezas de repuesto?
15. ¿Se ha coordinado la fecha de instalación con la producción, a efecto de minimizar el tiempo de paro?
16. ¿Se tienen dispuestos los contratos necesarios para trabajos auxiliares que llevarán a cabo contratistas?

**Figura 3.12.** Cuestionario para la correcta selección, instalación y mantenimiento de equipo nuevo

Rara vez se traza un programa de trabajo al planear el mantenimiento, a pesar de la gran importancia que tiene para la eficiente realización de las obras. Sin embargo, para que satisfaga su finalidad, deberá incluir una especificación clara de las metas, y el estudio necesario para entender bien los problemas que se susciten, así como una consideración cuidadosa de los distintos cursos de acción para elegir el o los que más convengan. Ya que posteriormente se pondrán en obra.

Cada uno de los distintos niveles de la organización participan en el plan cíclico, así como en cualquier otro que se elabore. La verdad es que todo director debe de planear. El ingeniero de la fábrica, el supervisor, el superintendente, el sobrestante general y el de cuadrilla, todos planean. A medida que disminuye su grado de autoridad, va reduciéndose, la amplitud de los planes y el número de individuos incluidos en ello. El alcance de la planeación no debe sobrepasar los límites de autoridad que correspondan al director. Buen criterio, iniciativa y originalidad son virtudes que deben caracterizar al funcionario. Solo mediante una planeación efectiva del trabajo podrán tener lugar operaciones eficientes.

**Mantenimiento preventivo:** Gran parte del trabajo de mantenimiento preventivo, inclusive lubricación e inspecciones, se lleva a cabo mensual, trimestral, semestral o anualmente. Este importante aspecto se ajustará a los demás planes a corto plazo y habrá de coordinarse con otros proyectos, a fin de que se reduzca al mínimo la posibilidad de interferencias en la instalación de medios de producción nuevos.

Esta clase de planeación proporciona flexibilidad a proyectos programáticos, tales como los de instalación de equipo nuevo, trabajos de carácter cíclico y obras de mantenimiento preventivo, para hacerlos compatibles con las funciones cotidianas de mantenimiento que son precisos para conservar las máquinas e instalaciones en buen estado de servicio.

### III.3.3. Planeación del mantenimiento cotidiano

**En general.** La planeación del mantenimiento diario, aun cuando es eso, solamente una planeación, no se parece a la de largo plazo, que se lleva a cabo por ingeniería de fábrica. Tampoco es como la de presupuestos a largo plazo, instalaciones de equipo nuevo, redistribuciones y composturas mayores cíclicas. Pero sigue siendo, como quiera que sea, una planeación y debe hacerse con acierto por los técnicos y sobrestantes responsables. Es probable que una buena planeación del mantenimiento global mejore la eficiencia general de la organización casi en los mismos términos que una buena planeación a corto plazo.

Los estudios efectuados en departamentos de mantenimiento típicos denotan, a menudo, que menos del 25% de la jornada laboral se dedica a trabajo real, efectivo y que más de la mitad del tiempo se gasta entre viajes y otras actividades en lugar de una obra directa y productiva. Se han efectuado investigaciones para encontrar una solución para este problema básico de la utilización de la energía humana. En esta solución figuran numerosos factores e instrumentos

administrativos. Uno de esos instrumentos eficaces para la disminución de tal pérdida de tiempo y dinero es la planeación del trabajo de mantenimiento.

Dicho de otro modo, la forma de evitar viajes innecesarios al taller en busca de herramientas y materiales es elaborar, antes de iniciar el trabajo, una especificación detallada de lo que se necesita. Para decidir si una pieza se hace o se compra, si el trabajo se efectúa o no se efectúa, es necesario estudiar las cosas antes de dar principio a la obra. Esta es la función primordial de la planeación del mantenimiento.

***El responsable de la planeación.*** Si admitimos que la planeación debe hacerse antes de encomendar un trabajo al oficial o mecánico, necesitamos decidir quien tiene que realizarlo. La persona a quien lógicamente correspondería esta tarea es al sobrestante. Pero si 25% o más del tiempo de un oficial se emplea en planear y en actividades inherentes a ello, no podrá dedicarse al desempeño de sus funciones naturales. Por ejemplo, si diez hombres emplean dos horas al día en planear, el tiempo total requerido sería de veinte horas, aun cuando el sobrestante o supervisor pudiera efectuar en un solo día todo este trabajo, poco o nada sería el tiempo que le quedaría para llevar a cabo sus tareas de supervisión. Una mejor forma de organizar las cosas sería encargarse de la supervisión de diez o más hombres auxiliados por un planeador de trabajos que se encargara de la misma labor de cinco a veinte trabajadores, según el tipo de tareas.

El candidato ideal para hacer la planeación sería un oficial que tenga varios años de experiencia en el taller, con la educación, la juventud y la ambición necesarias para llegar a ser supervisor. Tendrá que ser un joven que este preparado para el puesto de sobrestante. Pero también cabe esperar que el director de mantenimiento descubra que el grupo de planeación es su mejor opción para sacar de ahí supervisores y sobrestantes.

***La actividad de planeación.*** Además de los planificadores escogidos entre el personal de oficiales, la actividad de esta tarea en fábricas grandes deberá contar con un supervisor. Cuando la fábrica no es grande, el ingeniero de fábrica o su auxiliar pueden desempeñar este puesto, pero es menester que se reconozca la importancia del mismo. El supervisor de planeación informará al jefe de mantenimiento, sea este el ingeniero de fábrica, el superintendente de mantenimiento o el vicepresidente.

La cantidad de trabajo de oficina que se tiene que hacer al proyectar variará, según la fábrica dependiendo del marco de organización, el grado de control necesario y la cantidad de trabajo de procesamiento. Un promedio general podría ser un empleado por cada diez planificadores. Un sensato informe administrativo

recomienda que estos no hagan el trabajo que pueda ser hecho por algún empleado de la oficina. Se espera que cada hora de planeación economice por lo menos tres horas de tiempo mecánico o un equivalente en materiales o en tiempo de paro de la producción.

Aun cuando una planeación a largo o corto plazo, y el trabajo, son parte de la tarea general del mantenimiento, se llevan a acabo en diferentes niveles de organización. Tienen en común el hecho de que todas son planeación y deben hacerse en forma eficiente para que pueda desenvolverse con acierto y facilidad la función de mantenimiento.

La proyección a largo plazo depende de un empleo adecuado de los procedimientos de la misma, además de una estructura orgánica que estimule el tomar en cuenta las necesidades de mantenimiento en todo programa de producción que se plantee.

Una planeación a corto plazo comprende toda reparación mayor, redistribuciones, instalación de equipo nuevo y ampliación de las instalaciones. La prevención de los trabajos aporta un servicio de asesoría que realiza alguna de las funciones indirectas de mantenimiento, a fin de que el sobrestante quede libre para supervisar con mayor eficacia y el oficial trabaje mejor. Un servicio así es indispensable también en las operaciones de producción.

Recopilar informes acerca del trabajo a desempeñar y un examen de los datos para establecer la necesidad del mismo, son requisitos para la elaboración de un plan acertado. La vigilancia o seguimiento posterior son aceptables para complementar el plan y mejorar la técnica de la planeación.

Por lo que podemos afirmar que la planeación de los trabajos de mantenimiento es uno de los procedimientos más valiosos de la dirección moderna de este departamento, en términos de ahorro potencial en relación con el costo.

# **CAPITULO IV**

**ADiestRAMIENTO PARA EL  
MANTENIMIENTO**

## IV.- ADIESTRAMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO

### IV.1. Adiestramiento y funciones del operario

Para realizar las actividades de mantenimiento descritas en los capítulos anteriores una compañía necesita personal con fuerte adiestramiento en temas relacionados con el equipo, y es necesario establecer una relación entre los operarios y el personal de mantenimiento, para tratar de desechar la idea de “Yo opero – Tú arreglas”, que tantas pérdidas provoca.

Los operarios deben comprender ampliamente la estructura y funciones de su equipo para poder operarlo apropiadamente. Su responsabilidad primaria es mantener las condiciones básicas del equipo a través de la inspección de rutina y las operaciones diarias de limpieza, lubricación y apretado de pernos. Deben también ser capaces de efectuar reparaciones simples y reemplazos de piezas. A la inversa, para asegurar unas actividades de mantenimiento efectivas del operario, el personal de mantenimiento debe poseer capacidades y conocimientos extensos en los que pueda confiar el operario.

La relación que existe entre el grupo de operarios y el personal de mantenimiento puede entenderse simplemente comparando a los operarios del equipo con conductores de automóviles y a los trabajadores de mantenimiento con mecánicos de reparaciones.

El operario de un equipo realiza cuatro tipos de trabajo simple de mantenimiento para mantener al equipo funcionando regularmente. El operario:

- a) Realiza una revisión puntual del equipo antes de arrancarlo, verifica el nivel de aceite en los sistemas hidráulicos y el valor de la corriente eléctrica y observa las vibraciones inusuales u otras anomalías.
- b) Periódicamente verifica la temperatura y velocidad, y otros elementos durante la operación y continua alerta ante ruidos o vibraciones inusuales.
- c) Observa el panel de instrumentación regularmente para verificar el nivel de energía actual y otros indicadores.
- d) Se asegura que el equipo este bien lubricado reponiendo lubricante cuando se precise.

El operario que observa un cambio en la condición del equipo que plantea un problema mecánico o de seguridad, informa al departamento de mantenimiento, que la máquina está operando anormalmente y necesita un examen profundo.

El personal de mantenimiento siempre es responsable de asegurar la operación fiable de las máquinas y otros equipos usados por el departamento de producción, sus deberes incluyen:

- 1) Mantenimiento planificado periódico (revisión general).
- 2) Medidas periódicas de temperatura y vibraciones.
- 3) Estimar los intervalos óptimos para revisión y reemplazo de piezas.
- 4) Planificar y seleccionar los lubricantes, materiales y repuestos óptimos.
- 5) Corregir debilidades de diseño del equipo.
- 6) Restaurar rápidamente las averías del equipo.
- 7) Proveer educación y adiestramiento de mantenimiento a los operarios del equipo.
- 8) Mejorar sus propias capacidades de mantenimiento y aprender nuevas tecnologías.

Día tras día, los operarios deben mantener al equipo funcionando normalmente, pero rara vez entienden el equipo que usan. La productividad no mejora nunca en esta situación no importa la frecuencia con la que el equipo de mantenimiento repare las averías.

Las funciones de mantenimiento que recaen sobre los operarios del equipo incluyen la limpieza regular, la lubricación y el apretado de pernos necesario para mantener el equipo funcionando regularmente, se espera también que los operarios aprendan a emplear sus sentidos en la inspección diaria del equipo, cuando los operarios asumen responsabilidades sobre estas simples funciones de mantenimiento, el personal de este departamento queda libre para dedicar más tiempo al diagnóstico de la máquina.

Aunque los problemas mecánicos son la clase más obvia de fallos de los equipos, ocurren también averías en el cableado eléctrico u otros componentes, las causas de estas son mucho más difíciles de puntualizar y generalmente requieren más tiempo de reparación. El personal de mantenimiento debe aprender lo básico de circuitos de control empleando programas de simulación de forma que puedan identificar las averías simples, tales como las conexiones flojas o sueltas.

En esta era de intensa competencia internacional la supervivencia de cada compañía depende en gran parte del conocimiento y capacidad de su equipo de mantenimiento. Este personal necesita hacer pleno uso de las últimas herramientas de diagnóstico de equipos mientras contemplan la meta de cero averías. La meta de educación en mantenimiento debe ser el desarrollo de profesionales en mantenimiento versátiles igualmente capacitados para manejar tecnologías mecánicas, eléctricas y de instrumentación.



## IV.2. Principales temas de adiestramiento

El adiestramiento en mantenimiento resumido a continuación se organiza alrededor de estos temas en común y enfatiza la experiencia directa, lo que se pretende al realizar esta tabla (4.1), no es el hecho de que todos los empleados conozcan a fondo cada uno de los temas, sino el conocer el principio y el funcionamiento de los equipos que existen en una planta.

Tema unitario	Descripción
1.- Sistema mecánico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Uniones atornilladas y pernos.</li> <li>2) Cojinetes de contacto rodante.</li> <li>3) Cadenas de transmisión.</li> <li>4) Acoplamientos flexibles para transmisiones de fuerza.</li> <li>5) Transmisión por bandas.</li> <li>6) Riesgos mecánicos y protección a los operarios.</li> </ol>
2.- Sistema eléctrico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Motores eléctricos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores de inducción o corriente alterna.</li> <li>• Motores de corriente directa.</li> </ul> </li> <li>2) Aislamientos</li> <li>3) Dispositivos de control <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controladores</li> <li>• Funciones de control</li> <li>• Funciones de protección</li> <li>• Tipos de controladores</li> <li>• Tipos de elementos</li> </ul> </li> <li>4) Dispositivos de control <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interruptores, desconectores y conmutadores</li> <li>• Pulsadores y selectores</li> <li>• Combinadores</li> <li>• Interruptores de pedal</li> <li>• Interruptores de límite</li> <li>• Interruptores de flotador</li> <li>• Interruptores de presión</li> <li>• Interruptores de flujo</li> <li>• Interruptores térmicos</li> <li>• Interruptores de velocidad cero</li> <li>• Contactores</li> <li>• Contactos</li> </ul> </li> </ol>

**Tabla 4.1.** Adiestramiento en mantenimiento

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara de arco</li> <li>• Contactores manuales</li> <li>• Contactores magnéticos</li> <li>• Relevadores</li> <li>• Relevadores de control</li> <li>• Relevadores de control de tiempo</li> <li>• Relevadores de sobrecarga</li> <li>• Fusibles</li> <li>• Centro de control de motores</li> </ul> <p>5) Riesgos eléctricos y protección a los operadores</p>
3.- Sistema Neumático	<p>1) Introducción al sistema neumático</p> <p>2) Características</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos</li> <li>• Presión del sistema</li> <li>• Circuitos simples</li> <li>• Disponibilidad</li> <li>• Limpieza</li> <li>• Comodidad</li> <li>• Influencia del ambiente</li> <li>• Peso favorable</li> <li>• Fiabilidad lubricación y corrosión</li> </ul> <p>3) Elementos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula manual</li> <li>• Filtro manoreductor</li> <li>• Engrasador</li> <li>• Distribuidor</li> <li>• Electroválvula</li> <li>• Silenciador</li> <li>• Antiretorno</li> <li>• Regulador de caudal</li> <li>• Selector de caudal</li> <li>• Regulador de caudal en una dirección</li> <li>• Temporizador</li> <li>• Preóstatos</li> <li>• Cilindro</li> <li>• Válvula directa</li> <li>• Válvula inversa</li> <li>• Pulsadores eléctricos</li> <li>• Fines de cursos eléctricos</li> <li>• Electroimanes (bobinas)</li> </ul> <p>4) Riesgos neumáticos y protección a los operadores</p>

**Tabla 4.1.** Adiestramiento en mantenimiento

4.- Sistema hidráulico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Introducción</li> <li>2) Líquidos hidráulicos</li> <li>3) Aditivos</li> <li>4) Tipos de bombas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paletas</li> <li>• Pistones</li> <li>• Rotativas</li> <li>• Centrífuga</li> </ul> </li> <li>5) Riesgos hidráulicos y protección a los operarios</li> <li>6) Mecanismos de distribución</li> </ol>
5.- Lubricantes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Tipos de lubricantes</li> <li>2) Mantenimiento y lubricación</li> <li>3) Protección de los lubricantes</li> <li>4) Local y personal</li> <li>5) Dispositivos para el manejo de recipientes</li> </ol>
6.- Corrosión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Tipos de corrosión</li> </ol>

**Tabla 4.1.-** Adiestramiento en mantenimiento

## IV.2.1. Sistema Mecánico

### Uniones atornilladas y pernos

Cuando se desea que una unión o junta pueda ser desensamblada sin aplicar métodos destructivos y que sea lo suficientemente fuerte para resistir cargas externas de tensión, de flexión o de cortante, o una combinación de éstas, entonces la junta atornillada simple con rondanas o arandelas templadas en el perno es una buena solución. Tales medios de conexión pueden resultar también peligrosos a menos que se diseñen apropiadamente y sean hechos por un operario diestro.

El objetivo del perno es aplicar y mantener la presión entre las dos o más piezas unidas. Al apretar la tuerca se presiona el perno y ejerce así la fuerza de sujeción. Tal efecto se llama pretensado o precarga del perno. Aparece en la conexión después de que la tuerca ha sido apretada adecuadamente, sin importar que se ejerza o no la carga externa de la tensión. Desde luego, puesto que los elementos se sujetan a presión, la fuerza sujetadora que produce la tensión en el perno ocasiona también compresión en la placa.

**Perno prisionero (espárrago o birlo):** Es una espiga con rosca en ambos extremos. El perno se atornilla en un agujero roscado en el elemento inferior, y luego el elemento superior se ensarta en el perno y se asegura con arandela y tuerca de metal templado. Los pernos prisioneros se consideran como sujetadores permanentes, y la junta puede ser desarmada simplemente quitando la tuerca y la arandela. Por lo tanto, la parte roscada de la placa inferior no se daña al poner y quitar el perno.

**Las cuñas y los pasadores:** Son elementos que se usan por lo general para fijar sobre su eje piezas como engranes, poleas o ruedas. Las cuñas (o chavetas) se usan para poder transmitir momento de rotación desde un eje hasta el elemento que soporta dicho árbol. Los pasadores se emplean para fijar la posición axial y para transferir momento de rotación y empuje, o bien para ambas cosas.

**Tuercas:** Para unir piezas roscadas se utilizan diferentes métodos. Uno consiste en taladrar y machuelear (formar rosca interna) en el agujero donde se colocará el tornillo. Otro método consiste en sujetar dos o más piezas con un tornillo pasado a fondo y aplicar la fuerza con una tuerca. El tercer método es usar tuercas especiales hechas de lámina troquelada. Los bordes del agujero de las tuercas de lámina troquelada están un poco descentrados para ajustar la hélice de la rosca

del tornillo y se clasifican como sujetadores de una rosca. Hay muchos tipos utilizados en operaciones de manufactura.

También existe una gran variedad de tuercas. Las más comunes son las tuercas cuadradas y hexagonales para tornillos de máquina, una tuerca más delgada conocida como contratuerca, una tuerca de mariposa que puede apretarse con los dedos y una tuerca especial llamada tuerca de entallas o castillo que tiene ranuras para colocar una chaveta (pasador hendido) en ellas.

**Arandelas:** Cuando las tuercas y tornillos están sometidos a vibraciones que podrían aflojarlos, se utiliza una arandela para mantener la tuerca en su lugar. Además de reducir el aflojamiento de un tornillo sujetador por la vibración, las arandelas ayudan a una distribución uniforme de las presiones y proveen una mejor superficie de empuje.

Las arandelas planas pasan con gran facilidad sobre las tuercas. Están disponibles en una gran variedad de tamaños, espesores y anchuras para toda clase de aplicaciones.

Las arandelas de presión o de seguridad se utilizan para reducir todavía más las posibilidades de aflojamiento por choques, vibración o movimientos por cambios de temperatura. Las arandelas de presión pueden ser del tipo de muelle helicoidal o dentadas. En ambos tipos, los bordes agudos muerden la superficie para que no resbalen y también sirven como muelles para mantener la presión ente el tornillo sujetador y la pieza.

## Cojinetes de contacto rodante

Partiendo de la forma de trabajar definamos un cojinete antifricción. Se trata simplemente del nombre colectivo dado a los rodamientos de bola y rodillos. La idea fundamental detrás de ellos es el cambio de fricción de deslizamiento a la fricción de rodamiento. Esto se hace simplemente poniendo bolas o rodillos entre las partes en movimiento y estacionarias del cojinete.

En un cojinete de rodadura la fricción inicial es aproximadamente igual a dos veces la fricción en marchas y resulta despreciable en comparación con el rozamiento inicial en un cojinete de casquillo o chumacera. La carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan las características friccionales

de un cojinete de rodamiento. Aunque no es muy correcto el nombre de "cojinete antifricción", se usa comúnmente en la industria.

**Ventajas:** La baja fricción, la confiabilidad elevada, el poco mantenimiento y las holguras reducidas que se mantienen a lo largo de la vida del rodamiento son las principales ventajas de este tipo de cojinetes. Debe recordarse que sólo existe una pequeña diferencia entre la fricción de trabajo de los cojinetes antifricción y los cojinetes planos, cuando se les da mantenimiento apropiado. Es importante mencionar que la fricción de arranque de los cojinetes antifricción es mucho menor que la de los planos, para entender el porque de este acontecimiento, imaginaremos la flecha de un cojinete plano cuando está en reposo. El lubricante es secado por aplastamiento en el punto de contacto de la zona de carga. Ahora bien, cuando la flecha arranca y comienza a girar, se tiene contacto de metal con metal entre la flecha y el cojinete. Es en estas ocasiones cuando ocurre el principal desgaste.

En forma semejante un cojinete de bolas o rodillos, mostrará sólo un poco de desgaste durante muchos años de servicio si se selecciona en forma conveniente y se instala y se le da el mantenimiento adecuado. Recuerde que los alojamientos de los rodamientos deben estar bien sellados para retener el aceite o la grasa. Esto explica por qué los cojinetes antifricción no necesitan lubricarse con mucha frecuencia.

**Partes del cojinete:** La mayor parte de los cojinetes antifricción tienen cuatro partes principales: un anillo exterior, un anillo interior, bolas o rodillos y la caja o retén.

La caja o retén tiene el trabajo simple de espaciar los elementos rodantes. Si no se usara un retén, las bolas o los rodillos no permanecerían espaciados uniformemente al entrar y al abandonar el punto de máxima carga en el cojinete. Además, el retén reduce cualquier fricción que pudiera presentarse si se dejara que las bolas y los rodillos se tocaran libremente entre sí. Sin embargo, algunos tipos, sobre todo los cojinetes de agujas, se diseñan para usarse sin retén en ciertas aplicaciones.

**Tipos de cojinetes:** Aunque hay muchos tipos de cojinetes en el mercado, sólo mencionaremos los que se encuentran con más frecuencia en plantas pequeñas. El cojinete más popular es el de una sola pista, a veces se llama cojinete de ranura profunda, de ranura sin llenar, sin muescas o de pista continua. Este cojinete es capaz de soportar cargas de empuje elevadas en ambas direcciones puesto que las ranuras son profundas.

Las cuatro clasificaciones generales de los cojinetes de rodillos son: cónicos, cuadrados, de muñón y agujas. Cada uno se puede obtener en diseños adecuados para aplicaciones específicas. Probablemente el diseño más común de rodillos cónicos es el cojinete de una pista o hilera. Este diseño en especial es adecuado para cargas radiales, cargas de empuje fuerte en una dirección y para usarse en velocidad moderada. Cuando se tienen cargas de empuje pesadas en ambas direcciones, es necesario usar el cojinete de rodillos cónicos de taza doble.

Un punto importante que se debe recordar con relación a los cojinetes de rodillos rectos, es la cuidadosa solicitud de repuestos. Para asegurar que la identificación es correcta se debe obtener la siguiente información:

1. El nombre del fabricante.
2. El número del cojinete.
3. El hueco de la flecha.
4. El diámetro exterior, el ancho, el número y el diámetro de los rodillos.

**Mantenimiento:** El trabajo de un operador es conservar los cojinetes en forma adecuada. En resumen, esto significa que hay que mantenerlos limpios y bien lubricados. Se debe seguir el consejo del fabricante respecto a la lubricación. Este especificará la clase de grasa o aceite que hay que usar, que tan a menudo hay que renovarla y qué cantidad se debe usar.

Hablando de lubricación, se debe recordar que más de un operador de maquinaria ha causado más daño que beneficio debido a la lubricación excesiva. Esto puede ocurrir con facilidad cuando se le aplica grasa con una pistola de mano. Este problema se elimina abriendo el tapón que se localiza en el fondo de las cajas de los cojinetes en su mayoría. Hay que mantenerlo abierto durante un periodo corto después de arrancar la máquina; esto da oportunidad a que el exceso de grasa sea drenado. Cuando esté seguro de que se ha removido todo este, vuelva a colocar el tapón.

Por último, se debe recordar que la suciedad es el peor enemigo de los cojinetes. Así que hay que trabajar con herramientas limpias en lugares limpios.

Cuando se limpien los cojinetes, hay que usar solamente trapos sin pelusa. Luego, antes de poner los cojinetes en su lugar, hay que limpiar el alojamiento o caja del mismo de cualquier suciedad que exista para evitar que se meta en el cojinete limpio.

## Transmisiones por engranajes

Los engranes se encuentran entre los más viejos dispositivos empleados por el hombre para la transmisión de potencia; su uso data de hace millones de años. Los primitivos diseños fueron hechos de madera y materiales toscos comparados con los modernos engranes que se construyen con precisión de hasta diezmilésimas de pulgada. Los engranes modernos se construyen en muchas formas y materiales que varían desde la seda hasta aleaciones de acero obtenidos mediante tratamiento térmico

Las transmisiones por engranaje y reductores de velocidad se usan ampliamente donde se requieren cambios de velocidad, par, dirección de eje, o dirección de rotación entre elemento motriz principal y la maquinaria impulsada.

Esencialmente, las transmisiones por engranaje incorporan uno o más juegos de engranajes montados en ejes y cojinetes, incluyendo un medio positivo de lubricación, y encerrados en una caja de engranajes con juntas o empaquetaduras, sellos de aceite y respiraderos para aire apropiados. Además, las transmisiones por engranaje pueden ser equipadas también con alguna combinación de motor eléctrico y accesorios, placas de base u otro equipo para montar la unidad, cojinetes exteriores, un dispositivo para proporcionar protección contra sobrecarga, un medio de prevenir la rotación inversa, y cualquier otro equipo especial que se requiera.

Las transmisiones por engranajes pueden tener muchas ventajas cuando se usan para la transmisión de fuerza industrial, incluyendo:

- 1) Economía de funcionamiento.
- 2) Adaptabilidad.
- 3) Probabilidad de una larga duración.
- 4) Conservación de la potencia y espacio de montaje requerido.
- 5) Mantenimiento mínimo requerido.
- 6) Funcionamiento seguro.
- 7) Habilidad para funcionar bajo condiciones adversas.

Los reductores de velocidad han sido usados durante muchos años para reducir la velocidad de rotación del eje entre un motor primario y una máquina impulsada. Este cambio de velocidad produce un correspondiente aumento en el par sobre el eje de salida del reductor, permitiendo motores de alta velocidad relativamente



pequeños y de bajo costo para mover máquinas que requieren potencias sustancialmente más alta y velocidades más bajas.

Con el advenimiento de la maquinaria de alta velocidad, tal como los compresores rotatorios, ha estado creciendo el volumen y la importancia de los aumentadores de velocidad por engranajes. En la mayor parte de los casos, los aumentadores no son simplemente reductores invertidos, sino que simplifican consideraciones de diseño diferentes a las encontradas en los mecanismos reductores.

**Dimensiones de los engranes:** Las dimensiones de los engranes se expresan en ciertos términos. Primero el diámetro exterior es el diámetro total medio hasta los extremos de los dientes. El diámetro de paso del círculo de paso es el que se usa para hacer los cálculos de los dientes.

El paso circular de un engrane es la distancia desde el centro de un diente al centro del diente adyacente, medido a lo largo del círculo de paso. El paso diametral es el número de dientes por pulgada del diámetro del círculo de paso, usualmente un número entero.

**Engranes rectos:** También conocidos como cilíndricos son el tipo más sencillo, y tienen dientes rectos cortados paralelos a su flecha. En este tipo, no más de dos dientes entran en contacto entre sí al mismo tiempo y la carga es transferida de un diente a otro de manera muy rápida. Debido a esta acción, los engranes rectos están limitados a velocidades comparativamente bajas y tienden a ser ruidosos en su operación. Se usan sin embargo, de manera muy extensa en muchas aplicaciones en las que se necesita una transmisión confiable de baja velocidad.

**Engranes helicoidales:** Tienen dientes que forman parte de una hélice. En este tipo de engranes varios dientes se entrelazan al mismo tiempo y ruedan gradualmente juntos hasta romper el contacto en el otro extremo. Debido a esta acción los engranes helicoidales son generalmente más silenciosos que los engranes rectos. Por otro lado, se produce un empuje por el extremo ya que un engrane tiende a empujar al otro axialmente.

**Engranes con dientes angulares:** El empuje en el extremo de los engranes helicoidales puede ser eliminado combinando dos engranes, uno con los dientes hacia la derecha y otro con los dientes hacia la izquierda. A este tipo se le conoce como engrane de dientes en ángulo. Cuando se diseña y se corta adecuadamente es excelente, pero debe mantenerse en perfecta alineación.

Cualquier ligero desplazamiento axial de uno de los engranes por el otro, hace que ya no engranen bien y se descargan de un lado para sobrecargarse del otro.

Esta dificultad puede superarse montando los engranes en cojinetes que los mantengan en alineación rígida y conectándolos a la fuente de potencia y a la carga mediante acoplamientos flexibles para evitar que los esfuerzos se transmitan a los engranes. Otro método de mantener a los engranes debidamente entrelazados es permitir que el piñón o el engrane "floten" de manera que uno pueda seguir al otro. Los dientes en forma de V se acoplan entonces correctamente y se equilibra la carga. Estos engranes no deben trabajar en posición vertical porque cualquier desgaste en los cojinetes tiende a desplazar el adecuado engranamiento de los dientes.

**Engranes cónicos:** También conocidos como de inglete, este tipo de engranes permiten hacer la transmisión entre dos flechas en ángulo recto. En esta transmisión los ejes de las dos flechas deben estar en el mismo plano. Los dientes de los engranes son rectos y están colocados de manera que sus ejes formen un cono con su cúspide en la prolongación del eje de la flecha.

Debido a la diferencia entre la periferia interior y exterior de los engranes, los dientes son más gruesos en su extremo exterior que en su extremo interior. Al trabajar el engrane opera como los engranes rectos en los que nunca hay más de dos dientes en contacto en cualquier momento.

Para hacer que un engrane cónico se aproxime al rendimiento de un engrane helicoidal, se desarrolló el engrane cónico en espiral, en el cual los dientes son curvos y no apuntan hacia el centro de la flecha. Los engranes cónicos tienen dientes que son secciones de cono.

Los engranes cónicos oblicuos tienen dientes rectos, pero oblicuos más o menos en el mismo ángulo que el diseño cónico espiral. El engrane hipoide es una forma de diseño cónico que tiene el eje del piñón por abajo o por arriba del eje del engranaje.

**Engranaje de tornillo sinfín:** Cuando se requieren reducciones de gran velocidad en un solo paso, o una transmisión en ángulo recto, se usa con frecuencia los engranajes de tornillo sinfín. El tornillo sinfín siempre conecta con la fuente de potencia, y la flecha del engrane de rueda con la carga. Con una sola cuerda en el tornillo, la rueda dentada avanza un diente por cada revolución del tornillo.

Un tornillo de una sola cuerda en combinación con un engranaje de cincuenta dientes da una reducción de 50:1. Un tornillo sinfín y un engrane dan inherentemente una reducción de alta velocidad.

Para obtener una reducción menos marcada de velocidad. Se utilizan tornillos sinfín de cuerda múltiple. Si continuamos el proceso de aumentar el número de cuerdas en el tornillo hasta que sea igual al número de dientes en el engrane, obtendremos lo que se conoce como engrane espiral, que se usa también en transmisión en ángulo recto.

**Engranajes internos:** Este tipo de engranes se han utilizado extensamente. En este diseño, el engrane principal tiene los dientes cortados por la parte interna de la rueda en lugar de la parte externa. Estos engranes tienen la ventaja de ser más compactos, trabajar más suavemente y sus dientes son más robustos en comparación con los engranes externos rectos. Ambos engranes trabajan en la misma dirección, en tanto que los engranes externos trabajan en dirección opuesta.

**Engranajes en disposición planetaria:** Se pueden ensamblar engranes rectos o helicoidales en una disposición planetaria. El centro del engrane solar va unido a la flecha del motor y es movido por este. Soportados por cojinetes en una caja que conecta a la flecha de salida, las tres ruedas planetarias engranan dentro del anillo dentado (engrane anular) fijo.

Si el engrane solar gira en dirección de las manecillas del reloj. El planetario gira en sentido contrario, y alrededor del engrane anular en sentido de las manecillas del reloj. Esto es, tanto la flecha de entrada como de salida giran en el mismo sentido. Otra característica de este tipo de unidades de engrane es que las flechas de entrada y salida tienen sus ejes en la misma línea recta.

## Cadenas de transmisión

Este tipo de elementos mecánicos se aplican prácticamente a todas las clases de trabajos de potencia. Su gran resistencia permite transmitir potencias grandes con secciones transversales chicas y pueden trabajar a temperaturas que destruirían fácilmente las bandas o las cuerdas. Este tipo de transmisión puede desarrollarse en muchas formas, la más común es la que implica el diseño de los rodillos de acero terminado.

**Cadena de rodillos:** Tal transmisión de cadena es una construcción simple, que consiste en dos o más ruedas dentadas o piñones montadas en flechas paralelas y conectadas por una cadena sinfín. A la distancia entre los centros de dos eslabones adyacentes se le denomina paso de la cadena. El diámetro de un círculo trazado a través de los centros de los eslabones cuando están metidos en la rueda dentada es el diámetro de paso del piñón.

La cadena de rodillos de acero en ruedas dentadas con dientes de acero es un tipo altamente desarrollado que puede trabajar a altas velocidades y puede construirse para transmitir grandes potencias. Consiste en eslabones de rodillos conectados por eslabones laterales y chavetas o pasadores. Un rodillo o eslabón interior es un juego de dos rodillos y dos bujes, cuyos extremos se presionan en los agujeros de los eslabones de los dos lados. Un eslabón exterior tiene dos chavetas cuyos extremos se ajustan en forma apretada.

**Número de hilos o carriles:** Las cadenas de rodillos se construyen en diseños de un carril simple o varios carriles. El diseño de carriles múltiples permite usar una cadena de paso más corto sin sacrificar la capacidad para transmitir gran potencia. El paso más corto permite más dientes para un diámetro dado del piñón, además de que, en comparación con una transmisión más ligera proporciona una transmisión más suave y silenciosa. Las cadenas de carriles múltiples pueden trabajar tan aprisa como una de carril simple de igual paso. En teoría, la potencia que puede ser transmitida por una cadena de carriles múltiples es igual a la capacidad de un solo carril multiplicada por el número de carriles. En la realidad esta cifra es inferior en un 10%.

El cuidado extremo que se tiene en la fabricación de algunas cadenas de rodillos las hace apropiadas para velocidades de hasta 4000 pies por minuto. Pero a no ser que la cadena esté bien colocada y lubricada no se deben exceder los 1400 pies por minuto.

Para aprovechar al máximo las modernas cadenas de rodillos, se hacen correr sobre ruedas que tengan dientes maquinados con precisión, la forma de las cuales ha sido aprobada por la American Gear Manufactures Asociation, y otras organizaciones. Esta forma está hecha de arcos de círculo diseñados con el propósito de permitir el aumento en el paso debido al desgaste natural. Eso proporciona la eficiencia máxima durante la vida de la rueda dentada.

## Acoplamientos flexibles para transmisiones de fuerza

El propósito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par torsional requerido desde el eje impulsor al impulsado y, al mismo tiempo, compensar el desalineamiento angular o paralelo o una combinación de ambos. Hay numerosas funciones complementarias, tales como proporcionar desplazamiento axial y restringir el desplazamiento axial.

Normalmente la relación de valor de un acoplamiento flexible al valor del equipo conectado es aproximadamente de 1 a 100, aunque existen casos individuales en donde la relación puede ser tan baja como de 1 a 1000. Con frecuencia, en vista de lo anterior, puede darse poca atención a la selección, especificación, adquisición, instalación y mantenimiento de esta parte. No es raro hallar aplicaciones en donde no se repara en gastos para obtener el mejor elemento transmisor de movimiento que se pueda comprar. De manera parecida, el equipo impulsado puede costar mucho dinero. Con todo, el acoplamiento de conexión se compra sobre la información más insuficiente (de ordinario, solamente la potencia, velocidad y tamaño del eje), y se obtiene el acoplamiento de precio más bajo aun cuando no sea compatible con el trabajo.

**Tipos de acoplamiento:** Básicamente, todos los acoplamientos flexibles se dividen en dos categorías:

1. Aquellos que proporcionan flexibilidad por medio de elementos que se deslizan.
2. Aquellos que proporcionan flexibilidad por medio de elementos que flexionan un material tal como acero o hule (goma).

Los acoplamientos han sido divididos en estas categorías a causa de que su método básico de compensar desalineamientos es una clave en cuanto a la cantidad y tipo del mantenimiento requerido

**Descripción de tipos:** Acoplamiento tipo de engranaje que depende únicamente de superficies deslizantes para ajustar las condiciones de desalineamiento. El par torsional se transmite del cubo impulsor al cubo impulsado por medio de dientes de engrane que engranan las ranuras en el manguito de brida. Los dientes en los cubos están ligeramente curvados usualmente para prevenir el acuñamiento cuando se desalinea el acoplamiento.

Para evitar el desgaste es importante que se llene el depósito de aire con el lubricante recomendado por el fabricante. Vale la pena observar que el tipo de lubricante puede variar dependiendo de las condiciones de funcionamiento; por ejemplo, puede recomendarse una clase de lubricante para condiciones de alta temperatura y otra para aplicaciones frías. Algunas instalaciones en el exterior pueden requerir cambio de lubricante en primavera y en otoño. Se requiere un lavado y rellenado de rutina. El tiempo entre cambios depende del tipo de servicio, pero cada seis meses es un buen promedio.

Un acoplamiento de tipo de engranaje que resulte gastado no es reparable. El tiempo de parada para el equipo durante la sustitución puede ser considerable. El motor o turbina debe ser movido de su cimentación una distancia suficiente para desmontar los cubos. Se debe contar con un nuevo acoplamiento, tornearlo, hacer el chavetero y montarlo. Después de esto se debe volver a colocar el motor y alinearlos. Para evitar estas costosas reparaciones conviene que el personal de mantenimiento haga todo lo posible para reducir el desgaste en el acoplamiento. Es importante que:

1. El lubricante debe ser limpio y adecuado siempre.
2. Se debe mantener el alineamiento dentro de tolerancias sumamente estrechas pero razonables.

Existen varios tipos de acoplamientos, entre los cuales podemos mencionar:

- Acoplamiento Oldham
- Acoplamiento resorte de serpentín plano
- Acoplamiento Thomas, o de anillo de disco flexible
- Acoplamiento de galleta de hule

**Causas generales de fallas en los acoplamientos:** En general, las fallas en los acoplamientos se dividen en dos categorías:

1. Fallas debidas a defectos internos, tales como un maquinado inapropiado o de mala calidad. Los problemas más comunes tiene que ver con la concentricidad, escuadria de las partes coincidentes y tolerancias sobre los diversos diámetros usados como pilotos o registradores. Los materiales defectuosos han contribuido a muchas fallas prematuras de los acoplamientos. Otra causa de fallas debido a defectos internos es el diseño. La lubricación apropiada en el punto exacto en donde se requiere es un gran problema y se admite que es difícil conducir el lubricante al área de extrema presión en las caras deslizantes

en contacto del acoplamiento. Esto es particularmente cierto en donde la carga transmitida es suave y uniforme. Bajo tales condiciones la presión a través de las superficies deslizantes nunca cesa. Si esta presión es suficiente, la película de lubricante es expulsada por ella, quedando las superficies sin el beneficio de la lubricación. Un acoplamiento de este tipo, aunque este muy desalineado, no tiene suficiente movimiento deslizante para restablecer la película del lubricante. Al contrario de la creencia popular, la acción centrífuga no fuerza al lubricante entre las caras en contacto. Para cualquier propósito práctico la presión se cancela debido a que trabaja con y contra las fuerzas causadas por el par

2. Fallas debidas a condiciones externas más allá de la capacidad del acoplamiento. Las más comunes son:
  - a) Selección inapropiada del acoplamiento.
  - b) Desalineamiento excesivo.

## **Transmisión por Bandas**

Los elementos de máquina de estructura flexible como bandas, cables o cadenas se utilizan en sistemas de transporte y en la transmisión de potencia mecánica a distancias relativamente grandes. Con frecuencia estos elementos se utilizan para sustituir engranes, ejes, coples y otros dispositivos mecánicos de transmisión relativamente rígidos. En muchos casos su aplicación simplifica el diseño de un mecanismo o una máquina y reduce notablemente el costo.

Además, puesto que estos elementos suelen ser elásticos y de gran longitud, desempeñan un papel importante en la absorción de las cargas de choque y en el amortiguamiento y separación de los efectos de las vibraciones. Esta es una importante ventaja en lo que concierne a la duración de una máquina.

Los elementos sumamente flexibles no tienen duración finita. Cuando se utilizan, es importante establecer un programa de inspecciones para prevenir el desgaste, el envejecimiento y la pérdida de elasticidad. Los elementos deben reemplazarse a la primera señal de deterioro

Los cuatro tipos principales de bandas de transmisión son: plana, redonda, trapecial o en V y reguladora. Las poleas abombadas se usan con bandas planas, y las ranuradas (que se denominan también roldanas o garruchas) se emplean

con elementos de sección redonda o trapezoidal (en V). Las bandas sincronizadoras o las cadenas requieren poleas dentadas o ruedas catarinas, respectivamente. En todos los casos los ejes de las poleas deben estar separados una cierta distancia mínima, la que depende del tipo y tamaño de la banda, a fin de tener un buen funcionamiento. Otras características de las bandas son:

- Pueden utilizarse para grandes distancias entre centros.
- Excepto para las bandas de sincronización, existe un cierto deslizamiento y cedencia o estirado permanente, y por lo tanto no es constante la relación entre las velocidades angulares de los dos ejes, ni exactamente igual a la relación entre diámetros de las poleas.
- En algunos casos, una polea guía o tensora, puede utilizarse para evitar ajustes en la distancia entre centros, que generalmente son necesarios para compensar el desgaste o en la instalación de las bandas.

Las bandas planas se fabrican de uretano y también de tela impregnada de caucho (o hule) reforzada con alambres de acero o cuerdas de nilón (nylon) para resistir la carga de tensión. Una o ambas superficies pueden tener un revestimiento superficial con material de fricción. Las bandas planas son silenciosas, eficientes a altas velocidades y pueden transmitir grandes potencias sobre grandes distancias entre centros. Generalmente las bandas planas se compran en rollo y se cortan a la medida y se unen en los extremos utilizando sujetadores especiales proporcionados por el fabricante. Dos o más bandas planas en movimiento lado a lado, en vez de una sola banda ancha, se emplean con frecuencia para formar un sistema transportador.

Una transmisión de banda plana tiene una eficiencia aproximada del 98%, que es casi igual a la de una transmisión de engranes. Por otra parte, la eficiencia de las transmisiones de bandas en V varían desde cerca de 70 hasta un 96%. Las transmisiones de banda plana producen muy poco ruido y absorben mayor vibración torsional del sistema, que una transmisión de engranes o de bandas en V.

Una banda en V (o de sección trapezoidal) está hecha de tela y refuerzo de cordón, generalmente de algodón, rayón o nilón, y se impregna de caucho (o hule). En contraste con las bandas planas, las bandas en V o trapezoidales se usan poleas ranuradas de sección similar y en distancias entre centros más cortas. Las bandas en V son ligeramente menos eficientes que las planas, pero varias pueden montarse paralelas en poleas ranuradas especiales; por tanto, constituyen así una transmisión múltiple. Las bandas en V se fabrican sólo en ciertas longitudes y no tienen juntas



Las dimensiones de la sección transversal de las bandas en V han sido estandarizadas por los fabricantes, y cada sección se designa con una letra del alfabeto para tamaños con dimensiones en pulgadas. Para especificar una banda trapecial, se debe indicar la letra de la sección de la banda, seguida de la circunferencia interior en pulgadas. Por ejemplo, B75 es una banda de sección B que tiene circunferencia interior de 75 pulgadas.

Las bandas reguladoras o de sincronización se hacen de tela recubierta de caucho (ahulada) y alambre de acero, y tienen dientes que entran en las ranuras transversales formadas en la periferia de poleas especiales (dentadas). Las bandas reguladoras no se alargan o deslizan y, en consecuencia, transmiten potencia con una relación constante de velocidad angular. El hecho de que la banda esté dentada proporciona varias ventajas sobre las bandas ordinarias. Una de ellas es que no se necesita tensión inicial, de modo que pueden emplearse en transmisiones de centros fijos. Otra es la eliminación de la restricción de las velocidades; los dientes hacen posible que operen aproximadamente a cualquier velocidad, alta o baja. Los inconvenientes son el costo inicial de la banda, la necesidad de usar poleas dentadas o ranuradas y las fluctuaciones dinámicas concurrentes originadas por la frecuencia de embone o endentado de la banda y la polea.

Una banda reguladora no se estira o se desliza y, en consecuencia, transmite potencia según una relación de velocidad angular constante. No se necesita tensión inicial. Tales bandas pueden operar con una variedad de velocidades muy amplia, tienen eficiencias en el intervalo de 97 a 99%, no requieren lubricación y son más sencillas que las transmisiones de cadena.

Según lo mencionado anteriormente, podemos afirmar que las bandas son elementos de gran importancia en las máquinas que pueden existir en un taller o fábrica, por lo que es necesario para los operadores el poder diagnosticar las fallas en éstas

**Deterioro por aceite:** La saturación de aceite puede arruinar el hule de una banda. Para una protección completa contra el aceite, se deben instalar guardas contra salpicaduras. Donde el aceite no puede evitarse, se tendrán que cambiar las bandas por unas que sean resistentes al aceite.

**Estructura de la cubierta rota:** Otra forma de fallo en una banda es cuando la estructura de la cubierta se rompe, esto ocurre cuando se palanquea la banda sobre la polea durante la instalación. La madera o el metal que caigan dentro de la

ranura producirán el mismo efecto. Para evitar este daño, es necesario mover el motor mientras se ajusta la banda en la polea, dentro de la ranura.

**Quemada por patinar:** Cuando una banda se encuentra demasiado floja, no se mueve y la fricción contra la polea ranurada quema el hule. Cuando la banda finalmente "engancha" en la polea se revienta. Para evitar tal fallo, se debe revisar la tensión. Si está bien, se revisará la transmisión para que no exista sobrecarga.

**Ruptura por parada brusca:** Esto sucede cuando la banda ha estado patinando demasiado tiempo y se produce una parada brusca, por lo que la banda truena. Esto se puede evitar manteniendo la tensión correcta.

**Desgaste por abrasión:** Las paredes de la banda pueden desgastarse debido al material extraño y al óxido en la polea ranurada hasta que la banda llega al fondo de la ranura. Es imperativo instalar guardas contra el polvo. La banda debe mantenerse tensa en los lugares polvosos.

**Agrietamiento de la base:** Esta falla ocurre cuando la banda ha estado corriendo contra un severo doblamiento en las poleas muertas, ha sido almacenada inadecuadamente o ha estado trabajando a altas temperaturas. Para evitar esto se deben evitar los ambientes de más de 65°C y revisar el almacenamiento.

**Separación de una capa:** Ocurre cuando una polea ranurada demasiado pequeña origina la división a lo largo de la línea de paso de una banda. Por esto es importante recordar que cada tamaño de banda tiene un diámetro mínimo de polea. Es necesario revisar siempre el diseño de la transmisión e instalar la que se considere correcta.

**Ruptura:** Muchas causas pueden conducir a este estado. Piedras o herramientas que caigan en las ranuras de la polea romperán las cuerdas de las capas o del refuerzo. Las bandas se aflojan lo suficiente para torcerse en la ranura y se pueden romper las cuerdas.

**Lados de la banda gastados:** Cuando los lados de la banda muestran desgaste, éste puede deberse a causas normales. Pero es necesario comprobar si no existe desalineación. La mugre y la arenilla también pueden producir un desgaste anormal. En este caso se recomienda reemplazar la banda antes de que el desgaste sea excesivo.

Para alargar la vida de las bandas se debe mantener siempre la tensión correcta. Las bandas flojas se deslizan produciendo el desgaste de la misma y de la polea. La acción de chasqueo cuando se encuentran sueltas agrega esfuerzos repentinos que a menudo la rompen.

Para probar la tensión se tiene que presionar hacia abajo con firmeza cada banda. Si existe la tensión adecuada, podrá bajar la banda una cantidad igual al grueso de la banda por cada cuatro pies de distancia entre centros. Este es un dato importante que se debe de tener presente.

La polea debe mantenerse siempre alineada, de lo contrario se tendrá un desgaste excesivo en la banda y la polea. Las flechas que no están paralelas son comunes y causan que las bandas trabajen más duramente de un lado. En tal caso, se desgastan más aprisa y tendrá que remplazarse el juego entero. El desalineamiento de la polea sólo estará indicado por la cubierta y el desgaste de la polea.

También debe recordarse que las ranuras de la polea deben ser lisas. El polvo, el aceite y otros materiales extraños producen picaduras y óxido. Las paredes socavadas de la banda la arruinan rápidamente. Un fondo de polea brillante indica que ésta y la banda están muy gastadas.

## **Riesgos mecánicos y protección a los operadores**

En algunos aspectos las maquinas que el hombre ha creado son monstruos que le sirven en tanto se mantenga alerta y con su atención concentrada en sus tremendas creaciones. Olvidos, y el poder potencial de la máquina podrá causarle daños penosos y súbitos.

Las fuentes más habituales de riesgos mecánicos son las partes en movimiento no protegidas: puntas de ejes, transmisiones por correa, engranajes, proyección de partes giratorias, transmisiones por cadena y piñón, cualquier parte componente expuesta, en el caso de máquinas o equipos movidos por algún tipo de energía y que giren rápidamente o tenga la fuerza suficiente para alcanzar al trabajador (en sus vestidos, dedos, cabellos, o alguna parte de su cuerpo) atrayéndolo a la máquina antes de que pueda liberarse; puntos de corte, en los que una parte en movimiento pase ante un objeto estacionario o móvil con efecto de tijera sobre cualquier cosa agarrada entre ellos, es decir entre la parte cortante en movimiento y la segunda parte: cualquier componente de una máquina o que se mueva con

rapidez y con la energía necesaria para golpear, aplastar o de cualquier otra manera producir daños al trabajador; los lugares de operación, en los que la máquina realiza su trabajo sobre el producto que ha de ser creado; explosión en los recipientes a presión; riesgos en los volantes en movimiento.

Los que son consecuencia de ejes, correas, engranajes, y otros riesgos semejantes se eliminan protegiendo los puntos correspondientes. Esto requiere en general que el lugar peligroso esté adecuadamente protegido, apantallado, cerrado, o cubierto en cualquier otra forma, de tal modo que ninguna persona pueda distraídamente ponerse en contacto con el punto de peligro.

Los requerimientos básicos para una protección mecánica son los siguientes:

1 - Debe ser lo suficientemente robusta para que no pueda sufrir daños por causas externas o causar interferencia en la operación de la máquina. Cualquiera de estas posibilidades requerirá probablemente que el operador quite la protección y no se preocupe de hacerla reparar para volverla a colocar en su lugar.

2.- Debe permitir la fácil realización de las tareas de mantenimiento, sin requerir un trabajo excesivo para desmantelar y volver a instalar la protección, o en caso contrario se observará una tendencia a omitir estas instalaciones.

3.- Debe estar montada en forma adecuada. El montaje debe de ser rígido, para evitar vibraciones desagradables, o interferencia con partes en movimiento. El montaje, por otra parte, debe ser lo suficientemente robusto para que no sufra fallas como consecuencia del uso.

4.- Debe ser diseñado de forma que no incluya partes desmontables, las que al ser eliminadas y no reemplazadas limiten la efectividad de la protección.

5.- Debe ser fácil de inspeccionar, pudiendo establecerse un procedimiento de mantenimiento como parte del mantenimiento general del taller, asegurándose así la continuación en su eficacia.

Es esencial llevar a cabo con gran cuidado el diseño de las protecciones. Una protección incompleta puede causar más riesgos que el no contar con protección en absoluto. El trabajador puede reducir sus precauciones con una máquina que cree que está completamente protegida, y pasar a ser víctima de su propia confianza. Las guardas deben ser preferentemente de una sola pieza; si es necesario, se deben dar medios para inspeccionar visualmente en determinados puntos, y deberá contarse con vidrio incrustado en el alambre, rejillas metálicas o ventanillas de plástico transparente. El empleo de partes removibles en las

guardas es poco aconsejable, porque pueden ser quitadas y colocadas en un sitio no adecuado, dejando la abertura sin ninguna protección.

Aún cuando el especialista en seguridad debe estar preparado para recomendar los procedimientos correctos para proteger el equipo con que se cuenta en la planta, el control real de los riesgos está en que la máquina sea diseñada originalmente con los puntos peligrosos protegidos. La guarda que debe ser instalada por haber pensado en ella después, y superpuesta a la misma como una adición incidental, cuenta generalmente con poca aceptación. Cuando el dispositivo protector viene como parte integral del diseño de la máquina, puede ser construido en forma que tenga atracción visual, resultara conveniente en su uso y haya menos probabilidades de que sea eliminado. Por otra parte cuando se tienen en cuenta los riesgos posibles en el diseño de una nueva máquina, puede resultar conveniente eliminar dichos riesgos mediante un cambio de diseño, mejor que depende de dispositivos complementarios para protegerse contra ellos.

Cuando exista una posibilidad de que una persona se ponga en contacto con partes mecánicas en movimiento, resultará necesario aislar los puntos de peligro, cubriendo con seguridad o apantallando aquellas partes, de forma que nadie pueda establecer una proximidad peligrosa con ellas. En general, las partes en movimiento son consideradas como riesgo cuando pueden ser alcanzadas lateralmente, por encontrarse a dos metros o menos sobre la superficie del piso.

Por esto es recomendable la instalación de protecciones de valla o cerca, las cuales generalmente se encuentran formadas por varillas de acero, metal perforado, o cierres en plástico que rodean el punto peligroso de operación. Estas barreras de protección pueden obtenerse comercialmente, y generalmente son ajustables de forma que pueden ser utilizadas con troqueles que por razones prácticas no pueden ser equipados con barreras fijas individuales u otras guardas de protección. Cuando se usan guardas ajustables el operador debe ser instruido para que no reajuste las guardas, y los supervisores deben a su vez cuidar que este requisito sea cumplido.

Hay disponible una gran cantidad de dispositivos, utilizados para proteger contra los riesgos inherentes que se producen donde el material es alimentado a la máquina. La elección de cualquiera de ellos depende de factores tales como el proceso de producción, el costo de instalación, el efecto sobre la producción, los requerimientos de mantenimiento, y la facilidad y efectividad en suministrar la protección deseada. Los medios ideales para proteger a los operadores de máquinas de los peligros inherentes en el punto de operación consistirían en diseñar la máquina de tal manera que sus puntos de operación resulten inaccesibles al operador, y el material fuese alimentado en forma automática a la máquina. Tales dispositivos son aplicables únicamente cuando la maquinaria

puede ser utilizada sin cambio de dispositivo durante largos periodos de tiempo destinados a un solo tipo de operación.

Es sin embargo necesario usar un método alternativo de control, un medio evidentemente lógico para proteger al operador de la máquina contra la exposición de partes de su cuerpo a la zona peligrosa consistiría en poner las cosas de forma que hubiera que operar la máquina desde un lugar, de tal manera que no permita tal riesgo. Un ejemplo de lo anterior es la operación a control remoto de los dispositivos para el manejo mecánico desde una distancia determinada, tal como se usa en ciertas fases del manejo de compuestos radiactivos.

Un ejemplo común de este método de protección es el constituido en las prensas de potencia por el dispositivo de arranque con las dos manos. Este dispositivo está formado habitualmente por dos botones de presión, o palancas, muy separados entre sí, y ambos alejados de la zona de peligro, los cuales deben ser actuados simultáneamente para arrancar la prensa. Así resulta necesario utilizar las dos manos, y ambas se encontrara por tanto en un lugar seguro cuando la máquina esté en operación.

## IV.2.2.Sistema Eléctrico

### Motores Eléctricos

El motor eléctrico juega un papel preponderante en el progreso industrial, pues constituye la fuerza principal que impulsa las máquinas y procesos en las fábricas e instalaciones industriales.

**1.- Motores de Inducción o Corriente Alterna:** De los motores eléctricos el de inducción es el que se emplea con mayor frecuencia. Su sencillez, resistencia y el poco mantenimiento que requiere, son algunas de las cualidades que justifican su popularidad, desde los pequeños motores de potencia fraccionada de una o dos fases, hasta los motores polifásicos de gran capacidad.

En general el motor de inducción consta de dos partes principales, estator y rotor. El primero consiste en un armazón o culata, en cuyo interior se instala firmemente un núcleo laminado dotado de ranuras. En estas, se coloca un devanado formado por varios grupos de bobinas. El rotor puede ser de dos tipos: jaula de ardilla y rotor devanado. El primero está formado por un conjunto de láminas, que forman una estructura cilíndrica ranurada. En las ranuras se instalan barras, construidas de cobre, acero o de alguna aleación especial, cortocircuitadas en sus extremos con unos anillos de material conductor. El rotor devanado es como el anterior, una estructura laminada, solo que sus ranuras en vez de barras, alojan un devanado muy similar al del estator. El devanado del rotor se manda al exterior a través de unos anillos rozantes.

Cuando se conectan los devanados del estator a una fuente polifásica de C.A. se crea un campo magnético giratorio, cuya velocidad depende de la frecuencia y un número de polos. La velocidad del campo magnético es conocida como síncrona y está dada por la siguientes expresión:

$$N = \frac{120}{P} f \text{ r.p.m.}$$

En donde:

N = Velocidad síncrona en r.p.m.

f = Frecuencia de la tensión de alimentación

p = Número de polos

Al moverse el campo corta los devanados del rotor, induciendo corrientes que conjuntándose con el campo magnético de rotación, desarrollan un par que hace que el rotor gire siguiendo al campo.

De acuerdo a sus características de par, intensidad y velocidad, la NEMA (National Electric Manufacture Asociation), ha clasificado a los motores de inducción en diferentes clases.

**2.- Motor de Corriente Directa:** Básicamente está formado por un rotor que contiene el devanado inducido y un estator en donde se instala el devanado inductor.

El rotor o armadura se construye de láminas de material ferromagnético (hierro o acero) aisladas una de otra por una capa de barniz o de papel fino.

El estator está formado por una carcasa construida en muchas ocasiones de una sola pieza, sobre la que se colocan los núcleos polares. Estos últimos son laminados como la armadura y a su alrededor se instalan las bobinas inductoras.

Sobre el eje de la armadura se instala el colector, éste está compuesto por delgadas laminas de cobre, aisladas entre sí, sobre las cuales se soldan las terminales del devanado de armadura. La misión del colector es dar paso a la corriente que alimenta al inducido, desde las escobillas que conectan al circuito exterior.

Las escobillas construidas de cobre o de carbón, se instalan en los portaescobillas, cuyo objeto es soportarlas y mantenerlas en la posición adecuada sobre el colector. Los portaescobillas se montan a su vez en un puente, que permite cambiar la posición de las escobillas, adaptándose a las condiciones de operación del motor.

Las bobinas de campo que se colocan en los núcleos polares, son construidas con diferentes características y esto aunado a la manera de conectarse con la armadura, define varios tipos de motores.

En general se tienen tres tipos de motores de corriente continua: con excitación en derivación, con excitación en serie y con excitación compuesta y mixta.



## Aislamientos

El detalle más importante en el mantenimiento de aparatos eléctricos es el cuidado que se le dedica al aislamiento. Los conmutadores, colectores y chumaceras, requieren atención periódica; los medidores y reguladores, que necesitan ajustes pueden continuar normalmente en servicio hasta que se efectúe un paro programado. Sin embargo, cuando se presentan desperfectos en el aislamiento, se considera muy afortunado si solamente ocurre un paro pasajero. Para poder dominar los problemas de aislamiento tal como se presenta en la actualidad es preciso conocer la calidad de los materiales aislantes, con el fin de descubrir las fallas incipientes antes que se presente un deterioro serio. Dicho en otras palabras, esto significa que la atención preventiva es más importante que la reparación.

Por ejemplo, un motor cuyo aislamiento es para trabajar en ambiente húmedo, fallará muy pronto si se utiliza en sitios en donde haya temperaturas altas y viceversa. El tipo de aislamiento que debe llevar el motor tiene que seleccionarse de acuerdo con las condiciones del trabajo y, al hacer reparaciones, conviene emplear materiales más adecuados para satisfacer los requisitos de aplicación.

Existen diferentes símbolos y nomenclaturas que se utilizan para identificar y clasificar los materiales de aislamiento; de igual forma existen estándares formulados sobre las temperaturas tolerables de operación a los que se deben delimitar diferentes materiales de aislamiento.

En la práctica, se acostumbra mantener la temperatura de operación por debajo del límite máximo, con el objeto de prolongar la duración del aislamiento. Prácticamente todo el aislamiento que se emplea en las bobinas lleva algún pegamento, que es el que lo une a los conductores. Este pegamento es el que mantiene al aislamiento vivo, flexible, dentro de condiciones normales de servicio y tendrá una larga duración mientras se mantengan inalterables sus cualidades de elasticidad. La operación dentro de temperaturas muy altas o bajo condiciones atmosféricas que no son favorables durante largos periodos, afectará desfavorablemente las propiedades de este pegamento, acortando su duración.

Tiene que hacerse una revisión periódica para determinar la presencia de suciedad, material carbonizado y humedad. Las pruebas para comprobar estas condiciones tendrán que hacerse de manera que no causen averías u ocasionen fallas en el aislamiento, para que sean verdaderamente satisfactorias en el servicio de mantenimiento. La prueba más generalizada que se aplica es la medición de la resistencia del aislamiento. En determinadas circunstancias puede

justificarse otra clase de pruebas, tales como la dieléctrica, la sobrepotencial, las de alta frecuencia o las de factor de potencia. En algunos casos excepcionales se requieren pruebas químicas, físicas o de laboratorio, para comprobar las fallas del aislamiento.

Las pruebas de resistencia proporcionan un cuadro bastante exacto sobre el estado del aislamiento, particularmente por lo que atañe a la humedad y la suciedad. El valor real de la resistencia varía con los diferentes aparatos, de acuerdo con el tipo, tamaño o voltaje de régimen. Sin embargo, la importancia de estos valores estriba en las lecturas relativas del aislamiento que se toman bajo condiciones similares a diferentes horas. Estas condiciones nos indican que el departamento de mantenimiento ha ejecutado su trabajo.

En las instrucciones de servicio que suministran los fabricantes de motores, se enfatiza con insistencia la importancia de mantener los aparatos eléctricos limpios y secos. La conservación de condiciones favorables en los locales de instalación, ventilación adecuada, aplicación de calentadores para evitar la condensación de humedad en el motor cuando quede fuera de servicio algún tiempo, y cubiertas apropiadas, son medidas que contribuyen a reducir la frecuencia de paros imprevistos y a disminuir los costos del mantenimiento.

## **Dispositivos de Control**

En cualquier accionamiento con motores eléctricos, existen elementos de conexión y gobierno, mediante los cuales son operados de acuerdo a las necesidades de trabajo. Por esta razón, los dispositivos de control, son tan importantes en la instalación, como las máquinas accionadas. Todo el servicio depende de su buen funcionamiento y de la seguridad de su operación.

Originalmente el control de motores se enfocaba a las operaciones de arranque y paro, pero la evolución de los accionamientos en los que aumento el número y la variedad de operaciones que habían de realizarse, trajo como consecuencia el desarrollo de nuevas funciones y esquemas de control.

**Controladores:** un sistema de control o controlador para un motor eléctrico, es un dispositivo o conjunto de éstos, que sirve para gobernar de alguna manera predeterminada la operación del motor y que además proporciona algún tipo de protección que asegure su funcionamiento.

En general para la selección e instalación de un sistema de control, se deben considerar varios aspectos:

- a) Diseño del motor
- b) Características de la carga
- c) Características de la fuente de alimentación
- d) Condiciones de servicio

**Funciones de control:** Dentro de las funciones u operaciones más comunes en los sistemas de control para motores eléctricos se tienen las siguientes:

*Arranque:* El primer requisito de un controlador es el de acelerar el motor. Esto debe realizarse en muchas ocasiones gradualmente, no sólo para proteger a la carga accionada, sino porque la corriente demandada puede alcanzar valores inadmisibles.

*Parada:* Hay aplicaciones en la cual no basta desconectar el motor de la línea de alimentación para detenerlo. Ejemplo en un elevador, grúas, montacargas, y muchos otros, en donde el controlador debe ser capaz de imprimir una acción de freno.

*Inversión de rotación:* Esta es una operación continua en muchos procesos y aplicaciones industriales, haciéndose necesario el empleo de controladores que permitan realizarlo.

*Control de velocidad:* Existen muchos procesos, sobre todo en las industrias papeleras y textiles, en los que se hace indispensable un riguroso control de la velocidad. Por ello se tiene necesidad de disponer de controladores, que permitan mantener velocidades muy precisas, o bien variarlas dentro de ciertos rangos ajustables.

**Función de protección:** Existen diversas contingencias a las que se pueden ver sometidos los motores, entre las cuales se pueden mencionar:

*Sobrecorrientes:* Las corrientes de corto circuito y fallas a tierra, no solo son perjudiciales para los conductores de las máquinas, sino también para los controladores que los gobiernan. Los fusibles, instalados en una misma envolvente del medio de desconexión y los interruptores termomagnéticos, son utilizados entre otros, como medio de protección en caso de ocurrir esta falla.

*Sobrecargas:* Bajo cualquier condición de sobrecarga, el motor toma una corriente excesiva, cuyo efecto es una elevación de temperatura dañina para el aislamiento de los devanados. Las sobrecargas relativamente pequeñas y de corta duración, no causaran daños al motor, pero si éstas se mantienen pueden ser tan perjudiciales como las sobrecargas de gran magnitud.

Los relevadores contra sobrecargas, funcionan para evitar corrientes y calentamiento que puedan deteriorar los aislamientos del motor.

*Inversión de fase:* Si se intercambian dos fases de alimentación en un motor trifásico de inducción, este invertirá su rotación con los consabidos perjuicios que ocasiona; por ejemplo: en equipos de bombeo, elevadores y otros. Los relevadores de inversión de fase protegen a los motores, las máquinas accionadas y al personal contra los riesgos que se presentan al cambiar de manera imprevista el sentido de giro.

*Inversión de corriente:* De la misma manera que una inversión de fases, puede originar varios problemas en las máquinas de inducción, en motores de corriente continua, esto ocurre al cambiar la polaridad o sentido de la corriente.

*Sobrevelocidades:* En industrias como las papeleras, textil y de impresión, una sobrevelocidad del motor puede ocasionar graves daños, sobre todo al producto; por esto, en este tipo de instalaciones, es de vital importancia la selección de una protección adecuada, para evitar tales contingencias.

*Campo abierto:* Existen relevadores de campo para proteger a máquinas de corriente continua y a los motores síncronos por la pérdida de la excitación, que origina en las primeras sobrevelocidades peligrosas y en los motores síncronos, la pérdida de sincronismos.

**Tipos de controladores:** Dependiendo de su operación se pueden clasificar en:

*Manuales:* El elemento humano interviene durante toda la operación; como sucede cuando se utiliza un reóstato para el arranque de un motor de corriente continua.

*Semiautomáticos:* En este tipo de controladores, el operador interviene para iniciar un cambio en la condición de operación; por ejemplo, pulsando un botón que permita se energicen contactores y relevadores que realicen una secuencia.

*Automáticos:* En estos casos, el controlador cambia por si mismo su estado de operación sin la intervención del elemento humano; por ejemplo, los equipos de control para sistemas de bombeo, en donde una secuencia puede iniciarse al operar un interruptor flotador, cuya acción depende de un determinado nivel de líquido.

Otros dispositivos de control automático para un motor pueden ser: interruptores de presión, de flujo, de límite, termostatos y muchos otros.

**Tipos de elementos:** De una manera general, los elementos que forman un controlador se pueden clasificar según su función, en las siguientes categorías:

*Elementos de mando:* Son dispositivos que miden y/o convierten una acción, condición o cantidad física en señales eléctricas.

*Elementos básicos:* Son aquellos que efectúan la parte de control del sistema. Reciben información de los elementos de mando y la procesan de tal manera, que la señal de salida sea la adecuada en la secuencia de operación.

*Elementos de salida:* Toman la información de los elementos básicos y la amplifican al nivel adecuado de potencia para la operación de las máquinas.

*Elementos auxiliares:* Los más usuales son dispositivos de protección y de señalización, reóstatos, reactancias, transformadores y autotransformadores, los cuales se emplean para realizar funciones específicas en la operación y que son propios de diseños particulares.

Cualquier elemento de los equipos eléctricos trabajará mejor, durará más y necesitará menos mantenimiento si se le conserva limpio y correctamente lubricado. Esto es un hecho indiscutible y en máquinas que giran, como los motores, tiene particular exactitud. Mientras que el equipo de control de un motor es de importancia vital para su funcionamiento, la falla de un elemento en estos aparatos no representa generalmente un motivo de paro prolongado. Sin embargo, en el caso de un motor, esto no resulta así cuando es afectado por la falla de una parte importante como, por ejemplo, la arrasadura, lo que ocasiona una demora en el servicio de varias horas y aun por varios días.

## Dispositivos de Control y Protección

**Interruptores, Desconectadores y Conmutadores:** Son los elementos de entrada en los sistemas de regulación y control. Básicamente existen dos tipos principales. Los que se suelen operar a mano como los de cuchillas, termomagnéticos, de levas o tambor y los pulsadores, además los que actúan automáticamente, como los interruptores de presión, los flotadores, de límite o fin de carrera, los de flujo o los térmicos.

**Pulsadores y Selectores:** De los elementos de entrada de los circuitos de control, los pulsadores juegan un papel muy importante, pues son dispositivos que proporcionan el control de un motor con solo oprimirse. Se accionan mecánicamente para que a su vez, cierren o abran (o realicen ambas cosas) circuitos auxiliares que eventualmente accionan contactores u otros elementos de los circuitos principales de potencia.

Existen dos tipos de botones pulsadores: de contacto momentáneo y de contacto sostenido, fabricados para dos clases de servicios normales, para la aplicación usual y el de servicio pesado, para su uso continuo.

Con frecuencia los pulsadores se combinan con otros elementos en envolventes, formando las estaciones de botones, con las que se pueden mandar operaciones verdaderamente complejas.

La envolvente de una estación de botones, se fabrica usualmente de plástico moldeado o de lámina metálica y los contactos de los pulsadores: de plata, cobre y de algunas aleaciones especiales.

Se pueden obtener diversas envolventes aparte de las de tipo general, para condiciones extraordinarias, como son a prueba de agua, de polvo, de explosión o sumergibles.

Como los botones se someten a altas tensiones momentáneas, causadas por el efecto inductivo de las bobinas a las que se conectan, se proporciona un espacio conveniente entre los contactos y el aislamiento a tierra.

Los pulsadores de contacto sostenido se distinguen de los de contacto momentáneo, porque una vez llevados a una posición se mantienen en ella mientras no se les accione nuevamente.

Los selectores son conmutadores para uno o varios circuitos y como los anteriores, al ser accionados quedan en la posición seleccionada, mientras no vuelvan a ser accionados de nuevo.

Algunos autores los designan también con el nombre de combinadores e incluyen en este grupo dispositivos como los de tambor y levas.

**Combinadores:** Proyectados para controlar varias operaciones en los motores, como el arranque, parada o regulación de la velocidad, se fabrican para operaciones en C.D. o C.A. Estos dispositivos diseñados para operarse a mano, mediante el giro de una palanca o manivela, se emplean para conectar circuitos de fuerza o circuitos de mando. Los primeros se denominan combinadores de fuerza y los segundos de gobierno o de control.

Existen dos tipos de combinadores: de tambor y de levas.

Los combinadores de tambor consisten en un juego de contactos móviles montados en una flecha y aislados en ella, que pueden girar mediante una manivela u otro medio conveniente. Además van provistos de un juego de contactos estacionarios, de tal forma que al girar la flecha los contactos móviles, se separan o se juntan con los fijos.

Los combinadores ya sean de tambor o de levas se pueden adaptar con facilidad para muchas combinaciones de circuitos, modificándose si es necesario en el lugar de trabajo.

**Interruptores de Pedal:** Existen muchas máquinas y procesos en donde se requiere de elementos de mando, que permitan realizar el mando aún cuando el operario tenga ocupadas las manos. Los dispositivos que satisfacen esta condición son los interruptores de pedal.

**Interruptores de Límite:** Muchas aplicaciones requieren dispositivos que se accionen por el movimiento de la máquina. Estos dispositivos son los interruptores de límite o de fin de carrera.

Existe una gran cantidad de diseños de este tipo de interruptor, sin embargo, la mayor parte de éstos, está construido de tal manera, que un brazo o palanca de operación sea empujado por algún equipo móvil.

Se utilizan ordinariamente para desconectar en límites de carrera el avance de bancada en máquinas herramienta, como fresadoras o tornos.

**Interruptores de Flotador:** Este dispositivo es como el anterior un elemento de mando, ya que convierte una acción mecánica en una señal eléctrica. Se utilizan con frecuencia en los equipos de bombeo e hidroneumáticos, para mantener valores límites de agua en cisternas y tinacos.

**Interruptores de Presión:** Existen una gran variedad de procesos, en los cuales se manejan variables como gases, agua o aceites, requiriéndose dispositivos que respondan a esos medios. Los interruptores de presión o preóstatos, son algunos de ellos.

**Interruptores de Flujo:** Son elementos sensores de aire, líquido o gases que circulan por tuberías y ductos. Este flujo se aprovecha para accionar contactos, los cuales conectados a relevadores y contactores, inician o interrumpen alguna secuencia de control. Un interruptor de flujo muy utilizado es el llamado de remo o de paleta.

**Interruptores Térmicos:** Se diseñan para el control automático del equipo que mantiene una temperatura. El termostato es probablemente el elemento que se construye en la mayor variedad de diseños. La mayoría de ellos utiliza bimetales como sensores de la temperatura, para hacer actuar grupos de contacto en respuesta a cambios de temperatura.

**Interruptores de Velocidad cero:** Estos interruptores son ampliamente utilizados en las maniobras de frenado en innumerables procesos y aplicaciones industriales. Se conectan directamente a la flecha del motor, o a través de algún mecanismo de transmisión.

**Contactores:** El contactor se define como un dispositivo empleado para conexión y desconexión repetida de circuitos eléctricos de potencia. Su operación puede ser manual o magnética.



En general un contactor está formado por un conjunto de contactos fijos o estacionarios, firmemente sujetos a un bastidor o estructuras, que en la mayoría de los casos va provista de cámaras de arqueo. Los contactos fijos tienen puntos terminales, en los cuales se puede conectar circuitos eléctricos externos. Además de los contactos fijos, se encuentra un grupo de contactos móviles que son accionados mecánicamente o magnéticamente de acuerdo con el tipo de contactor. En los contactores manuales, el medio actuador puede ser un conjunto de mecanismos y varillas que se controlan con una palanca o manivela. En los contactores magnéticos, las operaciones de conexión y desconexión se realizan por medio de bobinas y electroimanes.

**Contactos:** Los contactos son la parte más delicada de un contactor, por esto su construcción y mantenimiento, deben ser lo más adecuado posible, están contruidos de aleaciones con lo que se busca que su resistencia mecánica sea buena y que además el desgaste por arco sea el mínimo posible. Entre las aleaciones más utilizadas se tienen plata-paladio, plata-cadmio y sobre todo plata-níquel.

**Cámara de arqueo:** Los contactores van provistos en la mayoría de los casos, de este tipo de cámaras, cuyo propósito es reducir el arqueo y extinguirlo en el menor tiempo posible, evitando con ello el deterioro de los contactos.

El arco se produce por la ionización del aire entre los contactos al producirse la apertura. Este ate calentado se convierte en conductor y como la resistencia es elevada, el calentamiento que se produce es sumamente peligroso, sobre todo en casos de circuitos que conduzcan corrientes considerables.

**Contactores manuales:** Son dispositivos muy sencillos de operar, ya que por medio de una palanca o manivela se controlan todas las operaciones de conexión y desconexión.

Los combinadores de fuerza de leva o de tambor, se pueden considerar como versátiles contactores manuales, siendo muy frecuente su empleo en operaciones tales como: arranque, inversión de giro y frenado eléctrico.

**Contactores magnéticos:** Están formados básicamente por dos partes: una fija usualmente en forma de E en cuyo centro se instala una bobina y una parte móvil llamada armadura. Cuando se aplica una diferencia de potencial en las terminales de las bobinas, la corriente que circula por ella produce un campo magnético que hace que la parte fija atraiga a la armadura. Al moverse esta cierra o abre unos contactos.

**Relevadores:** Es un dispositivo que funciona mediante una variación en el circuito eléctrico, para poner en operación otros aparatos en el mismo o en otro circuito.

Existe una grana cantidad y variedad de relevadores, entre los cuales se pueden mencionar: los de control, temporizados y de sobre carga. Todos ellos muy importantes en los circuitos de control de motores.

**Relevadores de Control:** Estos dispositivos llamados también contactores auxiliares, funcionan exactamente igual que los contactores, pero son de aspecto y construcción totalmente diferentes. Los relevadores se utilizan para aceptar información de un dispositivo sensor y obtener múltiples acciones de control, entre las cuales se tiene la de amplificación de potencia. Una débil señal de control puede tener la potencia necesaria para energizar la bobina de un contactor, con el que se puede controlar una fuente separada de potencia.

Entre sus aplicaciones más frecuentes se encuentran la de interrupción de bobinas de contactores, conexión de pequeños motores y equipos de alarma y señalización con luces piloto y bocinas.

**Relevadores de control de tiempo:** La necesidad de disponer de sistemas de control de tiempo, secuencias y otras muchas funciones para las múltiples aplicaciones industriales, ha motivado el desarrollo de cierto número de dispositivos de control de tiempo. Entre otros se encuentran: los relevadores neumáticos, los de fluido amortiguador, los de condensador y controles de tiempo impulsados por motor.

**Relevadores de sobrecarga:** Ya se ha mencionado que un circuito de control además de realizar funciones de gobierno, debe proporcionar protección a la máquina o proceso que está controlando.

Un motor eléctrico se puede ver sometido a perturbaciones como corrientes de corto circuito y corrientes de sobrecarga. Para proteger al motor de las primeras, que pueden alcanzar valores muy elevados, se pueden emplear los interruptores termomagnéticos o fusibles, y para las segundas, que si bien no alcanzan valores tan grandes, pero si originan calentamientos que pueden afectar a la máquina, se pueden emplear los relevadores de sobrecarga.

Existen varios tipos de relevadores de sobrecarga, pero ordinariamente están formados por dos elementos: una unidad sensora, conectada directamente a la línea de alimentación o indirectamente a ella, a través de transformadores de

corriente y un mecanismo actuado por esa unidad que opera desconectando el motor de la fuente de alimentación.

Los relevadores de sobrecarga se construyen para disparo instantáneo o con características de tiempo inverso. Estos últimos, una mayor intensidad de corriente originan un menor tiempo en el disparo.

Dependiendo de la tecnología en que basan su funcionamiento, los relevadores de sobrecarga se dividen en: térmicos, magnéticos y magnetotérmicos.

**Fusibles:** Para la protección contra las sobreintensidades que resultan de corto circuitos y fallas a tierra, se emplean fusibles. Estos dispositivos construidos para diferentes rangos y condiciones de operación, además de proteger conductores y motor, resguardan a los elementos de conexión, que por lo general están diseñados para la intensidad consumida por el motor.

**Centros de control:** Cuando varios motores están involucrados en un proceso, los dispositivos empleados de control y protección, pueden ser instalados en una sola estructura que se conoce como tablero o centro de control de motores.

En general todos los centros de control para motores, son conjuntos de equipos instalados dentro de cubiertas metálicas, que se diseñan para realizar a distancia una o varias de las funciones siguientes:

- a) Control
- b) Medición
- c) Indicación
- d) Protección

Los centros de control de motores, pueden suministrarse en dos clases básicas reconocidas por la NEMA: clase I y clase II.

#### CLASE I

Los centros de control de motores, están diseñados sencillamente, como un conjunto de arrancadores magnéticos independientes.

## CLASE II

En esta clase los centros de control de motores, se fabrican como sistemas de control completamente íntegrados, en los cuales, el alambrado de los arrancadores puede arreglarse, de modo que existan secuencias de operación entre ellos.

Los centros de control de motores se componen fundamentalmente de: un compartimento metálico blindado, un grupo de barras o buses de distribución y de unidades de arranque.

Para el control de motores en proceso sistematizados, es frecuente el empleo de tableros de manufactura especial tipo consola y escritorio. Estos tableros diseñados para alojar en su interior el equipo de control y los dispositivos de protección. Suelen llevar montados en el frente del mismo: botones de control, selectores, lámparas indicadoras, aparatos de medición y un diagrama mímico indicador de flujo y operación del sistema.

## Riesgos eléctricos y protección a los operadores

La electricidad es un sirviente capaz y útil cuando se le mantiene bajo control. Tanto el obtener la utilidad máxima, como el lograr la necesaria protección de las fuentes de energía es cuestión de los ingenieros eléctricos, pero hay ciertos elementos de información que son esenciales para el especialista de seguridad, con el objeto de que pueda comprender el tema y ayudar a que los puntos básicos de control sean establecidos y mantenidos.

La electricidad puede crear riesgos y ser responsable de lesiones y daños cuando:

1. Una persona pasa a constituir parte de un circuito eléctrico (el resultado es un choque eléctrico).
2. Cuando los elementos de un circuito eléctrico no protegido están sometidos a una sobrecarga eléctrica y se calientan (puede llegar a producirse un incendio cuando se alcance las temperaturas de ignición de los materiales próximos a las superficies calientes).
3. Cuando se producen arcos o chispas debido al salto de electricidad de un conductor a otro cuando se abre o se cierra un contacto eléctrico como ocurre al actuar interruptores o al descargar la electricidad estática. Puede originarse un incendio cuando el arqueo o chisporroteo se produce en una atmósfera que contiene una mezcla de una sustancia inflamable.

Se puede usar cierto número de métodos para proteger al personal contra un contacto accidental con elementos eléctricos vivos. En general el equipo eléctrico expuesto, operando a 50 volts o más, debe ser protegido, por medio de guardas. Cuando el equipo funciona con voltajes de 600 volts o menos podrá ser protegido por una barandilla de la que se cuelguen señales de peligro. Las protecciones deben de ser lo suficientemente fuertes y rígidas para evitar que al golpear contra ellas un trabajador pueda moverlas.

Cuando resulte práctico, todo el alambrado interior debe estar encerrado en tubos o protección similar, y firmemente anclado a elementos estructurales sólidos. Debe facilitarse protección contra lesiones mecánicas; el tubo debe estar puesto a tierra en forma eficaz y todos los interruptores y desconectores así como los interruptores en los circuitos que sirven para poner en marcha equipos cuya operación es peligrosa, deben ser cerrados durante el mantenimiento, y dispuestos de tal manera que no puedan ser puestos en marcha, evitando de esta manera que puedan ser arrancadas las máquinas que controlan.

Los interruptores, fusibles, protectores de circuito y otros dispositivos de control, deben estar identificados de tal manera que (con excepción de los fusibles) sus posiciones de abierto y cerrado sean fácilmente reconocidas de tal modo que el circuito que controlan pueda ser fácilmente abierto o cerrado. A los interruptores se les debe tomar en cuenta con gran consideración, de forma que sean instalados en lugares en donde exista el mínimo de posibilidad de que sean actuados de forma accidental. Cuando resulte práctico, las cuchillas de los interruptores no deben estar vivas cuando el interruptor esté abierto. En los casos en que existe la posibilidad de que un interruptor se cierre por razón de la gravedad, tal interruptor deberá estar provisto de un dispositivo que impida su cierre accidental.

Los fusibles y los protectores de circuito deberán estar localizados, apantallados, o diseñados de tal manera que ninguna persona pueda resultar quemada como consecuencia de su operación. Los circuitos que llevan voltajes superiores a los 150 volts entre ellos y tierra, deben estar provistos de interruptores para desconectar los fusibles de todas las fuentes de energía eléctrica antes que estos sean tocados. Los fusibles deben estar instalados de tal manera que puedan ser manejados convenientemente con pinzas para fusibles u otras herramientas aisladas portátiles.

Los lugares de trabajo alrededor de los equipos de suministro de energía eléctrica deben ser adecuados para una cómoda realización de los trabajos normales de operación y mantenimiento. Debe contarse con un lugar firme para pisar cuando el equipo quede al descubierto durante el servicio.

La iluminación debe ser adecuada en los lugares de trabajo, debiendo contarse con una fuente auxiliar de energía (por ejemplo acumuladores o baterías), para suministrar iluminación en ciertos lugares de trabajo en el caso que se produzca un paro de emergencia en el suministro principal de energía.

Debe contarse con un equipo para primeros auxilios y equipo contra incendios, de un modelo adecuado para su empleo en incendios de origen eléctrico, dichos equipos deben ser situados en lugares siempre visibles.

## IV.2.3. Sistema Neumático

### Introducción

El aire es un medio "elástico" y, por tanto capaz de actuar como un muelle cuando se comprime. Un simple muelle neumático, que se basa en este principio, consta básicamente de una cámara hermética que se puede deformar bajo carga. La acción elástica proviene de la compresión del aire bajo carga y de la consiguiente expansión al liberar ésta. El efecto de muelle puede ser modificado por deformación de la propia cámara.

Y como fluido elástico que es, tiene sus ventajas y sus inconvenientes. La principal ventaja ofrecida por dicha elasticidad del fluido activo es la amortiguación de los choques, lo cual, con la baja presión de trabajo inherente, significa que casi todos los accionadores neumáticos pueden quedar bloqueados por una sobrecarga sin riesgo de deterioro. En cambio, la falta de rigidez de la columna de fluido puede ser un claro inconveniente cuando se requieren avances precisos o si se han de mantener regímenes constantes contra cargas que fluctúan.

El aire comprimido generado por un compresor suele almacenarse en un depósito, cuyo volumen se elige para sostener una demanda de presión predeterminada. Para asegurar que el depósito permanecerá cargado, según los límites preestablecidos, existen varios métodos de control del compresor. Con este sistema no se ejerce ningún trabajo si no hay un movimiento que inicie una demanda.

El aire es un bien gratuito, pero su uso como fluido activo requiere una energía para comprimirlo. Para los servicios generales, el aire se utiliza a presiones de  $\text{kg/cm}^2$ . la potencia necesaria viene a ser del orden de 20 HP por 100 cfm (7 CV por  $\text{m}^3$  /min de aire libre), si bien este valor depende del rendimiento del compresor y de las condiciones ambientales (temperatura y altitud).

Una de las modernas aplicaciones del aire para uso general, es la del transporte de pequeñas mercancías o documentos a través de una red de tuberías debidamente instaladas y sometidas a una corriente interior de aire a presión.

Este sistema permite intercomunicar diversas dependencias de un mismo edificio e incluso entre edificios continuos, llegándose a montar una pequeña red de

transporte privado para comunicaciones rápidas, con el consiguiente ahorro de tiempo y personal de transporte.

Las características generales de los sistemas de aire comprimido ofrecen ventajas sobre otros sistemas capaces de combinar velocidad, esfuerzo, control, y, tal vez en menor grado, funcionar motores. Los circuitos pueden ser, desde la simple conexión de válvula de mando y cilindro a los complicados grupos interconectados, que reúnen las funciones lógicas con las secuenciales y las de interconexión y otras automáticamente controladas de forma predeterminada. Las funciones de control se pueden realizar con componentes normalizados de bajo costo, incluidos en un circuito bien proyectado o en circuitos de control independientes que funcionan con bajos niveles de potencia.

## Características

**Costos:** Un sistema neumático, en general, es el menos costoso en su instalación cuando se requieren movimientos lineales. Es único por su adecuación a ciertos tipos de herramientas (de precisión o herramientas neumáticas para obras) y compite directamente con los motores eléctricos en el accionamiento de pequeñas herramientas. Las piezas son mucho más baratas que las de los aparatos hidráulicos de empleo similar.

**Presión del sistema:** En general, las presiones son diez veces menores que las de los sistemas hidráulicos, reduciéndose considerablemente los costos de bombeo y las tensiones en las líneas y componentes sometidos a presión interna. Sin embargo, esto significa que las fuerzas que se pueden conseguir con un mismo tamaño de cilindro o accionador son proporcionalmente menores. Así pues, la neumática se adapta mejor a la producción de fuerzas bajas o moderadas, de forma que las dimensiones del cilindro (y su costo) se mantengan entre límites razonables. Para un mismo diámetro interior, el cilindro neumático es mucho más barato que el hidráulico, pero la diferencia de precios se reduce, para la misma fuerza, cuando el nivel de ésta aumenta.

**Circuitos simples:** El aire comprimido es un medio no recuperable y, por tanto, los accionadores y dispositivos neumáticos no requieren circuitos de retorno. Una vez que se ha expandido el aire en el dispositivo, se escapa a la atmósfera. Con ello se puede reducir considerablemente la red de tuberías y mantener a un mínimo la contrapresión generada.



**Disponibilidad:** El aire siempre es fácil de obtener para energizarlo en un compresor; no hay que adquirirlo y no se presentan cambios porque el aire comprimido se emplea en un solo paso. Los únicos problemas que supone se relacionan con su estado; la temperatura del aire ambiente (y a presión determinada por la altitud) esto puede influir en el comportamiento del compresor. El aire comprimido deposita agua durante la compresión, y en estado comprimido estará saturado de vapor de agua. Así, en la práctica, se requiere algo más que una simple bomba para el suministro de aire comprimido.

**Limpieza:** Los sistemas de aire comprimido son, de por sí, limpios, y no existe riesgo de contaminación por fuga.

**Comodidad:** Es muy frecuente que las plantas de producción cuenten con una instalación de aire comprimido en su equipo. La ampliación de la red neumática es sencilla y económica, si se dispone de un compresor de la capacidad adecuada. Por lo general, resulta más económico aumentar la capacidad de aire comprimido (tal vez con la instalación de un segundo compresor) que instalar un sistema de accionadores independientes que sería igual al costo de bombas hidráulicas.

Es importante señalar aquí, la consecuencia de considerar la futura expansión de la demanda al proyectar una instalación de aire comprimido, y, sobre todo, al dimensionar la red. Una generosa reserva de capacidad inicial puede reportar grandes economías a largo plazo y, sobre todo, el desarrollo y la ampliación de la automatización barata.

**Influencia del ambiente:** Los componentes neumáticos pueden utilizarse a temperaturas o condiciones incompatibles con el uso de un equipo hidráulico o eléctrico; por ejemplo, a temperaturas superiores a las del intervalo de trabajo de los fluidos hidráulicos convencionales, o en trabajos peligrosos que implique el uso de fluidos especiales, o de aislamientos caros y de protección de los aparatos eléctricos. La neumática no entraña peligro de incendio excepto en sistemas de altísima presión, en cuyo caso el motor diesel puede verse excluido.

Por lo que concierne al funcionamiento a bajas temperaturas, la neumática puede tener claros inconvenientes, así, a menos que el aire se acondicione especialmente mediante secadores capaces de eliminar la mayor parte del vapor de agua presente, la congelación interna y el bloqueo son el problema de los sistemas neumáticos expuestos a temperaturas ambientes inferiores al punto de congelación.

Al trabajar a temperaturas superiores a dicho punto, las variaciones térmicas influyen poco en el comportamiento de un sistema neumático.

**Peso favorable:** Los componentes neumáticos suelen pesar poco porque admiten paredes delgadas al no tener que soportar grandes presiones internas. Lo mismo cabe decir que la red; por ejemplo, los tubos de nilón pueden sustituir fácilmente a los metálicos cuando es importante ahorrar peso.

**Fiabilidad:** En general, los sistemas de aire comprimido son muy fiables y los fallos súbitos son raros. Debido a la presión relativamente baja, la aparición de fallos tiende a provocar una caída de presión más importante, con lo que se detectan antes por un funcionamiento vacilante o por pérdida de fuerza. No obstante, esto puede ser un inconveniente, ya que sorprendentemente, los sistemas neumáticos no dejan de hacerse funcionar a pesar de que su estado requiere atención. Así, los fallos y las fugas de poca importancia relativamente permanecen ignorados y se sigue trabajando aún a costa de perjudicar el rendimiento; el mantenimiento rutinario se olvida y el preventivo ni se considera.

**Lubricación y corrosión:** La falta de lubricación del aire comprimido como fluido activo es una de las verdaderas ventajas con respecto a los fluidos hidráulicos que, de por sí, son lubricantes. De todos modos, la lubricación de un compresor no es tan crítica como la de una bomba hidráulica y es fácil que la propia máquina la provea. La lubricación de los accionadores y demás aparatos neumáticos se efectúa por inyección de lubricante en el suministro de aire comprimido después de la compresión (preferiblemente en un punto de la línea poco antes del aparato), o con engrasadores acoplados al mismo. Los únicos inconvenientes de estos métodos de engrase son la pérdida continua de lubricante durante el funcionamiento (se escapa a la atmósfera con el aire) y que el aire va cargado de lubricante y no es perfectamente "limpio". No obstante, en la práctica estos inconvenientes no son importantes.

El principal problema de corrosión es que el aire comprimido, normalmente, está saturado de vapor de agua que inevitablemente va a parar al sistema al pasar por el refrigerador de aire de salida, al expansionarse y enfriarse. Esto va a favor del uso de metales no ferrosos para las líneas y los componentes o bien de metales ferrosos con tratamiento anticorrosivo para las superficies expuestas al aire húmedo. Los lubricantes resistentes al barrido del agua también protegen contra la corrosión, porque quedan adheridos a las superficies internas. Es importante mantener en buen estado el interior del cilindro y la superficie del vástago y los accionadores lineales, a fin de prolongar la duración de las juntas.

## Elementos

Entre las principales partes que componen un sistema neumático podemos encontrar:

**Válvula manual:** Las hay de muy diversas formas de cierre, tales como: mariposa, compuerta, esfera o asiento. Su finalidad es la de aislar circuitos cuando así se desee, cerrando el paso del fluido.

El situar una válvula de cierre en el circuito o en determinadas partes del circuito, tiene por finalidad el facilitar las intervenciones cuando se averían o hay que cambiar elementos de una instalación.

**Filtro:** Se coloca al principio de una instalación. Su finalidad es la de eliminar las impurezas que lleva el aire y que provienen del mismo circuito (cascarillas, óxidos, virutas, pinturas o aislantes), que pueden dificultar el correcto movimiento de los elementos móviles de los aparatos que hay en el circuito.

**Manorreductor:** Este aparato tiene por finalidad el de regular la presión a que debe trabajar el circuito. Normalmente, la presión de la red de distribución es mayor que la que se utiliza en la instalación, razón por la cual, las presiones se ajustarán a las necesidades por medio de este aparato. La presión se mide y señala con un aparato indicador de presión o manómetro.

**Engrasador:** El aire de la tubería generalmente es húmedo. Esta humedad es causada por la oxidación de los aparatos del circuito, lo que dificulta su correcto funcionamiento. El engrasador, como su nombre lo indica, tiene por finalidad engrasar el aire y a través de él los elementos de la instalación evitan la oxidación por una parte y por otra hace que los elementos móviles se deslicen sin dificultad.

**Distribuidor:** Su función principal es la de conducir fluido por diferentes líneas según se requiera. Al poner el distribuidor en una posición permanece en ella mientras no se cambie la posición del distribuidor, esta posición se puede cambiar de forma mecánica o manual. Existen diferentes tipos de distribuidores, los cuales se clasifican de acuerdo al número de posiciones y número de vías.

**Electroválvula:** Equivale a un distribuidor de 2 posiciones y 3 vías. El fluido que llega por el orificio inferior en una posición sale por la derecha y en otra por la izquierda. Esta electroválvula se emplea generalmente para circuitos con fluido líquido. Si es para circuito neumático, se utiliza cuando se trata de grandes caudales.

**Silenciador:** Al salir a la atmósfera el aire que se encuentra comprimido a una determinada presión a través del escape, produce un ruido agudo que puede llegar a ser molesto, por lo que el ruido disminuye poniendo este tipo de aparatos.

**Antirretorno:** Su finalidad es la de impedir una sobrepresión en el circuito por retroceso del fluido empujado por las partes móviles del circuito. El antirretorno puede tener flujo fijo o variable (ajustado a las necesidades del circuito).

**Regulador de caudal:** Cuando se desea controlar una maniobra haciéndola más lenta o más rápida, se intercala en el circuito un regulador de caudal, por medio del cual se regula el paso del fluido en cantidad (caudal) y tiempo.

**Selector de caudal:** Este aparato dispone de dos orificios de llegada y un tercero de salida. Si el fluido (presión) llega por uno de los dos puntos de entrada indistintamente, siempre queda asegurado el camino de salida por el tercer orificio, al desplazarse el obturador en el sentido del punto que no tiene presión. Si llegan dos presiones, siempre tendrá paso la mayor presión por efecto diferencial.

**Regulador de caudal en una dirección:** Cuando el fluido llega por el orificio de entrada, debe pasar necesariamente por el regulador de caudal porque el antirretorno conectado en paralelo está impidiendo el paso. Cuando el flujo llega en sentido contrario, el aire pasa libremente a través del antirretorno que deja el paso libre en esta dirección.

**Temporizador:** Este elemento utilizado para maniobras en circuitos neumáticos funciona como sigue: al llegar la presión por el orificio de entrada, el fluido no tiene paso hasta que transcurrido un tiempo, según calibración, se permite el paso del fluido. El control del temporizador se hace por la misma presión que este controla.

**Presóstato:** Este elemento de control de circuitos consiste en una membrana que por la presión acciona un contacto cambiándolo de posición. El contacto puede ser ajustado a una presión determinada.

**Cilindro:** Es un elemento sumamente importante en la mayoría de los circuitos neumáticos. Los hay de muy diversos tipos, según sea su aplicación, pudiendo ser de simple o doble efecto.

**Válvula directa:** Este tipo de válvula sin pilotaje neumático, deja pasar fluido. Cuando se pilotea la válvula, se corta el paso del fluido. Este tipo de válvula se utiliza para grandes caudales.

Existen tres tipos de pilotaje para válvulas directas también válidos para válvulas inversas los cuales son:

- a) Pilotaje manual
- b) Pilotaje eléctrico por electroimán
- c) Pilotaje eléctrico por motor

**Válvula inversa:** Este tipo de válvulas sin pilotaje neumático, no dejan pasar fluido. Con pilotaje neumático la válvula deja pasar fluido. Al igual que la válvula anterior, también se utiliza para grandes caudales.

Este tipo de válvulas es aconsejable para circuitos que transportan fluidos peligrosos. En el momento que se corta el pilotaje de la válvula, se corta el paso del fluido.

**Pulsadores eléctricos:** Son elementos eléctricos del circuito de maniobra, y se accionan manualmente.

**Fines de cursos eléctricos:** Elementos eléctricos del circuito de maniobra y se accionan mecánicamente.

**Electroimanes (bobinas):** Se trata de elementos eléctricos que accionan contactos y aparatos.

## **Riesgos neumáticos y protección a los operadores**

Como en todos los sistemas que componen una fábrica o taller, el sistema neumático necesita de ciertas recomendaciones de seguridad a seguir por los operarios de las máquinas, pues en todo tipo de instalaciones y trabajos las

normas de seguridad y prevención de accidentes son muy importantes, dentro de la aplicación del aire o la industria.

La revisión del equipo compresor es una medida obligada en el mantenimiento periódico de la instalación, al efectuarla es necesario desconectar el motor eléctrico del mismo para evitar posibles puestas en marcha durante su revisión, indicando que el equipo está fuera de servicio.

Las herramientas neumáticas tienen una presión muy elevada y dada la presión con que trabajan, por lo cual deben manejarse con precaución.

Los gatillos de accionamiento de estas herramientas deben estar colocados de forma que se reduzcan al mínimo las posibilidades de funcionamiento accidental de las mismas, debiendo estar diseñadas para el cierre automático de la válvula de entrada del aire cuando cesa la presión de la mano del operario.

Las herramientas deben estar bien acopladas a las mangueras por medio de resortes, pinzas de seguridad u otros dispositivos que impidan que las mismas se puedan desprender y causar un accidente.

No deben expulsarse las herramientas del equipo neumático portátil utilizando la presión del aire, ya que esta sale disparada como un proyectil con sus consiguientes riesgos; se deben desmontar con el equipo desconectado y siguiendo las instrucciones correspondientes.

Nunca deberá doblarse la manguera para cerrar el paso del aire cuando se cambie una herramienta, siempre habrá que desconectar el aire antes de efectuar el cambio.

El manejo de las herramientas neumáticas por los operadores precisa una deformación y adiestramiento del mismo, con conocimientos de los riesgos que estas pueden presentar.

Nunca debe utilizarse el aire comprimido para la limpieza personal, pues la presión puede producir lesiones graves debido a que actúa como un golpe de considerable fuerza.

Las máquinas fuera de servicio deberán estar desconectadas porque cualquier movimiento accidental sobre la misma puede acarrear un accidente, ya sea por mala manipulación o porque el operario está desprevenido.

Es conveniente que siempre que se trabaje con este tipo de herramientas se utilicen gafas o pantallas, guantes y calzado de seguridad, todo esto para protección personal.

Para el soplado de piezas con aire comprimido se deberá colocar a la boquilla de salida un disco protector a modo de pantalla, para que todas las partículas que puedan ser expulsadas no lleguen a lesionar al operario, además se dispondrá de un manorreductor u otro dispositivo que permita regular la presión de trabajo en dicho punto.

Se deben adoptar posiciones seguras de trabajo, evitando apoyar el peso del cuerpo sobre la herramienta, pues el riesgo de caída en caso de fallo o deslizamiento es mayor, con la consiguiente lesión del operario.

## IV.2.4. Sistema Hidráulico

**Introducción:** Una máquina absorbe energía de una clase y restituye energía de otra clase (un motor eléctrico, por ejemplo, absorbe energía eléctrica y restituye energía mecánica) o de la misma clase pero transformada (una grúa o un torno, por ejemplo, absorben y restituyen energía mecánica).

Las máquinas se clasifican en grupos: máquinas de fluido, máquinas herramientas o máquinas eléctricas.

Las máquinas hidráulicas pertenecen a un grupo muy importante de máquinas que se llaman máquinas de fluido. Aunque rara es la máquina en que no intervienen uno o varios fluidos como refrigerantes o lubricantes, eso solo no es suficiente para incluir dicha máquina en el grupo de máquinas de fluido.

Máquinas de fluido son aquellas máquinas en las que el fluido, o bien proporciona la energía que absorbe la máquina (por ejemplo, el agua que se suministra a una turbina posee una energía preferentemente de presión, proveniente de la energía geodésica que poseía en el embalse y que a su vez la turbina transforma en energía mecánica) o bien aquellas en que el fluido es el receptor de energía, al que la máquina restituye la energía mecánica absorbida.

En toda máquina de fluido hay un intercambio de energía de fluido y energía mecánica (por ejemplo, el agua sale de una bomba con más presión que la que tenía a la entrada de la misma, porque la bomba ha restituido al agua la energía absorbida en el eje).

Las máquinas de fluido revisten infinidad de formas y encuentran un sinfín de aplicaciones en la técnica.

Basta ver que dentro de este grupo se hallan comprendidas máquinas tan diversas como la diminuta fresa neumática de un dentista que gira a 500 000 r.p.m., y la gigantesca turbina de vapor de 1.200 MW; o como la bomba de membrana para combustible de un automóvil y un cohete de combustible líquido.



Las máquinas de fluido se clasifican en:

- **Máquina hidráulica:** Es aquella en que el fluido que intercambia su energía no varía sensiblemente. Normalmente, los sistemas hidráulicos de las máquinas son fabricados por una empresa especializada, distinta de la que construye las máquinas. Por lo tanto, cuando no podamos obtener información o recambios de los constructores de las máquinas, tendremos que recurrir a los fabricantes de los equipos hidráulicos.

Todos los sistemas hidráulicos se basan en cuatro conjuntos principales: depósito, bomba y accionamiento de esta; conductos; conjunto del cilindro y mecanismos de distribución.

Para conocer más acerca de las máquinas hidráulicas es muy importante conocer el fluido con el que operan, a continuación se describe los más comunes.

**Líquidos hidráulicos.-** Pueden distinguirse tres clases de líquidos hidráulicos, a saber:

**1. Líquidos de base acuosa.**

- Aceite mineral en agua; mezcla: hasta un 15% de aceite, resto, agua; temperatura de trabajo: entre +10°C y +70°C.
- Agua en aceite mineral; mezcla: 50% a 60% de aceite mineral, resto, agua; temperatura de trabajo: entre +10°C y +70°C.
- Agua con glicerina; mezcla: hasta 50% de glicerina, resto, agua. Puede llegar hasta 65% de glicerina; temperatura de trabajo: entre -45°C y +65°C.
- Glicol – agua; mezcla: 35% a 60% de agua, resto, alcohol; temperatura de trabajo: entre -45°C y +60°C.

**2. Líquidos sintéticos.**

- Esteres fosfatados; temperatura de trabajo: entre -55°C y +150°C
- Siliconas; temperatura de trabajo: entre -70°C y +300°C.

**3. Aceites minerales y vegetales.**

- Tienen el inconvenientes de que se degradan con la temperatura. Temperatura de trabajo: entre +10°C y +100°C.

**Aditivos.-** Para mejorar, conservar y dar propiedades especiales a los líquidos hidráulicos, se les añade aditivos, tales como:

- Viscosos: Aumentan la viscosidad del líquido hidráulico.
- Anticongelantes: Mejoran la fluidez a bajas temperaturas.
- Adherentes: Mejoran la adherencia a las paredes de los elementos metálicos del circuito.
- Antiespumantes: Reducen la formación de espumas. Las siliconas son las más utilizadas (1 parte de silicona por  $10^6$  partes de fluido).
- Antioxidantes: Para trabajar de  $100^{\circ}\text{C}$  a  $130^{\circ}\text{C}$ , aminas – fenoles. Para trabajar de  $150^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$ , productos con contenido de azufre y fósforo.

De igual forma es necesario mencionar que uno de los puntos importantes a considerar en un líquido hidráulico es el índice de viscosidad, pues es éste índice el que señala la variación de viscosidad de un líquido, en función de la temperatura.

Las máquinas hidráulicas más comunes son las bombas, las cuales se dividen en:

- Bomba de paletas: Puede ser de caudal fijo o variable, con una gama muy amplia de utilización en lo que a caudales se refiere, pudiendo oscilar su aplicación entre 2.5 y 300 lt/min. Este tipo de bombas trabaja a baja presión, siendo su campo normal de utilización de 0 a 140 bars a velocidades que oscilan entre 500 y 3000 rpm. El principio de funcionamiento consiste básicamente en un rotor en el que se alojan unas paletas móviles que giran dentro de una cámara (cárter). Las paletas toman el aceite que llega de la entrada y transportan el fluido hacia la salida. El aceite se toma del recipiente de presión atmosférica de forma que al girar el rotor comprime el aceite entre las paletas al ir reduciendo la sección de la cámara y con esta la compresión del fluido.
- Bomba de pistones: Las bombas de pistones se utilizan para grandes presiones, que pueden variar entre 150 y 2000 bars, con caudales que oscilan entre 0.3 y 250  $\text{dm}^3/\text{min}$  y velocidades de hasta 7000 rpm. Existen bombas de pistones de línea, de pistones radiales y de pistones axiales. Para cada caso se seleccionará el tipo de motor que más convenga.
- Bomba rotativa: La rueda de paletas gira a gran velocidad o unas ruedas a modo de engranes, lo que produce una fuerza centrífuga, mediante la cual se aspira el líquido, habiendo hecho un cebado previo de tuberías. La rueda es movida por un motor eléctrico o de explosión. El aparato es útil sobre todo para bombear líquidos pesado y viscosos, como la melaza, el alquitrán y los aceites.

- **Bomba centrífuga:** Consiste en una rueda de paletas curvas; la rueda gira por lo general a enorme velocidad y empuja hacia los tubos el líquido o el gas que se bombea. Su acción se parece mucho a la de un ventilador eléctrico o a una hélice. El gran valor de esta bomba es que se le puede usar para mover líquidos que contienen sólidos

## **Riesgos hidráulicos y protección a los operarios**

1. Las tuberías deterioradas no deben soldarse y deben sustituirse por tuberías nuevas.
2. Deben de suprimirse los codos en ángulo agudo y no se deben torcer ni aplastar la tubería al doblarla. Como una orientación y protección al personal, se puede decir que el radio de toda curva que forme la tubería, debe exceder no menos de 5 veces su diámetro exterior. Si es necesario doblar la tubería por medio de calentamiento, después se deberá de caparla para eliminar el óxido y cascarilla formados.
3. Se deben asegurar todos los tramos largos de tubería; esto evitará vibraciones indebidas.
4. No se debe permitir la intromisión de pasta de sellado en el interior de las tuberías ya que esto puede formar un tapón o en el mejor de los casos esta se mezclará en el aceite y será causa de contaminación.
5. Se deben apretar fuertemente todas las conexiones entre tuberías, ya que una conexión floja producirá fugas.
6. No deben de usarse accesorios con roscas defectuosas porque ocasionaría fugas de fluido.
7. Los tubos flexibles deben sustituirse por otros nuevos. Conviene asegurar que estos últimos sean los suficientemente largos para permitir curvas amplias.
8. Los elementos filtrantes de papel y fieltro deben reemplazarse siempre por otros nuevos. Los filtros de redes de alambre deben limpiarse e inspeccionarse para detectar posibles deterioros.

## Mecanismos de distribución

Las válvulas de los sistemas hidráulicos tienen tolerancias muy estrictas. Por esta razón, se les debe examinar muy cuidadosamente antes de volver a usarlas.

Si una válvula es defectuosa, lo más barato y sencillo suele ser su sustitución por otra nueva. En cualquier caso, hay que reemplazar todos los retenes y deben verificarse todos los muelles antes de proceder al nuevo montaje. Además, debemos procurar que todas las piezas del conjunto procedan del fabricante de la válvula.

Las válvulas de control de presión (por ejemplo, las válvulas de descarga), son las que más fácilmente se desgastan. Por lo tanto, son los puntos en que es más probable que encontremos la causa de las averías que se presenta en el sistema.

Los asientos desgastados pueden esmerilarse con pasta de carborundum. Las rayaduras ligeras en un émbolo, pueden hacerse desaparecer con un pulido. Los émbolos también pueden restaurarse depositando una pequeña capa de cromo. Esta última solución solo debe adoptarse si es imposible obtener recambios del fabricante, ya que resulta cara y complicada.

La limpieza es un factor muy importante en el montaje de los componentes de un sistema hidráulico; ello es especialmente cierto para las válvulas.

La presencia de aire en los circuitos hidráulicos que han sido desguarnecidos y montados de nuevo, es un defecto que aparece a menudo. Dificulta el funcionamiento correcto de la máquina y la expone a un trabajo incontrolado y ruidoso. Este aire debe ser suprimido cuanto antes, y para ello, los sistemas hidráulicos suelen disponer de puntos de sangrado en las zonas más altas. Si un sistema no está equipado con estos puntos, se debe aflojar una de las conexiones (por ejemplo, la de la toma de presión del cilindro), y permitir que el aceite se escape durante el tiempo suficiente para que las condiciones queden libres de aire. Después, hay que hacer funcionar el sistema durante un corto tiempo y luego repetir la operación. Es importante que dicho proceso tenga lugar con la válvula de descarga ajustada en un punto más bajo; de lo contrario, este método puede ser peligroso, sobre todo si se afloja una conexión.

A veces se utilizan motores hidráulicos para accionar los árboles principales de las máquinas controladas numéricamente. Los procedimientos de reconstrucción de estas unidades son los mismos para las bombas.

## **IV.2.5. Lubricantes**

La lubricación es de extremo interés para el ingeniero de mantenimiento, porque tiene una marcada influencia en su comodidad personal y en los costos que tiene que cargar al servicio de mantenimiento. Cualquier maquinaria trabajará con mayor seguridad si está correctamente lubricada. Bajo tales condiciones, el ingeniero de mantenimiento (de acuerdo con el ingeniero de operación), solamente tendrá que controlar que el lubricante sea aplicado apropiadamente y que se utilicen los lubricantes más adecuados para las condiciones de trabajo y operacionales de la maquinaria. Esto conducirá a la obtención del costo mínimo del mantenimiento, menos problemas para el ingeniero de este departamento y costos de producción bajos.

Por regla general, el ingeniero de mantenimiento no es consultado al comprarse los lubricantes para la planta, ya que esta responsabilidad recae sobre el personal de compras y el de operación. Pero si ha de obrarse con verdadera legalidad, el departamento de conservación debería ser incluido al seleccionar los lubricantes. De no ser así, por lo menos se tendrá que dar completa información al citado departamento, sobre la distribución de la lubricación y tipos de lubricante en el cuadro general. Los encargados de compras y el personal de operación deben absorber el trabajo que implica la solución de los detalles; el ingeniero de mantenimiento tiene que concentrarse primordialmente con el buen resultado que se pueda obtener de estos detalles (como son, la viscosidad, pruebas de fluidez, contenido de residuos de carbón, penetración o punto de fusión), con el fin de obtener lubricantes que protejan totalmente la maquinaria y las partes de ésta, cuya responsabilidad le compete a él, para sostener un mantenimiento que esté dentro de límites razonables.

Las pruebas convencionales incluyen, para los aceites lubricantes, las de la viscosidad, la de los puntos de inflamación y de combustión, el punto de fluidez, de residuos de carbón, emulsificación, demulsificación, acidez, número de neutralización, color, contenido de azufre y la de número de saponificación.

Para las grasas, son de suma importancia el grado de penetración y el punto de licuefacción, así como el punto de goteo.

### **Tipos de lubricantes**

Los lubricantes derivados del petróleo están clasificados en una variedad muy amplia, de acuerdo con el servicio al que se han de aplicar en mayor proporción. Algunos de ellos se destinan, virtualmente, a usos especiales, mientras que otros

pueden emplearse con éxito en una variedad tan extensa de maquinaria, que se convierten en productos de aplicación múltiple.

Al ingeniero de mantenimiento le interesa básicamente lo relativo a las clasificaciones siguientes:

- Aceites para sistemas circulatorios.
- Para engranajes.
- Para maquinaria o para motores.
- Para refrigeración.
- Para husillos.
- Para cilindros de máquinas de vapor.
- Lubricantes para cables de acero.
- Grasas con base de calcio, sodio, aluminio, litio o bario.
- Lubricantes sólidos y sintéticos.

## **Mantenimiento y Lubricación**

Las labores de mantenimiento son afectadas directamente por las condiciones de operación. El costo del mantenimiento, a su vez, es directamente afectado por la lubricación. Tienen que esperarse costos de mantenimiento mayores si las condiciones de operación imponen cargas severas a los elementos de mecanismos en movimientos de cualquier máquina.

Si los mecanismos giran con rapidez, la tendencia de sus superficies al desgaste será también mayor. Los elementos estructurales tendrán que ser igualmente modificados debido al aumento de las vibraciones o de los esfuerzos y las tensiones con la intensificación de la carga.

Si bien la lubricación es capaz de retardar el desgaste, no puede evitarlo. El desgaste sobreviene por la contaminación de polvo o por fallas en el sistema de lubricación. Que impiden la formación de una película de protección adecuada sobre las superficies en movimiento. Además, la carga que recibe un lubricante bajo condiciones rudas de servicio es tan pesada como la que recibe la máquina misma. Sin embargo, una labor correcta de mantenimiento en combinación con un diseño apropiado, puede coadyuvar al control de los efectos de estas cargas pesadas.

## Protección de los Lubricantes

La protección de los aceites y grasas lubricantes para el servicio es de tanta importancia, como la selección de productos con las características apropiadas para la satisfacción de los requisitos que exigen las condiciones de trabajo, como son la velocidad, la carga y la temperatura. Desgraciadamente es éste un requisito que es desatendido con frecuencia. Se adquiere a menudo productos de primera calidad, para guardarlos en alguna bodega polvosa o inclusive a plena intemperie, en tambos colocados en el suelo, expuestos a la acumulación de tierra y de agua. Consecuentemente es casi imposible extraer aceite o grasa de esos recipientes sin que se produzca alguna contaminación. Es, pues, obviamente necesario contar con un local adecuado bajo techo, para el almacenamiento de lubricantes y planear un programa bien definido para llevar el control de existencias, rellenar los recipientes o sistemas de lubricación y para el desarrollo de las labores necesarias de limpieza con la asignación de personal responsable de la ejecución de las tareas previstas.

En la industria se empieza a tomar cada vez más en serio la protección de los lubricantes. Muchas plantas tienen ahora ingenieros expertos en lubricación entre su personal de operación. A su vez, el personal que maneja el equipo de lubricación ha desarrollado dispositivos y procedimientos de manejo y distribución de los diferentes lubricantes que marcan un decidido progreso. Para el ingeniero de mantenimiento es de gran interés que la protección de los lubricantes sea un hecho real y no una simple instrucción. Las fallas de la maquinaria por defectos de lubricación pueden muy bien empezar en un lugar inadecuado de almacenamiento, por contaminación de los lubricantes con materiales abrasivos, con agua y, en algunas ocasiones, hasta con ácidos procedentes de vapores contenidos en el aire.

El primer paso adecuado para establecer un programa de protección para los lubricantes, es la selección de un sitio conveniente para el almacenamiento. Esta selección deberá basarse en consideraciones referentes al volumen de lubricantes que se maneja y los medios de suministro – que en la mayoría de los casos se efectúa por medio de camiones -. El sitio de almacenamiento no debe quedar muy retirado del sitio de trabajo, aunque en las minas y en trabajos de construcción no es posible sostener esta regla.

### Local y Personal

Un cuarto o edificio con buena luz natural, limpio, con posibilidades de calefacción para la época de frío, será lo conveniente. El local deberá estar destinado exclusivamente al almacenamiento de lubricantes y equipo de reserva para la

lubricación. La responsabilidad de la limpieza y el orden convenientes para guardar los recipientes de lubricantes, se le asignará a uno o dos operarios que en realidad se convertirán en asistentes de ingeniero de lubricación. Ellos pueden ser entrenados por el ingeniero de mantenimiento para que comprendan el problema que representa la falla de una chumacera o engranaje como consecuencia de un lubricante contaminado. Al mismo tiempo se puede aleccionar a este personal para que aprecie el valor de los lubricantes de alta calidad y las razones que se tienen para considerar a tales productos como verdaderas especialidades para los servicios que deben prestar individualmente. Cuando haya que dar servicio a los sistemas de lubricación, será este personal el que se haga cargo de esta responsabilidad en algunas plantas. En algunas otras se concretarán a cumplir las órdenes de los supervisores de sección o de los sobrestantes, distribuyéndose las tareas de control de lubricación a los operadores especializados, a los montadores o a otros miembros del departamento de lubricación.

## **Dispositivos para el manejo de recipientes**

El manejo a un solo nivel es un punto muy importante, en donde esto sea posible, para la planeación del almacenamiento de los envases que contienen lubricantes. De permitirlo las condiciones del local, el nivel del piso deberá estar a la altura de la plataforma del camión de carga, ya que así se facilitará rodar los tambos hacia el interior de la bodega, en donde se puede colocar soportes en una o en varias paredes, de manera que los tambos de aceite se puedan levantar con un montacargas, colocándolos de tal modo que el contenido pueda extraerse con el mínimo esfuerzo posible, vaciándolo en depósitos de distribución. Los tambos con grasa se colocan generalmente parados, ya que su contenido se extrae mediante paletas, cucharas o por bombas de presión, de acuerdo con la consistencia de la grasa.

En plantas grandes, en donde se tiene que almacenar un volumen considerable de productos lubricantes, resulta práctico instalar un juego de rieles paralelos para conducir los tambos llenos hacia los soportes de almacenamiento y para regresar también los tambos vacíos.

El alumbrado está íntimamente ligado con buenos resultados. Los departamentos de lubricación y mantenimiento funcionarán con una efectividad mayor, si tienen registros completos sobre el consumo de lubricantes por máquinas o por sección de trabajo. Esto requiere un inventario cuidadoso (cada mes), con datos exactos sobre las salidas de grasas y aceite. En este aspecto, el alumbrado desempeña un papel importante. Si la bodega está pintada de blanco brillante, si las ventanas están bien situadas a modo de evitar deslumbramiento y si se dispone de un escritorio cómodo, el personal lógicamente podrá llevar un control más eficaz y



más cuidadoso. Todos estos datos tendrán que ser considerados periódicamente en los reportes que el ingeniero de mantenimiento envía regularmente a la gerencia.

## **Protección contra incendio.**

Las posibilidades de incendio son muy remotas en una bodega de lubricantes bien planeada, suponiendo que se observan los reglamentos de no fumar, que las visitas ocasionales del personal de otros departamentos están prohibidas, que el goteo de aceite se evite y que se limpien inmediatamente si llega a suceder, que los paños de desperdicio o los que se emplean para la limpieza se guarden en recipientes metálicos y en cantidades mínimas, que las herramientas que producen chispas o arco eléctrico se utilicen solamente en locales con excelente ventilación. Al mismo tiempo, los reglamentos de las compañías de seguros exigirán las instalaciones de un equipo de extinguidores contra incendio. Los extinguidores aceptados a base de espuma, son los mejores para sofocar incendios de aceite. En bodegas chicas bastaran uno o dos aparatos de mano; en bodegas grandes se necesitara un carro con manguera y deposito de varios galones de contenido.

## IV.2.6. Corrosión

En la actualidad, la corrosión implica un costo directo muy alto anualmente para la industria. En el oculto costo de la corrosión está involucrada una gran suma mucho mayor de la que se conoce realmente, si se considera que en muchos casos el valor de la producción perdida que acompaña a las reparaciones o cambios en el equipo es más grande que los costos de mantenimiento. Las etapas modernas de la fabricación están altamente integradas y las técnicas han cambiado ampliamente de las operaciones intermitentes a las continuas. Esto significa que prácticamente ningún equipo puede estar fuera de servicio para reparaciones o cambios sin interrumpir seriamente la producción, y más en estos días de materiales caros y altos costos de construcción es importante instalar las facilidades mínimas que satisfagan los requerimientos de operación. Estas condiciones exigen considerar cuidadosamente la corrosión y la selección de los materiales de construcción.

En los últimos años se han efectuado considerables adelantos en incrementar el conocimiento y la comprensión de la corrosión y en desarrollar nuevos materiales que soporten condiciones severamente corrosivas. Hoy en día se dispone de bastante información y ya no se requiere suponer que las fallas frecuentes y los altos costos de mantenimiento son un mal necesario. Esto no significa que la corrosión puede ser eliminada, sino que puede ser reducida al mínimo por medio del estudio y de la información disponible sobre la materia.

Se da por un hecho que el mejor acercamiento posible, si no es que la respuesta a los problemas de corrosión industrial consiste en la asignación de personal al trabajo de ingeniería de corrosión. Ello incluye el conocimiento de las características corrosivas de los productos químicos, así como de las características anticorrosivas de los materiales de construcción. También debe familiarizarse con las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, con las propiedades y características de los productos químicos que se van a manejar, con la disponibilidad y el costo de los materiales de construcción, y con las técnicas de fabricación y sus limitaciones.

El trabajo de un ingeniero en corrosión debe involucrar más que la adquisición de una experiencia informativa y que la mera selección de materiales de construcción para trabajo de diseño y mantenimiento. El ingeniero en corrosión debe investigar casos de fallas en renglones que requieren mucho mantenimiento y llegar a una decisión o recomendación para efectuar una mejora. Esto puede implicar un programa experimental o cambios en el diseño o procedimiento de fabricación y no necesariamente de los materiales de construcción. El ingeniero de corrosión debe establecer especificaciones relativas a materiales, procedimientos,

tratamientos térmicos, para equipo nuevo o reparado. Debe inspeccionar tanto el equipo nuevo, para verificar que cumple con las especificaciones, como al equipo ya existente, para comprobar que en éste no se están desarrollando dificultades provenientes de la corrosión. Debe ayudar a establecer métodos mejorados de mantenimiento y programas perfeccionados de mantenimiento preventivo. Para futuras referencias debe mantener registros adecuados, y para refacciones y materiales debe establecer estándares apropiados. Una parte muy importante de su trabajo debe consistir en estar en contacto con el personal de investigación, operación y diseño para verificar que en todos estos trabajos se observen principios de ingeniería de corrosión.

La ciencia y la tecnología del control y prevención de la corrosión ha llegado actualmente al punto donde se pueden garantizar impresionantes reducciones en costos y pérdidas anuales mediante el estudio y la aplicación de los principios conocidos e información disponible sobre ingeniería de corrosión. A través de trabajos sobre ingeniería de corrosión también pueden obtenerse mejorías en la calidad del producto y en las condiciones de operación con respecto a los riesgos domésticos y de seguridad. El costo del trabajo aplicado en ingeniería de corrosión siempre se recupera varias veces como resultado de un mejor control y de la prevención de esta y de un mantenimiento reducido.

Aunque la mayoría de los problemas de corrosión son demasiado específicos para ser resueltos por medio de la aplicación directa de datos generales sobre corrosión, con frecuencia es posible orientarlos hacia un plan de acción o estudio que proporcione una solución. Existe una gran literatura publicada sobre el tema corrosión y sus múltiples facetas tanto desde un punto de vista práctico como teórico, y generalmente vale la pena dirigirse a ella a través de alguna revisión de resúmenes. Muchos de los vendedores de materiales resistentes a la corrosión proporcionan servicio de asistencia técnica, y la experiencia obtenible de estas fuentes con frecuencia puede contribuir, en condiciones específicas, al control o a la eliminación de la corrosión.

Los diferentes tipos de corrosión que existen en los materiales metálicos son:

- General o uniforme.
- Por picaduras.
- Por esfuerzo.
- Fragilización por hidrógeno.
- Por agrietamiento.
- Galvánica.
- Por deszincificación.
- Por grafitación.
- Intergranular.
- Por erosión.
- Por desgaste.
- Por oxidación.
- Por sulfuración.

Materiales no metálicos: La contaminación metálica de los productos ha llegado a convertirse en un tema muy importante y, en ciertos casos, es la responsable de las limitaciones en el empleo de metales para equipo de proceso. El uso de materiales no metálicos, en particular los plásticos y los elastómeros, han resultado tener mucho éxito para evitar tanto la contaminación de los metales como la corrosión.

### IV.3. Equipo de seguridad para la protección del operador

Aún cuando lo fundamental en cualquier esfuerzo en pro de la seguridad es la corrección del ambiente físico, de forma que los hechos no deseables no se produzcan, es en ocasiones necesario, por razones económicas o de conveniencia, salvaguardar al personal, equipando a este en forma individual con equipo protector personal especializado. Por ejemplo, en un taller, sería deseable suprimir todas las fuentes que originan el vuelo de particular de forma que se reduzca a cero la posibilidad de lesiones en los ojos, o por lo menos reducirlas hasta un grado insignificante. Sin embargo, en muchas situaciones reales en los talleres resulta demasiado costoso o no es práctico realizar en forma satisfactoria este propósito. Puede ser entonces necesario protegerlos ojos del personal del taller mediante el uso del equipo adecuado. En otros casos resulta prácticamente imposible idear un procedimiento seguro de trabajo que garantice que no hay probabilidades de que se produzcan lesiones evitables. Por ejemplo, en el trabajo de construcción existe la posibilidad de que una herramienta de mano, un remache, u otro objeto semejante, relativamente pesado, caiga desde un nivel elevado y golpee la cabeza de otra persona que trabaja más abajo. Es necesario en tal caso que los trabajadores de la construcción porten protección en la cabeza.

Se reconocerá que el uso del equipo protector personal constituye una consideración importante y necesaria en el desarrollo de un programa de seguridad. Sin embargo, como hasta cierto punto es necesario depender del equipo protector personal, se da en ocasiones la tentación de emplearlo sin intentar previamente investigar en forma escrupulosa los métodos posibles para corregir la situación peligrosa. Esto se traduce en una sustitución, consistente en utilizar dispositivos protectores de personal en lugar de aplicar métodos de ingeniería de seguridad para corregir la situación en un ambiente peligroso. El ingeniero de seguridad con experiencia encontrará casos frecuentes, por ejemplo, en los talleres que emplean solventes tóxicos en grande cantidades como para hacer necesaria la instalación de un sistema de evacuación de los gases, pero en estas situaciones los empleados son equipados con respiradores como medida de seguridad. La responsabilidad para mantener la seguridad en tal caso se ha cumplido de una manera mínima, pero las medidas de control no pueden considerarse como adecuadas.

Los trabajadores no ven con gusto, por su incomodidad, el empleo de dispositivos de protección personal. En consecuencia este equipo puede ser alterado por sus usuarios, tratando de obtener mayor comodidad, lo que se puede traducir en una disminución de la efectividad del aparato protector. Como resultado no se obtiene la seguridad máxima que el equipo podría suministrar. Por otra parte la eficacia productiva y la moral de los trabajadores será mayor cuando el ambiente sea corregido, que cuando se ven obligados a portar equipo de protección poco cómodo.

### IV. 3.1. Protección de los ojos

Se cuenta con equipo específico para la protección contra la posibilidad de que los ojos sean golpeados por objetos duros y pequeños, expuestos a vapores irritantes, rociados con líquidos irritantes, irritados por la exposición a la energía radiante, tales como los rayos ultravioleta producidos por el arco eléctrico que se produce en operaciones de soldadura eléctrica.

En general el equipo protector de los ojos debe acoplarse cómodamente y ofrecer una protección a los ojos de acuerdo con la recomendaciones del ANSI (American National Standard Institute). De acuerdo con estas especificaciones los fabricantes producen sus propios diseños. Por ejemplo la protección contra partículas suspendidas en el aire, debe requerir que el equipo de protección de los ojos se ajuste estrechamente alrededor de la cavidad o cuenca del ojo, pero hay que suministrar orificios de ventilación en lugares adecuados para evitar que las gafas se cubran de vapor. El método para disponer la ventilación de las gafas variará; en un caso podrá emplearse una rejilla de alambre en lugar de un lente de cristal, por razón de la mayor capacidad para la ventilación que así se obtiene; sin embargo, si la exposición es a vapores irritantes, será necesario que el dispositivo de protección no solo asiente bien alrededor de la cuenca del ojo, si no que habrá que estar completamente cerrado de forma que los vapores en el aire no hagan contacto con el ojo.

Los materiales utilizados en la construcción del equipo protector de los ojos deberá ser no corrosivo, fácil de limpiar, y en muchos casos no inflamable, y la parte transparente, deberá ofrecer el campo de visión más amplio posible, sin distorsión apreciable o efecto de prisma.

Cuando resulte necesario que un trabajador use anteojos, es aconsejable que el equipo protector de los ojos se suministre con las lentes correctoras, cortadas con la graduación que necesite el usuario. Pueden obtenerse gafas para la protección de los ojos que se acomoden sobre el tipo normal de lentes, pero en tal caso es necesario que las gafas protectoras cuenten con surcos lo suficientemente profundos como para ajustarse cómodamente sobre los cristales de prescripción. Esto puede afectar la comodidad del usuario, a la vez que restringe en forma considerable su campo de visión.

El equipo para proteger los ojos de materiales suspendidos en el aire, debe estar equipado con lentes de acuerdo a las recomendaciones del ANSI, en cuanto a la resistencia al impacto de los lentes y otros requisitos. En ciertas operaciones, tales como el soldado, o el trabajo en piedras para esmerilar, los lentes protectores

pueden resultar arañados. Para evitar que la superficie endurecida de los cristales de seguridad sufra y mantenga su visibilidad a un nivel elevado, es conveniente colocar una cobertura formada por lentes, de cristal delgado o de plástico, sobre la superficie exterior de los cristales endurecidos de seguridad. Estas lentes protectoras tienen la ventaja de ser fácilmente reemplazadas cuando quedan arañadas, y resulta difícil por lo tanto ver a través de ellas, y su costo es considerablemente menor que el de las lentes de seguridad.

En los casos en que se usan los plásticos para proteger los ojos contra los productos químicos, los materiales plásticos pueden mostrar una reacción a ciertos productos químicos, pero invariablemente detendrán con éxito las salpicaduras, y darán a los ojos la protección deseada. En situaciones de operación en que los ojos estén expuestos a salpicaduras de materiales calientes, el plástico puede resultar en cierta forma superior al vidrio. Los materiales plásticos pueden ser fabricados de forma que transmitan la luz tan satisfactoriamente como los lentes de cristal. Sin embargo, los protectores de los ojos en lámina plástica curvada puede introducir efectos prismáticos indeseables.

Para la protección contra el resplandor y la energía radiante, tal como en el caso de la luz ultravioleta, es necesario utilizar lentes de filtro. El equipo para los ojos debe contar con una pantalla opaca, con el objeto de reducir la posibilidad de que la luz sea transmitida a los ojos a través de los lados de los lentes o por la parte posterior de estos.

En donde las condiciones son tales que se está sometido al riesgo de materiales que salpiquen o de partículas en vuelo, además de la luminosidad visible y la energía radiante, deberán utilizarse gafas tipo copa para trabajo pesado, con lentes de seguridad de filtro templado. Un procedimiento razonable al escoger equipo protector de los ojos, consiste en seleccionar el equipo hecho y vendido por fabricantes y distribuidores dignos de confianza, y utilizarlo en la forma que ellos recomienden. Hay una gran variedad de equipos disponibles para la protección de los ojos, cada uno de los cuales posee ciertas características y ventajas para una aplicación adecuada.

### **IV.3.2. Protección de la cara y los ojos**

En algunas operaciones es necesario seleccionar una protección que cubra la totalidad de la cara, y en algunos casos se requiere que la protección de la cara sea lo suficientemente fuerte para que los ojos queden salvaguardados del riesgo ocasionado por partículas suspendidas en el aire relativamente pesadas.

Las protecciones para la cara están generalmente suspendidas de una banda que rodea la cabeza, y pueden ser articuladas de forma que el levantarlas y bajarlas se haga con facilidad.

En la mayoría de los casos el material protector es de plástico. Las especificaciones pueden requerir que el plástico sea no inflamable, y que sus superficies presenten resistencia a los arañazos durante un empleo normal. No deben tener fallas que molesten al usuario con unos efectos de visión distorsionada, y la pantalla debe de ser lo suficientemente fuerte como para resistir deformaciones por el impacto, el empleo ordinario, y situaciones de temperatura y humedad.

Hay varios tipos de equipo protector para la cara y los ojos. Los cascos de los soldadores constituyen una protección especial contra el salpicado de metales fundidos, y contra la radiación producida por las operaciones de soldado. Estos cascos deberán ser fabricados con materiales que aislen el calor y la electricidad, y que no ardan fácilmente (las pantallas metálicas no son convenientes, ya que se calientan al absorber la radiación infrarroja) las pantallas deben cubrir suficientemente la cara por ambos lados, de forma que las orejas también estén protegidas. Generalmente la ventana del casco por la cual se ve al exterior, está diseñada, para acomodar los lentes de filtro adecuado. Es aconsejable usar una protección de cristal colocada frente a los lentes de filtro más costosos, con el objeto de protegerlos contra erosiones y otros daños. Esta protección de cristal debe ser restituida cuando la superficie llegue a estar tan marcada o tan rallada que moleste al usuario.

En operaciones tales como el vertido de metal, en las que hay peligro de salpicaduras del metal, pero no riesgos de radiación de calor, puede utilizarse una protección de la cara con una ventana de rejilla de alambre, en lugar de los materiales transparentes habituales, la rejilla de alambre facilita una ventilación mucho mejor en las operaciones calientes y húmedas, reduciendo la posibilidad del empañado.

Los capuchones constituyen una protección de cara y ojos utilizadas en situaciones altamente especializadas. El capuchón está hecho en materiales resistentes dependiendo de la situación que representa el riesgo, fijándose una ventana en la parte delantera del capuchón a través de la cual puede ver su usuario. Las operaciones que implican el manejo de productos químicos altamente cáusticos, o la exposición a un elevado calor, tal como en el servicio contraincendios, requiere del empleo de tales protecciones.



### IV.3.3. Protección de los dedos, las manos y los brazos

Más de la tercera parte de las lesiones incapacitantes ocupacionales que se producen en el ámbito nacional afectan a los dedos, las manos y los brazos. Por razón de la aparente vulnerabilidad de los dedos, las manos y los brazos, frecuentemente se requiere del uso de equipo protector. Los fabricantes ofrecen una amplia variedad de tales equipos, adecuados para muchas operaciones especializadas, pero el tipo más común es el guante, o alguna adaptación del mismo. El amplio uso de los guantes protectores, o de un equipo semejante, merece la consideración correspondiente a sus aplicaciones recomendadas. En general debe recordarse que los guantes no se recomiendan en el caso de operadores que trabajen en máquinas rotativas, porque hay la posibilidad de que el guante sea atrapado por las partes giratorias, forzando así la mano del trabajador al interior de la máquina. Los guantes deben ser seleccionados cuidadosamente para cada operación específica y la protección que ofrece el producto no debe lograrse con un aumento del riesgo que tenga que correr el trabajador.

En los casos en que los guantes sean utilizados para proteger las manos de los trabajadores contra las soluciones químicas, dichos guantes deberán ser suficientemente largos como para subir muy por encima de la muñeca, pero habrán de ser diseñados de forma que el ensanchamiento superior no atrape algunas salpicaduras, introduciendo así el líquido al interior del guante. Los guantes de este tipo deben ajustarse firmemente al antebrazo. Esto se aplica igualmente a los guantes de asbesto. Es aconsejable que las mangas queden colocadas por fuera de las manoplas de los guantes.

Los guantes, las plantillas y los mitones reforzados con tiras de metal a lo largo de la palma para obtener una mayor protección contra los objetos agudos y un mejor medio para sostener los materiales que sean manejados, no deberán ser en ningún caso utilizados en el curso de operaciones en donde se empleen aparatos eléctricos.

Los guantes de goma constituyen habitualmente un medio práctico para proteger las manos contra soluciones líquidas. Sin embargo, los compuestos derivados de productos del petróleo tienen un efecto deteriorante sobre la goma natural, y por lo tanto es necesario elegir guantes fabricados de goma sintética, por ejemplo, de neopreno.

Los linieros y otras personas que trabajan con equipo eléctrico de alta tensión, requieren el empleo de guantes de goma especialmente hechos y probados.

El guante de goma se usa habitualmente bajo un guante pesado de cuero, para protegerlo de cortes, roces y picaduras que puedan reducir su efecto protector. Es absolutamente esencial contar con un programa de prueba e inspección de los guantes de goma de los linieros, y aquellos productos que no reúnan las especificaciones originales deberán ser descartados sin demora.

#### **IV.3.4. Protección del pie y la pierna**

La protección normal de los pies utilizada en la industria es el zapato "de seguridad" con punta metálica. Las especificaciones correspondientes a este zapato han sido recomendadas por ANSI. Dichas normas especifican un zapato de construcción robusta y sólida, con protección de acero en la parte de los dedos, y provista de rebordes que descansen en la suela del zapato. Debe poder resistir una carga estática de 1758 kg, o resistir una carga de impacto equivalente a 22.7 kg que cae desde una altura de 30.5 cm. El interior de la caja metálica protectora de los dedos del pie no debe quedar a menos de 1.3 cm de la superficie superior de la suela como consecuencia de cualquiera de ambas pruebas.

Los zapatos con puntas de seguridad metálicas son construidos para una amplia variedad de situaciones de trabajo. Por ejemplo, un supervisor de un departamento puede seleccionar un tipo "elegante" de zapatos de seguridad, que resultará difícil diferenciar de cualquier otro zapato bien hecho, en tanto que los trabajadores en una fundición pueden obtener zapatos especiales que se ajustan perfectamente por encima del tobillo, pero que pueden ser eliminados rápidamente para proteger al usuario contra la posibilidad de una quemadura por metal que pueda entrar en el zapato. Otros tipos especializados incluyen los zapatos diseñados para reducir la posibilidad de que se produzca electricidad estática en el usuario (zapatos conductores), zapatos hechos sin partes metálicas (contra chispas), para reducir la posibilidad de que pueda producirse una chispa cuando el usuario camina sobre una superficie abrasiva, y zapatos no conductores, que protegen al usuario mediante un aislamiento eléctrico hacia la tierra.

En ciertas ocupaciones en que existe la posibilidad de que caigan sobre el pie pesos superiores 25 kg, resulta necesario utilizar protecciones especiales para los pies. Estas están hechas de metal de calibre grueso, con costillas, y cubre con metal corrugado el pie, desde la punta hasta el tobillo. Las especificaciones de estas botas requieren que sean capaces de resistir el impacto de un objeto de por lo menos 130 kg que caiga desde una altura de 30.5 cm, cuando el rebote de la protección este descansando sobre una superficie firme y plana, sin sufrir una deformación tal que el pie protegido pueda resultar lesionado.

### IV.3.5. Protección contra el ruido

Los sonidos son escuchados cuando, en condiciones de presión atmosférica normal, se producen variaciones de una magnitud suficiente. Estas variaciones llegan al oído como diferencias de presión, y son transmitidas por el mecanismo auditivo al cerebro. La protección contra los ruidos indeseables que excedan los niveles de exposición al ruido permitidos se realiza preferentemente reduciendo el ruido de su propia fuente. Esto requiere habitualmente la aplicación de ingeniería que elimine o reduzca el sonido eliminando sus causas o reduciendo los efectos de su transmisión, mediante barreras adecuadas al ruido.

Aún cuando la mayor parte del sonido llega al oído interior a través del canal auditivo (conducción mediante el aire hacia el oído interior), y esta energía sonora puede ser bloqueada mediante un protector en la oreja, una parte importante del sonido puede ser transmitida al oído interior por los huesos de la cabeza. Los dispositivos para la protección del oído no pueden reducir el sonido que llega al oído interior en más de 50 decibeles aproximadamente. En la práctica otros efectos pueden limitar todavía más dicha reducción.

Hay tres tipos generales de protectores del oído:

1. El tapón: Puede ser moldeado en goma suave, materiales plásticos duros, conformados para acomodarse al canal auditivo del usuario o con materiales moldeables que el usuario puede ajustar a sus propios canales auditivos. Pueden igualmente estar compuestos por metales o gomas suaves, con unas válvulas diseñadas para cerrarse cuando la presión del sonido es muy elevada.
2. La almohadilla o dona: Estos son dispositivos que se mantienen en posición desde las orejas por medio de bandas que cruzan la cabeza, y pueden estar fabricados en goma, kapok, o con metal y goma, con variaciones en sus diseños para discriminar contra determinadas frecuencias sonoras.
3. El casco: Actualmente se realizan pruebas para crear un casco (semejante a los de vuelo o colisión) con una alta capacidad de reducción del ruido. Para una mayor efectividad contra niveles extraordinarios de ruido de alta intensidad puede ser necesario que envuelva la cara, igual que el resto de la cabeza.

Un factor que afecta la eficacia de los dispositivos protectores del oído es la amplia variación en tamaño y forma del oído humano. Un mismo protector del oído puede tener formas muy diferentes de acuerdo con su uso en diferentes oídos.

La reducción del ruido, lograda mediante un dispositivo para el oído, puede expresarse con relación a la frecuencia, ya que en general su efectividad varía según la frecuencia que se tenga en ese momento.

Una característica en el uso de los tapones para el oído, que puede parecer paradójica, consiste en que en presencia de altos niveles de ruido el usuario de un tapón mejora su comprensión de la palabra aún en presencia del ruido.

La solución para cualquiera de los problemas que pueden ser asociados con el ruido ocupacional no se encuentra necesariamente en el uso de un dispositivo protector del oído.

Se considera importante recurrir a la supervisión médica para la adaptación de los tapones en los oídos y para explicar su uso y cuidado. Los tipos permanentes de tapones son lavables. Una limpieza regular de los mismos es importante por razones de higiene. Los protectores que se contaminan o quedan recubiertos con cera endurecida, pueden causar incomodidad o causar infección al oído medio. En las ocupaciones en que los niveles de ruido por encima de 5 decibeles son habituales, puede resultar conveniente mantener un informe audiométrico de todos los empleados expuestos al ruido. Es preferible que estos informes se inicien cuando el empleado empieza su trabajo en el departamento, repitiéndolo con intervalos de 30 días. Este informe permitirá una estrecha información de la percepción auditiva del personal, y facilitará la selección de aquellos trabajadores más susceptibles al ruido, de forma que puedan ser trasladados a otro departamento o a otra ocupación.

#### **IV.3.6. Equipo respiratorio protector**

En donde los procesos industriales crean contaminantes atmosféricos que pueden ser peligrosos para la salud de los trabajadores, la primera consideración debe ser siempre la de aplicar medidas de ingeniería y en parte controlar los contaminantes. En algunos casos, como en las que se indican a continuación, las medidas de ingeniería no son prácticas, y los trabajadores habrán por lo tanto de recibir un equipo protector respiratorio personal.

*Las situaciones de emergencia:* En donde el personal está expuesto a concentraciones de contaminantes que tienen un efecto rápido y peligroso sobre la vida o la salud durante cortos periodos de tiempo, requieren el empleo de protección que den una completa protección respiratoria, en la que se incluya

protección adicional por si se produce una falla momentánea en el dispositivo en el momento en que el trabajador se encuentra expuesto a la atmósfera peligrosa.

*Las situaciones de no emergencia:* Corresponden en general a las operaciones normales o de rutina que exponen a los trabajadores a la atmósfera cuando esta no presenta un peligro rápido y grave contra la vida y la salud, pero que puede producir enfermedades crónicas, incomodidad muy marcada, o pueden resultar en daños físicos permanentes, o incluso la muerte después de exposiciones repetidas o prolongadas

Unos cuantos principios generales deberán ser tenidos en cuenta al llevar a cabo la selección de un dispositivo respiratorio.

1.- Los respiradores con cartuchos químicos son adecuados únicamente en atmósferas que no son peligrosas a la vida, y que contengan un porcentaje de contaminantes que no exceda del 0.1% por volumen. Estos respiradores no deben ser utilizados para los contaminantes:

- a) Que sean extremadamente venenosos en muy pequeñas concentraciones (cianuro de hidrógeno).
- b) Los que no sean absorbidos con efectividad por procedimientos químicos (monóxido de carbono).
- c) Los que no sean fácilmente identificables por su olor (cloruro de metilo o ácido sulfúrico).
- d) Los que sean irritantes para los ojos (anhídrido sulfuroso).

2.- Las máscaras contra gases del tipo de bote de hojalata deben ser limitados al uso en la atmósfera que no tengan deficiencia en oxígeno, o en donde los contaminantes tóxicos no excedan un 2% en concentración por volumen.

#### **IV.3.7. Equipo especial**

Las situaciones de emergencia requieren con frecuencia el empleo de equipos especiales. En casos tales como el intento de apagar fuegos en un avión, o llevar a cabo el salvamento, o un trabajo de reparación, en atmósferas que son extremadamente corrosivas para la piel y las membranas mucosas, o que sean altamente tóxicas o peligrosas para la vida, se requerirá el empleo de dispositivos protectores personales, con diseños especiales.

En tales casos, los trabajadores habrán que utilizar un revestimiento completo fabricado con material que proteja al usuario contra el ambiente peligroso. El asbesto y los tejidos que reflejan la energía radiante pueden ser necesarios en el caso de los que combaten fuego en los aviones; los trajes de goma (u otro ejido que no resulte afectado) será necesario para el uso en plantas productoras de químicos. Como la cabeza del usuario habrá de estar envuelta por el material protector, el usuario deberá contar con un suministro de aire o un aparato autocontenido de oxígeno, incluido en el capuchón protector.

Al elegir tales trajes es necesario escoger un fabricante digno de confianza, ya que no se cuenta con normas para el diseño de este tipo de equipo. Cuando el traje protector está hecho de material no afectado por la humedad conservará la humedad que se desprenda del usuario, creando un gran nivel de humedad dentro del traje, lo cual es causa de gran incomodidad. En tales casos resulta aconsejable dotar al traje con aparato suministrador de aire, cuya manguera habrá de ser conectada a la máscara así como al traje en sí, con el objeto de facilitar su ventilación.

# **CAPITULO V**

## **COSTOS DE MANTENIMIENTO**

## **V.- Costos de mantenimiento**

La estimación en materia de mantenimiento, se define como el proceso de predecir los costos antes de que se haya realizado el trabajo. Con esta premisa, la estimación es la base de la mayor parte de herramientas administrativas utilizadas para la dirección efectiva del trabajo de mantenimiento. Incluso cuando no se utiliza el término "estimación" o se admite que el proceso forma parte de un trabajo normal conocido, siempre existe una opinión o duda sobre cuanto va a durar. La efectividad de la operación puede depender de lo bien que esta opinión se vea confirmada por hechos reales.

El control de los costos de mano de obra, por ejemplo, pueden conseguirse estableciendo niveles de costo, programando la sucesión de trabajos para limitar las horas extraordinarias, regular el número de trabajadores y conseguir que se trabaje con plena ocupación (todo ello basado sobre costos estimados). Las decisiones sobre si es mejor hacer o comprar, los métodos de mejora y los costos de control conjunto están necesariamente basados sobre costos estimados. Incluso los proyectos que no necesitan estimaciones para su desarrollo y ejecución dependen de las estimaciones para su aprobación. Por lo tanto, la estimación constituye la base para la administración del trabajo de mantenimiento.

### **V.1. Consideraciones básicas para la estimación**

La estimación de un costo de mantenimiento se basa fundamentalmente en los dos siguientes factores:

1. Lo que se conoce del trabajo, esto es, su necesidad, su contenido, sus condiciones y su urgencia.
2. La forma en que se utilizará dicha estimación.

Estos dos factores determinan como debe hacerse la estimación, cuál de las muchas técnicas de estimación se aplicará, y el grado de detalle que se requerirá. Por lo tanto, un estudio sobre como debe efectuarse la estimación incluye los siguientes puntos generales:

#### **V.1.1. Clasificación del trabajo**

Lo que el estimador conoce del trabajo viene determinado por el grado en que el trabajo puede ser planificado antes de empezarlo. Donde mayor sea la información se consigue una mayor planificación, unas mejores estimaciones y, por lo general, unos mejores costos.



Muchos encargados de mantenimiento piensan que todo su trabajo es una labor de emergencia y en consecuencia, tanto la planificación como la estimación no tienen razón de ser. Para evitar las limitaciones obvias que resultan de adoptar esta posición, es importante tener una valoración real de la clasificación del trabajo en cada instalación individual. Esto significa que las verdaderas emergencias deben separarse del trabajo que puede ser planificado.

### **V.1.2. Utilización de las estimaciones**

El grado de detalle de la estimación y, por lo tanto lo que debe gastarse en la misma y que esté justificado para una situación determinada depende principalmente del uso que debe hacerse de la estimación. Un método fácil para determinar el grado relativo de detalles nos da la comparación de una lista guía que nos sirve de referencia.

La siguiente lista esta confeccionada de modo que aproximadamente sigue un grado de detalle creciente. A la hora de escoger el método de selección debe ser siempre considerado junto con otros criterios.

1. Determinación de la cantidad requerida.
2. Evaluación de las ordenes de trabajo pendientes.
3. Previsiones a largo plazo.
4. Evaluación de la compra de equipo recomendada.
5. Evaluación de los distintos métodos propuestos.
6. Decisiones de compra o fabricar con volumen de dinero anual limitado.
7. Programación de trabajos mediante el método del camino critico.
8. Programas mensuales y previsiones de trabajo-carga.
9. Informes de control de costos de la ejecución del trabajo a nivel de instalación.
10. Programas semanales y distribución de la mano de obra.
11. Informes de control de costos a nivel de departamento.
12. Incentivos de grupo a nivel de instalación.
13. Informes de control de costos individuales.
14. Distribución diaria de mano de obra y programas de trabajo.
15. Decisiones de fabricar o comprar volumen anual de dinero elevado.
16. Incentivos de grupo semanales a nivel de departamento.
17. Incentivos diarios para pequeños grupos.
18. Incentivos individuales semanales.
19. Incentivos individuales diarios.

## **Costos de carencia de mantenimiento**

Una importante aplicación de los procedimientos que no se acomoda a ninguno de los ejemplos descritos hasta ahora, es la determinación o predicción del costo de carencia de mantenimiento o reparaciones. Frecuentemente tienen un valor mucho más real como herramienta administrativa el conocer cuanto nos costaría el no hacer un trabajo que estimar el costo del mismo. Estas estimaciones incluyen generalmente la evaluación del costo de la producción perdida así como el costo de los posibles daños que pudieran ocasionarse en el equipo y en el material. Estas transformaciones afectan directamente a importantes decisiones administrativas tales como las que se refieren a parar la producción, a la autorización de horas extraordinarias y al mantenimiento de la misma cantidad de mano de obra disponible. Frecuentemente la aplicación de los puntos de vista de la ingeniería industrial a situaciones típicas está expuesta a la aplicación de soluciones falsas muy caras. Por ejemplo. ¿Debe llamarse en domingo a una cuadrilla de mantenimiento de cuatro personas, pagándoles el doble para reparar una máquina cuando dicho trabajo lo podrían haber hecho el viernes dos operarios libres en un tiempo de cuatro horas?. La respuesta a esta pregunta no está clara a menos que se considere cuidadosamente la situación. Sin embargo el grado de precisión no debe ser tan importante como si se consideran factores de mayor trascendencia.

### **V.1.3. Personal que preparará las estimaciones**

Las estimaciones las pueden hacer adecuadamente cualquiera de los cuatro grupos de personas siguientes: capataces, ingenieros, planificadores y los encargados de aplicar los porcentajes de trabajo. La pregunta sobre quien debe hacer la estimación se contesta adecuadamente cuando se ha establecido el método de estimación adecuado que se adapte mejor a las circunstancias existentes. Cada grupo está mejor preparado para, o puede desempeñar mejor, un tipo particular de procedimiento de estimación.

### **Estimación por parte del capataz de mantenimiento**

Este tipo de estimaciones son generalmente las más rápidas y fáciles de obtener, pueden ser basadas en una información de alcance limitado y pueden hacerse sin necesidad de ningún informe formal u otros controles. En algunos casos puede ser necesario admitir esta estimación como única respuesta viable. Cuando para la utilización que debe hacerse de la estimación tanto da que la utilización sea aproximada o bien detallada o cuando parezca que no sea posible asegurar una información más avanzada acerca del trabajo, la estimación del capataz puede ser la mejor. Además, el capataz debe estar familiarizado con el trabajo para poder repartirlo y supervisarlo, mientras que para otra persona planificar y estimar supone realizar el doble de su trabajo

normal. Esto podría suponer que no es necesario contar con planificadores y estimadores además de los capataces, pues estos podrían realizar todas las estimaciones. Pero no es así, pues pocas son las tareas de mantenimiento cuyo rendimiento no pueda ser incrementado en 5 o un 10% o más, mediante una buena supervisión. Si, por ejemplo, cada uno de los cuatro capataces de cuatro departamentos de 20 hombres se dedicaran exclusivamente a supervisión dos horas al día, en lugar de dedicar este tiempo a efectuar estimaciones y con ello se consiguiera una reducción de costos del 5%, el ahorro conseguido sería casi cuatro veces mayor de lo que cobre un estimador que trabaje ocho horas al día.

Las estimaciones que efectúe el capataz deben limitarse a situaciones que no interfieran con la necesaria supervisión y cuando no sea posible emplear procedimientos más detallados.

### **Estimaciones por parte del ingeniero**

También aquí, el origen y la disponibilidad de información de alto nivel y la finalidad de la estimación indican cuál es el método de estimación que debe utilizarse. La elección del procedimiento determinará quien debe hacer la estimación.

El proyecto de la mayor parte de construcciones industriales y la selección o proyecto del equipo necesario puede necesitar estimaciones del costo de la mano de obra, así como de los precios de compra de los materiales y de las condiciones del contratista. Aunque los capataces de mantenimiento o los planificadores pueden servir como elementos de consulta, los distintos tipos de proyectos que se presentan hacen que generalmente sea necesario el concurso de los ingenieros para realizar dichas estimaciones.

Para que los ingenieros puedan estimar normalmente los proyectos de reparación, es necesario que el procedimiento de estimación sea el de obtener los precios de los equipos y las condiciones de los contratistas y particularmente si la información que se estima afecta visiblemente a las decisiones del proyecto. Por el contrario, los ingenieros no podrán llevar a cabo dichas estimaciones si el procedimiento puede ser realizado de un modo más efectivo por el planificador del mantenimiento o por el capataz del mismo porque el trabajo que debe realizar el personal de mantenimiento es una parte importante de la tarea.

### **Estimaciones por parte del planificador**

Quedan muy pocos capataces de producción que realicen la amplia gama de actividades que se suponía que debían realizar hace 30 años. La

programación, el cronometraje, la administración de sueldos y salarios, y la mejora de métodos son hoy en día desarrollados y ejecutados por el equipo de dirección, con lo que el capataz queda libre para controlar al personal que le corresponde.

El concepto "planificación del mantenimiento" es reconocido hoy en día como una de las etapas importantes para dar al capataz de mantenimiento algunas de las ayudas que presta el equipo como ya se considera usual en producción. Aunque el ámbito de actuación de este equipo varía según sea el tipo de instalación, incluirá casi siempre las estimaciones. El tipo de estimación que realice el planificador puede también variar en gran manera. De hecho, una de las principales ventajas que se tienen cuando son los planificadores que realizan la estimación, es la flexibilidad de poder utilizar varios medios de estimación para abarcar distintas situaciones. Las estimaciones realizadas por los ingenieros y los capataces solo pueden ser utilizadas de un modo ideal para un margen limitado de problemas de estimación; los procedimientos que utilice el planificador se adaptan prácticamente a cualquier necesidad.

En la mayor parte de los casos, la obtención de la información acerca del trabajo es una responsabilidad básica del planificador. Como es el que conoce la finalidad de la estimación, está en una situación ideal para decidir cual es el procedimiento de estimación más adecuado.

### **Estimación por parte del encargado de aplicar porcentajes de trabajo**

Cuando se aplican valores estandarizados muy detallados a las operaciones de mantenimiento para la medida del ritmo de realización o para calcular los incentivos, algunas tareas pueden estar "basadas" o "realizadas" a partir de datos básicos durante la misma ejecución del trabajo o una vez que esta halla sido terminada. Aunque estos valores estandarizados no pueden llamarse propiamente estimaciones, según se ha dicho, las personas que las aplican están bien preparadas para realizar estimaciones pudiendo utilizar una gran gama de estas.

#### **V.1.4. Principales técnicas de estimación**

Análisis significa literalmente separar los elementos o partes constituyentes. Esta es la herramienta más importante que puede utilizar el estimador. Cuando se divide sus partes componentes, el proyecto más complejo se convierte simplemente en una serie de tareas típicas. A menos que se realice un análisis adecuado, la mayor parte de métodos de estimación no tienen ningún valor práctico.

El análisis es la más importante herramienta que puede utilizar el estimador, no solo porque se depende de ella para la obtención de los resultados sino también por el tiempo que lleva. En una aplicación típica de la estimación detallada de la reparación de un taller de maquinaria, la separación del trabajo total en diversas operaciones requiere del 90% del total del tiempo estimado, mientras que la estimación real requiere el 10% restante. Por lo tanto, es esencial que el grado de análisis de una tarea determinada esté de acuerdo con las otras fases del método de estimación de la misma tarea, de un modo especial con la última utilización de la estimación y el marco en que se sitúa la información de la que puede disponerse.

En muchos casos, las opiniones basadas en experiencias personales acaban de completar la precisión adecuada para una situación particular, con un costo de estimación mínima. Para obtener buenos resultados es esencial tener una clara definición del alcance del trabajo y un análisis acorde con la experiencia del estimador.

Los principales problemas que pueden oponerse a las estimaciones que están basadas en opiniones personales es la falta de pruebas que demuestren su consistencia. Con una definición clara de la tarea, con un análisis cuidadoso, y con estimadores con experiencia, las estimaciones resultantes pueden estar dentro de los márgenes de precisión tolerados y aún así no inspiran confianza simplemente porque su grado de precisión no puede ser probado, incluso ni de una manera relativa.

Este problema puede intensificarse por la tendencia a la utilización en las estimaciones de números exactos cuando en realidad sería más apropiado utilizar cifras redondeadas, con el resultado inevitable que si se estima la misma tarea otra vez, se le atribuirá una estimación diferente.

### **Clasificación por comparación**

Las dos objeciones principales que se oponen a las estimaciones basadas en opiniones subjetivas pueden ser parcialmente resueltas utilizando otro método llamado "clasificación por comparación", en el que se clasifica a la tarea dentro de un intervalo determinado de costos o tiempos. La clasificación está generalmente basada en opiniones subjetivas, pero estas opiniones pueden estar guiadas mediante la comparación con "puntos de referencia", constituidos por tareas normalmente típicas para las que se conocen sus costos reales y los intervalos en los que están clasificados. Haciendo las estimaciones a partir de esta clasificación por comparación o intervalos de costos, se evitan las diferencias insignificantes entre tareas o estimaciones.

La técnica de la clasificación por comparación se utiliza también para la aplicación de "valores estándar" para tareas repetitivas basadas en las acumulaciones de datos correspondientes a costos promedio reales. El costo promedio que se obtiene puede ya utilizarse para la programación o bien puede ajustarse mediante un número que exprese la productividad media. En cualquier caso todas las tareas para las cuales sus costos promedio estén dentro de los límites de un intervalo de costos determinado, serán representadas por la cifra que corresponda a este intervalo.

### **Estimación del costo de carencia de mantenimiento**

El costo de la producción perdida y del posible daño que se puede ocasionar en el equipo o en los productos a causa de la falta de mantenimiento, puede ser generalmente estimado a partir de opiniones subjetivas o mediante cifras guías que sirven de base. Los costos de mantenimiento cotidiano serán más reales y útiles, y no es necesario en ellos un alto grado de detalle. Es muy importante considerar cuidadosamente las cifras de gastos fijos. La práctica común de utilizar en contabilidad las horas de trabajo realizadas en las máquinas clave para la distribución de los costos, puede dar lugar a cifras equivocadas si estos módulos horarios se aplican al cálculo del dinero que se pierde por tener una máquina parada. Por ejemplo, la producción que se ha perdido por estar una máquina parada durante dos horas difiere poco del beneficio que puede obtenerse de la misma haciéndola funcionar dos horas extraordinarias con poco aumento de costo, excepto el costo del trabajo de los operarios durante estas dos horas y por la prima de las horas extraordinarias.

Puede obtenerse una valoración aproximada, práctica y útil de las pérdidas en materia o productos, utilizando relaciones promedio entre el costo de la mano de obra y el de los materiales.

### **Valores unitarios**

Los métodos de estimación para los trabajos no repetitivos descritos hasta ahora tienen una importante limitación común: no existe ninguna seguridad de que su aplicación sea real cuando la base en la que se ha fundado la estimación es una opinión subjetiva. Por esta razón, la comparación de resultados entre varios departamentos o la comparación entre los resultados que se han obtenidos anteriormente, no tiene ningún significado. Un incremento de la productividad que esté basado en estimaciones fundadas en opiniones subjetivas puede significar tal vez que los estimadores se han vuelto más generosos. Por desgracia, la suposición de que los estimadores se han vuelto más generosos puede hacerse siempre que las cifras que se obtienen, basadas en una opinión subjetiva, hayan mejorado, aunque la mejora sea bastante real.

El concepto de valores estándar unitarios es muy amplio e incluye una gran variedad de procedimientos de estimación que van desde la estimación del costo total por parte del constructor, por metro cuadrado, a la aplicación de valores elementales de tiempo predeterminados a operaciones específicas de un ramo. Todos tienen la ventaja de estar basados en valores estándar unitarios fijos que pueden volverse a aplicar de una manera consistente. Debe admitirse, sin embargo, que esto no garantiza la exactitud absoluta de la estimación final ya que los valores utilizados están basados de una manera más o menos intensa en condiciones o requisitos promedio. Fundamentalmente, el grado de exactitud probable del resultado es una función del grado de análisis o "punto crítico", de la aplicación de estos valores estándar unitarios.

#### **V.1.5. Método para seleccionar la estimación**

Lo descrito en las secciones anteriores indican que los métodos de estimación para el mantenimiento abarcan un amplio margen de técnicas, utilidades, y costos de aplicación. La consideración más importante que debe hacerse al establecer un programa de estimación es la selección del método más adecuado a cada caso en particular. La tabla 5.1 resume los criterios para la selección del mejor método. Está basada en primer lugar en lo que es conocido acerca del trabajo (lo que está definido y lo que no está), y en segundo lugar en cuál será la utilización que se hará de la estimación, el método que debe utilizarse se indica en la tabla.

**Información sobre el trabajo y planificación**

	Elementos definidos ninguno.	Elementos no definidos: resultados finales, trabajo, métodos.	No están planificadas las emergencias.	Elementos definidos: resultado final.	Elementos no definidos: trabajo y métodos	No están planificadas las averías, las paradas ni la construcción.	Elementos definidos: el resultado final, algunas tareas, algunos métodos	Elementos no definidos: los métodos la modificación de la construcción, la construcción y las partes de repuesto están planificadas; las reparaciones están planificadas parcialmente	Elementos definidos: el trabajo, los métodos (planificados).	Las reparaciones y el mantenimiento están totalmente planificados.	Elementos definidos resultado final, trabajo, métodos (repetitivo) caminos críticos rutinarios y repetitivos y permutaciones.
Uso											
Aprobación equipamiento	Opiniones subjetivas	Opiniones subjetivas	Opiniones subjetivas	Opiniones subjetivas	Opiniones subjetivas	Opiniones subjetivas	Opiniones subjetivas, ajuste	Opiniones subjetivas, ajuste	Muestreo mediante datos elementales o ajuste	Muestreo mediante datos elementales o ajuste	Muestreo mediante datos elementales o ajuste
Métodos, crítico, limitadas de programas mensuales	Opiniones subjetivas, datos anteriores	Opiniones subjetivas, datos anteriores, datos contruidos	Opiniones subjetivas, datos anteriores, datos contruidos	Opiniones subjetivas, datos anteriores, datos contruidos	Opiniones subjetivas, datos anteriores, datos contruidos	Opiniones subjetivas, datos anteriores, datos contruidos	Opiniones subjetivas, datos anteriores, ajuste	Opiniones subjetivas, datos contruidos, ajuste	Datos elementales simples comparaciones basadas en datos	Datos elementales simples comparaciones basadas en datos	Datos elementales simples comparaciones basadas en datos
Controles a nivel de programas instalación, semanales, departamentales, incentivos a nivel de grupo	Datos anteriores mediante relaciones	Análisis del estudio de tiempos, basados en el muestreo, datos contruidos	Análisis del estudio de tiempos, basados en el muestreo, datos contruidos	Análisis del estudio de tiempos, basados en el muestreo, datos contruidos	Opinión basada en análisis detallado, datos elementales simples	Opinión basada en análisis detallado, datos elementales simples	Opinión basada en análisis detallado, datos elementales simples	Opinión basada en análisis detallado, datos elementales simples	Datos elementales	Datos elementales	Datos elementales simples, comparativos, estudio de tiempos
Controles individuales, diarios, programas decisiones hacer o comprar importantes	Datos elementales (verificar el trabajo y los métodos)	Datos elementales (verificar el trabajo y los métodos)	Datos elementales (verificar el trabajo y los métodos)	Datos elementales (verificar el trabajo y los métodos)	Datos elementales (verificar el trabajo y los métodos)	Datos elementales (verificar el trabajo y los métodos)	Datos elementales (verificar los métodos)	Datos elementales (verificar los métodos)	Datos elementales	Datos elementales	Datos elementales, datos de tiempos
Incentivos semanales a nivel de departamento	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (verificar los métodos)	Datos elementales (verificar los métodos)	Datos elementales	Datos elementales	Datos elementales, estudio de tiempos
Incentivos diarios para pequeños grupos, incentivos personales semanales, incentivos diarios	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (aplicar después de la finalización)	Datos elementales (verificar los métodos)	Datos elementales (verificar los métodos)	Datos elementales detallados (verificar detalles)	Datos elementales (verificar detalles)	Datos elementales, estudio de tiempos

**Figura 5.1. Como escoger un método de estimación**



## V.2. Datos para un sistema de costos

Hay dos objetivos generales en cualquier sistema de costos. Uno es proporcionar una actividad de contabilidad con la información requerida para tener un sistema de libros organizados apropiadamente, el otro es proporcionarle al departamento de operación la información requerida para su control interno y la evaluación de su funcionamiento.

El primer paso consistente en una presentación de definiciones y un tratamiento de los términos. El siguiente paso es un tratamiento, bajo el encabezado Acumulación y Distribución de Cargos Indirectos, de los problemas involucrados en una distribución equitativa del equipo indirecto de costos que son difíciles de segregar en unidades cargables a un trabajo o departamento específico. Las etapas o pasos básicos de registros, resumen y distribución están cubiertos en el orden de su aparición normal.

### Definiciones

Hay cinco categorías generales de los gastos del departamento de mantenimiento:

1. Suma o adiciones al capital, que incluyen: equipo nuevo, mejoras, reemplazos.
2. Gastos de reparación, incluyendo: reparación por interrupción, inspecciones de rutina y mantenimiento preventivo, conservación (como por ejemplo pintura), reemplazo por desgaste, reparación del edificio.
3. Gastos de desmantelamiento.
4. Costo de la producción y distribución de servicios, incluyendo electricidad, vapor, agua y aire comprimido.
5. Gastos varios para incluir partidas, tales como: trabajo experimental ya cancelado, limpieza de equipo, servicio de consejería, remoción de basura, otros servicios incluidos en la actividad del departamento de mantenimiento que no estén en ninguna de las categorías anteriores.

### Procesamiento de los costos

A continuación, se intenta tratar el procesamiento de los costos desde los pasos iniciales de registro y resumen, a través de la distribución, concluyendo con el informe de costos en una forma adecuada para la interpretación por la administración y el control que se encuentra en el departamento de mantenimiento.

Se emplean muchos procedimientos por diversas organizaciones para manejar la información de los costos que se originan en el departamento de mantenimiento. La forma exacta seleccionada se considera influida por los procedimientos contables de la planta. En algunos casos el departamento de contabilidad dicta todos los pasos e incluye el registro inicial de la información básica. En otros, el departamento de contabilidad acepta la información resumida, dejando el procesamiento inicial a la discreción del departamento de mantenimiento.

La responsabilidad real para la información de procesamiento de costos varía de una planta a otra. En algunas, el personal de contabilidad o grupos especiales de empleados de costos se responsabilizan de este trabajo, mientras que en otras la responsabilidad descansa enteramente dentro de la organización de mantenimiento. Debido a la relación entre la acumulación y procesamiento de datos de costos y los procedimientos de contabilidad de la planta, se incluye más apropiadamente un tratamiento detallado de este tema en una discusión de la contabilidad de la planta. Por esta razón la siguiente indicación será de naturaleza general orientada a ayudar a una organización de mantenimiento, en el establecimiento de un sistema de información de recabación de costos, y resumen de los mismos que puede adaptarse a los requisitos contables de su empresa matriz.

### **Registro de la información básica**

*Equipo.* El costo del equipo se obtienen normalmente de dos fuentes: la factura recibida del abastecedor en el momento de la compra o del resumen del registro del trabajo que cubre la fabricación de una pieza del equipo dentro de la planta. El flujo normal de facturas para el equipo adquirido se hace a través de un departamento de compras, alguna forma de organización de recepción o de verificación, a través de una sección de contabilización de cuentas por pagar y, finalmente, en el resumen para los costos de mantenimiento. Con la posible excepción de la etapa de verificación, la organización de mantenimiento no se relaciona específicamente con el procesamiento de los costos del equipo comprado, si bien esta información referente a dichos cargos debe estar disponible a una organización de mantenimiento. Desde luego, hay plantas donde, debido a que el departamento de compras no está organizado para las compras de equipo o porque la política dicta que tales compras las maneje directamente la ingeniería de mantenimiento, el procesamiento de estas facturas y el registro de los costos es una función de mantenimiento.

En el caso del equipo fabricado dentro de la planta, la información de costos se recaba en el sistema usual de registro del departamento de mantenimiento, acumulado contra un número de trabajo hasta la terminación del trabajo y el cierre del mismo, y el costo total después de la terminación se puede manejar

como una factura, sin que para su elaboración haya necesidad de que pase a través de cuentas por pagar.

*Suministros:* El costo de los suministros se maneja por muchos métodos diferentes. Si hay un almacén general que sirve al mantenimiento y a otras actividades de la planta o una unidad de almacenes mecánicos, probablemente la política de la compañía es encaminar todos estos suministros al almacén para su distribución posterior. Aquí el procedimiento usual para registrar los costos es alguna forma requisitoria del almacén o el reporte de gastos del mismo. El valor en libros de los suministros se registra en estas solicitudes al momento del retiro, conjuntamente con la información necesaria para la distribución apropiada de los cargos. Esto incluye la designación del trabajo para el cual se retiro el suministro o bien el número del departamento, una descripción del artículo, y su costo. Algunas veces también se registra el nombre de la persona que autoriza el retiro. Esto, desde luego, es más para proporcionar algún grado de responsabilidad que un simple paso en el sistema de registro de costos. Estas solicitudes de almacén o reportes de gastos proporcionan la base para el procesamiento posterior del costo de los suministros.

Con plantas que no tienen una organización formal de almacén se puede manejar el costo de los suministros de muy diversas maneras. En algunos casos la compra de estos se gasta inmediatamente y se convierte en parte de los gastos indirectos del departamento de mantenimiento. Aquí el registro del costo se maneja de una forma similar al del equipo, excepto que el valor de las facturas que cubre los suministros se acumulan en un centro de costos o gastos indirecto.

*Mano de obra:* El registro básico para el costo de la mano de obra es, desde luego, la tarjeta de tiempo, hay sin embargo, diferencias considerables en el empleo de este registro que están influidas por el tamaño de la planta, el grado de exactitud que se puede justificar y los métodos utilizados en otras plantas. En algunos casos los costo de la mano de obra en mantenimiento se registran por empleados especializados localizados en las áreas de operación que registran el tiempo real empleado por los técnicos en diversos trabajos, ya sea por observación del empleado o por reportes de los técnicos al empezar o terminar cada tarea. Este tipo de servicios usualmente es muy costoso para justificarse y se puede modificar al grado de tener un supervisor que distribuya el tiempo total de sus hombres al final de cada semana.

Juntamente con el tiempo real empleado en un trabajo, también deberán registrarse el costo por unidad de tiempo. Esto se puede manejar como una aplicación de tasa directa (peso por hora recibidas por el individuo) o como una tasa promedio para un trabajo específico.

*Servicios exteriores:* El costo de estos servicios se puede manejar de manera muy semejante al costo del equipo, con la factura del servicio formando a la información básica para acumular y resumir el costo de mantenimiento. Por lo general no se hacen esfuerzos para dividir el costo de tales servicios en las diversas componentes de equipo, mano de obra o suministros. Algunas plantas con el objeto de completar el panorama de distribución de costos entre estos elementos importantes, requieren detalles de estas componentes en factura para los servicios exteriores. De esta manera los gastos indirectos del contratista, la utilidad y otros factores indirectos se pueden separar del costo verdadero de mantenimiento. Los gastos indirectos y la utilidad del contratista se pueden clasificar entonces como gastos indirectos de mantenimiento, y las fluctuaciones mayores en la magnitud de los servicios exteriores requeridas no distorsionarán el porcentaje verdadero de los gastos de mantenimiento. Esto es particularmente importante cuando una mayor parte del servicio es mano de obra, y muchos de los costos de ingeniería y otros costos indirectos nacen en el grupo de mantenimiento de planta.

*Gastos indirectos de mantenimiento:* En la mayor parte de las plantas esyos gastos se pueden dividir en dos categorías generales (costo de operación y "alquiler de renta"). La clasificación de operación requiere el registro del costo de suministros, mano de obra y equipo necesarios para operar el departamento de mantenimiento, sin importar el nivel de servicio que presta a la producción. Esto incluiría el costo de los empleados que distribuyen las herramientas, el servicio de limpieza o las reparaciones del equipo de taller, y podrían manejarse de la misma manera que otras partidas de este tipo, excepto que la cantidad cargada es el centro presupuestario o número del departamento utilizado para la acumulación de estos gastos.

La segunda categoría denominada costo de "alquiler", incluiría los gastos indirectos del edificio, servicios, depreciación e impuestos, no registrados por el departamento de mantenimiento sino por un grupo central de contabilidad y derivados del costo total y de las distribuciones establecidas en una base general para la planta.

### **Resumen de los datos de costos**

La finalidad del resumen de los datos del costo general por trabajo de mantenimiento en términos de alguna unidad (trabajo, departamento o tipo de servicio) en tal forma que se puede cargar a donde pertenezca y formar una base para el reporte de funcionamiento por el departamento de mantenimiento o la administración de la planta. Esto requiere el empleo de alguna forma u hoja de resumen en la cual todos los elementos diversos de costo para tal unidad de trabajo se acumulen y se totalicen. Los costos originados por facturas normalmente se registran directamente en este resumen. Las facturas de los almacenes, después de la aplicación de los gastos indirectos, se asientan aquí, así como los cargos distribuidos de los otros centros de costo y el valor de la

mano de obra. Los gastos indirectos de almacenajes y mantenimiento algunas veces se aplican previamente al asentamiento del costo en las hojas de resumen y otras veces se hace en las mismas hojas. El punto exacto en el cual ocurre esto no tiene importancia y debería hacerse con el menor costo de administración y la mayor precisión. Muchas compañías asientan los costos brutos en las hojas de resumen, después distribuyen los gastos indirectos a los diversos artículos. Otras asientan solamente los costos después de la aplicación de los gastos indirectos, esto es, los costos totales. Siguiendo a la terminación de una tarea específica al final de un periodo predeterminado, usualmente un mes, estas hojas de resumen se totalizan y se aplican a los gastos indirectos de la planta, ya sea como una simple unidad o como los diversos elementos que forman los gastos indirectos de la planta. Las hojas de resumen se utilizan después para cualquier resumen posterior: por ejemplo, en el caso de las tareas que deben dividirse entre los centros de costo de producción y para informar de los costos de mantenimiento.

### **Reporte de costos**

El objetivo primario del sistema de costos tiene dos aspectos: distribución equitativa de los costos, y proporcionar un método para control y evaluación del funcionamiento del departamento de mantenimiento. Por consiguiente, el reporte de costos y la distribución de la información de los costos debería adaptarse de mejor manera para satisfacer estos requisitos. Algunas veces estos dos objetivos no parecen ser compatibles. Con frecuencia es necesario un doble reporte. La información requerida para fines contables y la distribución de costos con frecuencia no se acumula ni se reporta en una forma adecuada para el control interno del departamento de mantenimiento. En forma considerable, es necesario mayor detalle en el reporte final de la información de costos que se utilizará para el control de los mismos por los departamentos de producción que el necesario para fines estrictamente contables. De modo normal, los departamentos de producción necesitan un flujo más rápido de la información que los informes periódicos que proporciona el departamento de contabilidad, generalmente cada mes. Con frecuencia, la satisfacción de los dos objetivos resulta en una duplicación necesaria y requiere un estudio cuidadoso que conduzca a los resultados óptimos con la mínima duplicación de esfuerzo. La comprensión mutua de los problemas ajenos entre los departamentos de mantenimiento y contabilidad dará un camino hacia la solución de este problema y deberá realizarse y mantenerse.

En términos generales, el mejor sistema es aquel que utiliza un proceso de resumen que haga posible obtener cualquier información actualizada que se necesite por el departamento de mantenimiento en cualquier momento, pero que se oriente hacia las necesidades finales del departamento de contabilidad al final de su periodo contable. La información de costos para el control de la ingeniería de mantenimiento se reporta en diferentes maneras. Los resúmenes por orden de trabajo, por tipo de equipo, por departamentos de producción o por tipo de producto como un elemento en el costo total de fabricación. Se

sugiere que el reporte de los costos de mantenimiento para fines de control esté en una forma que sirva a los siguientes requisitos:

1. La supervisión de los técnicos necesita una medición de la efectividad de su funcionamiento con respecto al empleo de fuerza de trabajo y de material.
2. La dirección o gerencia de mantenimiento necesita alguna indicación de las tendencias generales en los costos de mantenimiento y con suficiente detalle para descubrir las áreas que requieren atención especial.
3. La ingeniería de mantenimiento requiere la información que destacará el equipo o las aplicaciones del equipo que causan costos anormales de mantenimiento y la necesidad subsecuente de la atención de ingenieros.
4. La supervisión de producción deberá estar en posición o posibilidad de conocer sus costos de mantenimiento por producto y, ocasionalmente, por tipo de equipo.

La disponibilidad de estos diferentes tipos de información depende, considerablemente del detalle en la rutina de procesamiento de costos. Los costos de órdenes individuales se pueden resumir para proporcionar esta información y, si se totalizan por tipos de equipo y departamentos, proporcionarán tanto a la ingeniería como a la producción, hechos importantes. Si se resumen y se reportan a través de toda la planta, por departamentos, proporcionarán a la administración de mantenimiento la imagen general de las tendencias del costo de mantenimiento. Por otra parte, la supervisión de los obreros necesita resúmenes de costos de mano de obra por técnicos para juzgar la eficiencia general de su fuerza de trabajo, sin embargo, donde hay disponibles resúmenes de costos de órdenes individuales, usualmente existe un número suficiente de órdenes que se pueden aislar a una cuadrilla para proporcionar supervisión con un buen índice de funcionamiento. En los sistemas de costos de mantenimiento que no proporcionan el costo de órdenes individuales, la separación del costo de piezas específicas de equipo, o tipos de equipo, como un paso intermedio en la acumulación de costos, proporcionará gran parte de la información necesaria.

Desgraciadamente, la mayoría de los métodos de reporte de costos de mantenimiento son o tan detallados que se necesitan resúmenes subsecuentes o tan sencillos que son inútiles para la evaluación de funcionamiento, y no permiten que la supervisión de mantenimiento dirija sus esfuerzos hacia las zonas con problemas o hacia aquellas en las cuales se pueda efectuar el mayor progreso.

### **V.3. Presupuestos de mantenimiento**

Se entiende por presupuesto un fin o una meta de costo o una estimación del costo del trabajo de realización cubierto por el presupuesto para un periodo futuro. Existen muchos tipos de presupuestos y mucho periodos cubiertos por ellos, así como muchos métodos empleados en su elaboración. Sin embargo, cualquiera que sea la forma o método de elaboración o construcción, deberá recordarse que un presupuesto no es básicamente histórico sino que debe considerarse siempre como un pronóstico de los gastos. El tratamiento subsecuente explorará varios tipos de presupuestos y métodos de preparación, e incluirá algún tratamiento de las relaciones entre la confiabilidad y la duración del pronóstico y de la manera en la cual se utilizan los presupuestos.

#### **Tipos de presupuestos**

Las dos categorías de presupuestos normalmente usadas por los departamentos de ingeniería de mantenimiento, esto es, las que pronostican el costo del equipo de mantenimiento en condición satisfactoria de operación, y las que pronostican el costo de operar ciertos departamentos de servicio que normalmente son de responsabilidad del grupo de mantenimiento. Con frecuencia, existe un tercer tipo de presupuesto que es básicamente un presupuesto de operación similar a los presupuestos de operación de fabricación. Se emplea para pronosticar el costo de los productos utilizados subsecuentemente por los departamentos de producción. Típicos de este grupo son los presupuestos para vapor, electricidad y otros servicios.

#### **Presupuestos de reparación**

El objeto primordial del presupuesto de reparación es proporcionar la información requerida por los departamentos de producción a través de los procedimientos contables para llegar a un costo anticipado para fabricar un producto dado o cualquier tipo de producto. El presupuesto de reparación o pronóstico del costo, se convierte en una partida del presupuesto general de un departamento de operación, junto con otros como materia prima, mano de obra y gastos indirectos.

Hablando en términos generales, los presupuestos de reparación se pueden clasificar en tres tipos:

1. Aquellos limitados a un costo total fijo por unidad de tiempo.
2. Aquellos que se establecen a un costo unitario por unidad de producción

3. Una modificación de los casos uno y dos que compensa parcialmente un cambio en el nivel de la actividad de producción, empleando "normas de grupo" que subsecuentemente pueden expresarse en términos de costo total por unidad de tiempo o por unidad de producto.

### **Tiempos compuestos por los presupuestos**

Tradicionalmente, se establecen muchos presupuestos sobre una base anual. La mayoría de los periodos fiscales son de doce meses de duración, y los procedimientos de contabilidad se engranan con el periodo de un año para el control financiero. Ciertamente el grado de estabilidad de las operaciones de la compañía influye en la duración del tiempo para el cual se pueden pronosticar los costos con cierto grado de precisión. En una industria dinámica variable hay dos influencias opuestas a considerar al determinar el periodo del presupuesto. Primero, la rápida evolución de los tipos de equipo, incrementa los límites de estimación de la precisión para los costos de reparación en un periodo prolongado. Segundo, la evolución y adición a las líneas de productos acompañadas por grandes inversiones de capital requieren un amplio pronóstico de costos de operación para permitir la valuación más precisa del margen potencial de utilidad, así como la preparación de un presupuesto a corto plazo, con fines de control. La creciente complejidad del equipo de producción y la tendencia acelerada hacia la automatización están haciendo de los costos de mantenimiento una parte cada vez más importante de los costos totales de fabricación y los pronósticos de costo de mantenimiento a largo plazo se están volviendo más importantes que nunca.

### **Presupuesto de reparación**

Normalmente hay tres grupos principales en la planta involucrados en la preparación de los presupuestos de reparación, que en la mayoría de las organizaciones se puede llamar el departamento de ingeniería de mantenimiento, el departamento de producción y el departamento de contabilidad y los tres se deben incluir. El grado relativo de responsabilidad y participación, sin embargo, varía considerablemente entre estos grupos de planta a planta. Comprensiblemente, el departamento de mantenimiento usualmente tiene mayor participación en esto que los otros dos. La participación del departamento de contabilidad está influida considerablemente por los procedimientos contables utilizados y la disponibilidad de la información adecuada a esa actividad. Normalmente la contribución del departamento de contabilidad en la preparación de los presupuestos de mantenimiento, así como otros presupuestos de operación, es primordialmente de consideración y correlación de los datos, además de una cierta función de vigilancia más que la responsabilidad para iniciar este presupuesto. Entre el mantenimiento y la producción puede variar ampliamente la participación y, en efecto, algunos presupuestos de reparación son elaborados exclusivamente por un



departamento o el otro. Esta elección, obviamente debería ser el departamento que la gerencia considere responsable para la operación dentro de este presupuesto una vez que se ha preparado.

Algunas veces el presupuesto de reparación se determina únicamente por el departamento de contabilidad. Esta situación se puede encontrar en plantas pequeñas con una organización informal en la cual el departamento de contabilidad tiene el conocimiento para preparar presupuestos o en las compañías que tienen una cantidad limitada de plantas a los mismos productos en donde es aconsejable la estandarización de los costos de fabricación.

### **Establecimiento de los presupuestos**

Obviamente un pronóstico de costos para cualquier operación que no se pueda controlar completamente debe basarse en el juicio humano y en la apreciación de las variables incontrolables. Esto es particularmente cierto en el presupuesto normal de operación. Aunque incluye muchos factores de costo que pueden pronosticarse con relativa precisión, hay muchos otros que solos se pueden predecir dentro de límites muy amplios. Como con cualquier predicción, a mayor información recolectada y correlación realizada, mayor precisión del pronóstico de costos.

Al resolver este problema deberá recordarse que cualquier pronóstico de costo total consiste de muchos factores individuales, el grado de precisión del pronóstico o presupuesto total puede estar influido considerablemente por la confiabilidad de la variable menos predecible. Consecuentemente, lo cuidadoso de la valuación de todos los elementos que forman el presupuesto deberá relacionarse con aquel que es práctico para aquellos elementos poco predecibles, si estos son potencialmente mayores. Por ejemplo, en un departamento en donde el costo de los materiales por utilizar se puede predecir hasta la última tuerca o tornillo, pero en donde el costo de la mano de obra para realizar las reparaciones puede variar dentro de una amplia gama, deberá ejercerse un juicio considerable en la magnitud del tiempo y detalles gastados.

## V.4. Cálculo de la efectividad del sistema de mantenimiento

Para integrar los programas de mantenimiento productivo total en toda la fábrica, deben clarificarse en todos los niveles de la compañía los problemas actuales, el potencial para su solución, y los beneficios a ganar.

Para implementar efectivamente el programa de mantenimiento productivo, debemos conocer que áreas en la planta experimentan problemas y cuales son esos problemas. Esto requiere índices que muestren que mejoras se necesitan actualmente y que clase de resultados cabe esperar.

La efectividad global del equipo se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Efectividad Global del Equipo} = (\text{Disponibilidad}) (\text{Tasa de rendimiento})(\text{Tasa de Calidad})$$

**Disponibilidad (tasa de operación):**

$$\text{Disponibilidad (Tasa de Operación)} = \frac{\text{Tiempo de carga} - \text{Tiempo de paradas}}{\text{Tiempo de carga}} \quad (100)$$

- Tasa de rendimiento:

$$\text{Tasa de Rendimiento} = (\text{Tasa de operación})(\text{Tasa de velocidad de operación})$$

$$= \frac{(\text{Salidas}) (\text{Tiempo de ciclo real})}{\text{Tiempo de carga} - \text{tiempo de paradas}}$$

$$= \frac{\text{Tiempo ciclo ideal}}{\text{Tiempo ciclo Real}}$$

- Tasa de calidad:

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Entradas} - (\text{defectos de calidad} + \text{def. de arranque} + \text{trabajo rehecho})}{\text{Entradas}}$$

- Tiempo unitario de preparación:

$$\text{Tiempo unitario de preparación} = \frac{\text{Tiempo total preparación}}{\text{Total operaciones preparación}}$$

- Indices de fiabilidad:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total paradas}}{\text{Tiempo de carga}} \cdot (100)$$

$$\text{Tasa de frecuencia de fallos} = \frac{\text{Total paradas}}{\text{Tiempo de carga}}$$

- Indicadores de mantenibilidad:

$$\text{MTTR (Tiempo medio de reparación)} = \frac{\text{Tiempo total paradas}}{\text{Total paradas}}$$

$$\text{Tasa fallos} = \frac{\text{Tiempo total paradas}}{\text{Tiempo carga}}$$

- Tasa de mantenimiento de averías:

$$\text{Tasa BM} = \frac{\text{Trabajos BM} \cdot (100)}{\text{Total trabajos de mantenimiento}}$$

- Tasa de horas hombre en BM (reparaciones averías):

$$\text{Tasa de horas hombre BM} = \frac{\text{Horas hombre en BM}}{\text{Horas hombre totales en mantenimiento}}$$

- Tasa de cumplimiento del PM (mantenimiento preventivo):

$$\text{Tasa de cumplimiento del PM} = \frac{\text{Total trabajos PM realizados}}{\text{Total trabajos PM planificados}}$$

**EJEMPLO:**

- Horas de trabajo por día: 60 min (8 hrs) = 480 minutos
- Tiempo de carga por día: 460 minutos
- Tiempo de paradas por día: 60 minutos
- Tiempo operativo por día: 400 minutos
- Salidas por día: 400 productos
- Tipos de paradas:
  - Preparación = 20 minutos
  - Averías = 20 minutos
  - Ajustes = 20 minutos
- Defectos : 2%
- Disponibilidad (tasa de operación);  $(460-400)/460 = (0.869)(100) = 87\%$
- Tiempo ideal de ciclo: 05 minutos por producto
- Tiempo real de ciclo: 0 8 minutos por producto
- Tasa de velocidad de operación =  $(0.5/0.8)(100) = 62.5\%$
- Tasa de operación neta:  $\{[(400 \text{ prod.})(0.8)]/400 \text{ min}\} (100) = 80\%$
- $(100 - \text{tasa de operación neta}) =$  refleja pérdidas causadas por paradas menores
- Tasa de rendimiento:  $\{[(400)(08)]/(460-60)\} (0.5/0.8) = 0.5 (100) = 50\%$
- Tasa de calidad: 98%
- Efectividad Global del equipo =  $(0.87)(0.5)(0.98) = 0.426 (100) = 42.6\%$

Cada tasa o índice empleados para medir la efectividad del programa de mantenimiento tiene ventajas y desventajas; por ejemplo algunos índices no pueden expresar todos los resultados de las actividades en ciertas áreas. En particular, los índices de eficiencia del departamento de mantenimiento diferirán de acuerdo con la escala de la compañía y la configuración de su equipo. Los índices de efectividad deben usarse por tanto comprendiendo que están sujetos a ciertas limitaciones.

### Estimado de costos para la implementación del programa de mantenimiento total:

Dentro de este apartado, podemos conocer la implementación de un estimado de costos, así como algunos métodos para reducción de costos en cuanto a mantenimiento se refiere.

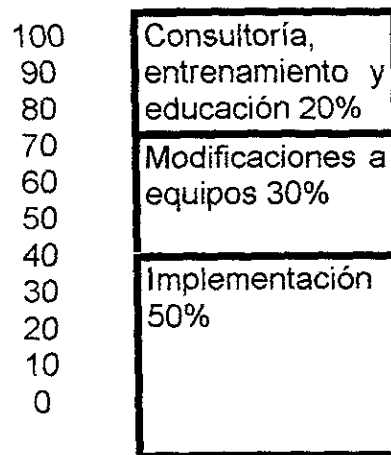


Figura 5.2 Distribución para la implementación del estimado de costos.

El mantenimiento productivo total ha sido implementado normalmente con un costo de 10 horas por empleado durante el primer año. Dado que el tiempo empleado consume aproximadamente 50% de los costos, de acuerdo con la figura 5.2, multiplicar por dos el costo por hora es un método razonable para estimar el costo de la implementación del TPM. De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\# \text{ de empleados} \times \text{hrs/mes} \times \text{costo/empleado-hrs} \times 2 = \text{Costo de implementación}$$

- Ejemplo ilustrativo:

Número de empleados = 50

Costo por hora por empleado = \$ 20/hr

El costo esperado para la implementación temprana del mantenimiento productivo total considerando que todo se va a realizar en tiempo extra será el siguiente:

$$(50 \text{ empleados}) \times (10 \text{ hrs/mes}) \times (\$20 / \text{empleado-hr}) \times 2 = \$20\,000/\text{mes}$$

### Reemplazo en grupo:

El reemplazo antes de que suceda la falla es importante para perdurar un servicio en óptimas condiciones y con la mayor confiabilidad posible. El reemplazo en grupo se da en aquellos elementos homogéneos y que su uso es similar.

La política de reemplazo en grupo se utiliza cuando el costo de reemplazo individual después de una falla es alto y la probabilidad de que ocurra dicha falla se incrementa con el tiempo, este tipo de políticas se utilizan, por ejemplo, en grupos de focos de alumbrado público pero se puede extender a muchos otros elementos, con su respectivo análisis para cada uno.

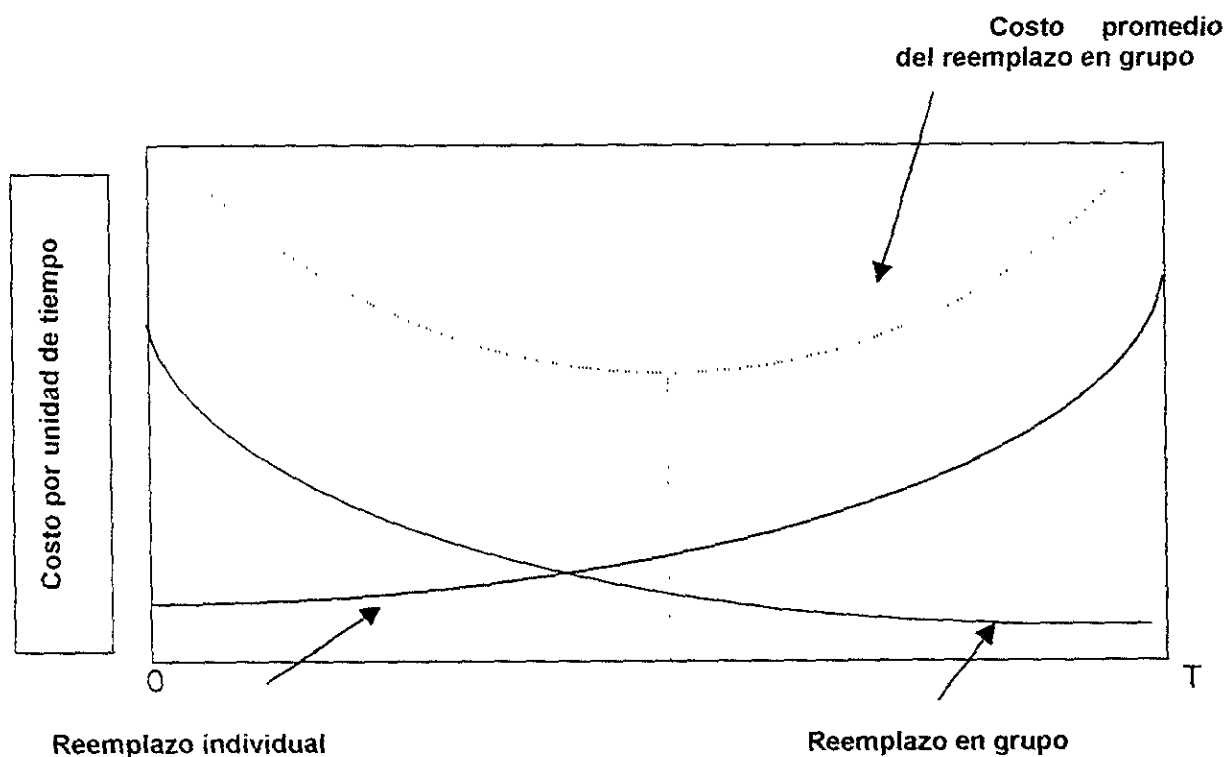


Figura 5.3. Reemplazo en grupo

La figura 5.3 muestra los costos por reemplazo individual y en grupo, donde G es costo de reemplazo de todo un grupo, el costo de reemplazo individual cuando el recurso falla es I(t), donde t es el periodo transcurrido desde el último reemplazo, entonces, el costo total por reemplazo en grupo es:

$$G + 1/t \times [G + I(t)]$$

Si t es el periodo de reemplazo de un grupo, el costo promedio de reemplazo del grupo es:

$$C = 1/t \times [G + I(t)]$$

Lo anterior queda más claro si realizamos el siguiente ejemplo:

Se tienen 150 lámparas de sodio, cada una con un valor de \$100 y se les puede reemplazar en la noche del domingo a un costo fijo de \$5000 por lo que el costo de reemplazo de todo el grupo es de:

$$(100 \text{ \$/lámpara} \times 150 \text{ lámparas}) + \$5000 = \$20\,000$$

Suponemos que todas las lámparas fueron reemplazadas en la semana cero, en la siguiente figura se presentan las estadísticas de lámparas que fallaron por semana, en caso de tener que realizar reemplazo general, el costo es de \$300 por unidad, esto se debe a que por una sola lámpara se tiene que movilizar personal y equipo.

Semana T	Focos necesarios de reemplazar	Costo promedio de reemplazo (G)	Costo de reemplazo individual	Costo de reemplazo individual acumulado (I)	Costo de reemplazo individual por semana (I/T)	Costo promedio de reemplazo en grupo
1	3	20 000	900	900	900	20 900
2	4	10 000	1 200	2 100	1 050	11 050
3	7	6 666	2 100	4 200	1 400	8 066
4	12	5 000	3 600	7 800	1 950	6 950
5	18	4 000	5 400	13 200	2 640	6 640
6	28	3 333	8 400	21 600	3 600	6 933
7	40	2 857	12 000	33 600	4 800	7 657
8	55	2 500	16 500	50 100	6 262	8 762

Figura 5.4. Estadísticas de lámparas que fallaron por semana

Costo promedio de reemplazo  $G = 20000 / T$

Costo promedio de reemplazo en grupo  $= (G/T) + I$

En la figura anterior podemos observar que el mejor momento para reemplazar el grupo de lámparas es la 5ª semana, con lo que tendríamos un costo de \$6 640, el costo más bajo, pero si únicamente se hubiera realizado reemplazo individual, el costo de cambiar todas las lámparas individualmente hubiera sido de \$16 500, tenemos un ahorro de más de \$9 800.

### Control de materiales:

Un factor importante para la reducción de costos es el control adecuado de las piezas de repuesto, materiales y accesorios de mantenimiento.

Si lo que se desea es llevar un control en cuanto a un porcentaje de piezas adquiridas, y que no salga de un rango de límites establecidos previamente, o simplemente para saber cuantos defectos de cualquier naturaleza podrían tener esas piezas, se puede aplicar la siguiente relación:

$$d = (100) Nu / N$$

Donde:

100 = porcentaje de defectos por cien unidades

d = porcentaje defectuoso

Nu = número de unidades defectuosas

N = número de unidades inspeccionadas

Llamaremos defectos por cien unidades al número dado por la fórmula:

$$D = (100) Nd / N$$

Donde:



$N_d$  = número de unidades inspeccionadas

$D$  = número de unidades inspeccionadas defectuosas

### Ejemplo:

Si en la inspección de 15 piezas, han sido encontradas, una con tres defectos y cuatro con un solo defecto. El porcentaje defectuoso será:

$$D = [(1+3+4)/15] 100 = 53\%$$

Y los defectos por cien unidades:

$$D = [(3+6+4)/15] 100 = 86.6\%$$

### Ordenes de compra:

Para poder hacer una compra de los artículos que se necesitan tener en inventario, se deben tomar en cuenta:

- 1) Porcentaje de la cantidad utilizada, (esto es determinado por la información recopilada).
- 2) Costos de compra.
- 3) Costos de llevar el inventario al almacén.  $P$  = costo total de compra y recepción, que incluye:
  - a) Costo de demanda.
  - b) Costo de recepción, identificación, inspección y manejo de material de entrada.
  - c) Costo contable por hacer pago, preparación de registro, hacer orden de compra.

$Y$  = número de piezas usadas por año.

$I$  = inventario anual, esto acarrea costo en valor de pesos, el cual es definido como una fracción decimal.

- a) Costo de capital invertido.
- b) Depreciación.

- c) Registro de obsolescencia.
- d) Seguros e impuestos.
- e) Costo de espacio.
- f) Costo de manejo de material

D = costo por pieza, incluye flete.

T = costo por año de tener almacén.

L = tamaño de la orden, la cual se llama EOQ (magnitud económica del lote)

$$\frac{dT}{dL} = -\frac{PY}{L^2} + \frac{CI}{2} = 0$$

$$\frac{PY}{L^2} = \frac{CI}{2}$$

$$L = \text{EOQ} = \sqrt{\frac{2PY}{CI}}$$

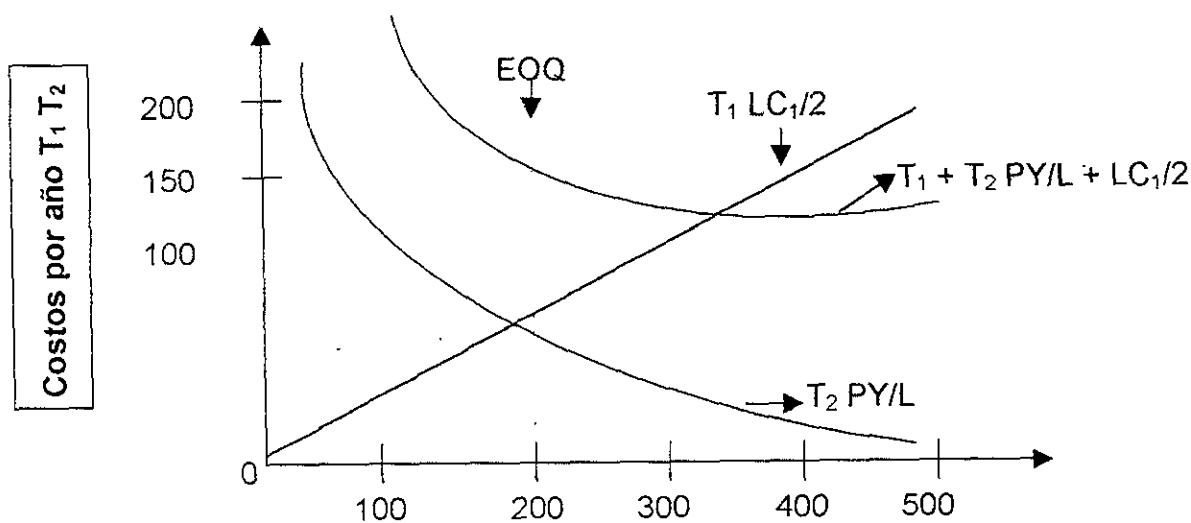


Figura 5.5. Relación costos magnitud de la orden

En la figura suponemos un método simplificado en el que los pedidos son tomados en intervalos de periodos fijos a  $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$  y que los materiales son ordenados instantáneamente, es decir, damos por supuestas las condiciones ideales, a saber, que contaremos con un respaldo de seguridad que en un momento dado nos puede sacar del problema.

Entendemos por respaldo de seguridad a cierta cantidad de materia prima con la que contamos de que este disponible.

Y esto nos da la fórmula para calcular el tamaño de la orden económica de compra:

$$L = \text{EOQ} = \sqrt{\frac{2PY}{CI}}$$

### Ejemplo:

En una unidad médica se estima que se necesita instalar 7800 lámparas fluorescentes en un periodo de 360 días, el equivalente a 26 lámparas diarias. Si el costo de mantener el inventario es de \$0.10 (por unidad por año) y si el costo por orden de requisición es de \$100.

CI = \$0.10 (por unidad por año)

P = 7800

Y = \$100 (por orden)

Aplicando nuestra ecuación:

$$L = \text{EOQ} = \sqrt{\frac{2PY}{CI}}$$

$$L = \sqrt{\frac{2 \times 7800 \times 100}{0.10}}$$

L = 3949.7

L = 3950 unidades

$\frac{P}{L} = \frac{7800}{3950} = 1.97 = 2$

L = 3950

En consecuencia, el intervalo entre ordenes será de seis meses. Sustituyendo estos valores en la ecuación de costo total, el costo mínimo de inventario será:

$$CT = \frac{0.10 \times 3950}{2} + \frac{7800 \times 100}{3950}$$

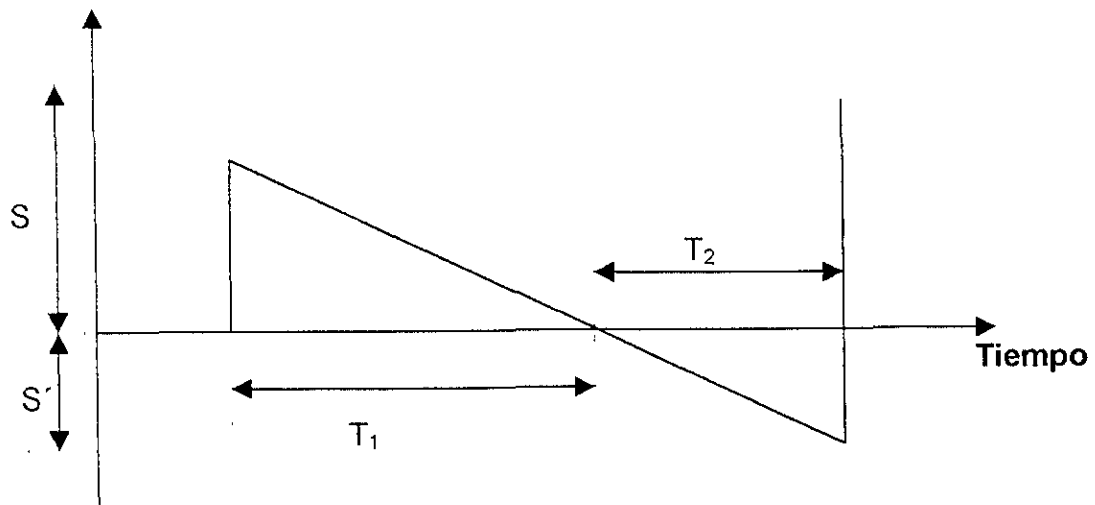
$$CT = \$395$$

El ejemplo previo propone una situación ideal, en la cual no se presenta pérdida alguna en cuanto a piezas de repuesto en existencia, pero también es cierto que en algunos casos se llegan a tener en existencia más artículos que los establecidos como máximo, o en su defecto la inexistencia de estas piezas, lo cual puede ocurrir como consecuencia de situaciones completamente ajenas al departamento de mantenimiento, como pueden ser saqueos al almacén, deterioro de las piezas de repuesto o simplemente un mal inventario.

En la figura 5.6, podemos observar como en un diagrama inventario-tiempo, suponemos que el inventario comienza en un nivel preestablecido, el cual se conoce como nivel  $S$ , cuando este nivel alcanza el máximo descende hasta por debajo de la línea de tiempo y al llegar al nivel  $S'$ , vuelve a subir al valor máximo de  $S$ .

Cuando encontramos  $S'$  es cuando suponemos que existe una pérdida que se conoce como déficit.

**Inventario**



**Figura 5.6.** Déficit de inventario

Donde:

$$T = T1 + T2$$

$$De = \sqrt{\frac{2 P Y}{C1 \cdot CP}}$$

### Ejemplo:

Supóngase en el ejemplo anterior que se llega a un acuerdo con la unidad médica, a la cual se le bonifican \$0.50 por lámpara por día en que no se pueda satisfacer su demanda. ¿Cuál sería el déficit de piezas?

Datos:

P = 7800 piezas = demanda del producto

Y = \$100 (por orden) = costo de orden de embarque

CI = \$0.10 (por unidad por año) = costo por inventario

CP = \$0.50 (por pieza) = costo por llevar déficit

Aplicando la fórmula de lote económico:

$$De = \sqrt{\frac{2 P Y}{C1 \cdot CP}}$$

Sustituyendo datos:

$$De = \sqrt{\frac{2 (7800) (100)}{(0.10) (0.50) (7800)}}$$

$$De = 63.24 \text{ piezas}$$

Redondeando

$$De = 63 \text{ piezas } (\$0.50) = \$31.5$$

# **ANEXO**

**EJEMPLO DE APLICACION**

## EJEMPLO DE APLICACION

### Introducción

Ante la situación actual de la globalización de las economías, el transporte debe ser analizado como un sistema integral que forma parte de las cadenas productivas y no como un sector aislado, por consiguiente, el transporte se considera como un factor vital para el desarrollo de la empresa.

Para analizar prácticamente el contenido de esta tesis estableceremos el siguiente ejemplo, en una compañía dedicada a realizar ingeniería de proyectos para empresas paraestatales, la cual tiene una flotilla de 55 vehículos, los cuales se utilizan para el transporte de personal dentro del Distrito Federal y/o a diferentes partes de la República Mexicana, la compañía gasta cada año una considerable cantidad de dinero destinada a la reparación de estas unidades y en ciertas ocasiones llega a registrar pérdidas por incumplimiento de trabajo debido a la inutilidad de una o varias de estas unidades.

La descripción de estos vehículos se menciona a continuación:

Cantidad	Marca	Modelo	Año	Cilindros
12	Nissan	Tsuru Sedan	97	4
10	Volkswagen	Sedan	99	4
5	Crysler	Neón	98	4
5	Volkswagen	Combi	98	4
8	Nissan	Pickup	98	4
8	Ford	3 1/2 toneladas	94	8
7	General Motors	Chevy Swing	99	4
Total : 55 vehículos				

Por las condiciones observadas en esta compañía y por los incidentes de descomposturas en las unidades, podemos asegurar que solo cuenta con mantenimiento correctivo, lo cual resulta ineficiente y costoso, pues además no se cuenta con piezas de repuesto para posibles reparaciones.

Debido a lo anterior resulta necesario establecer un mantenimiento sistemático el cual puede definirse como el servicio de conservación de equipo e instalaciones que busca reducir al mínimo las suspensiones de trabajo, al mismo tiempo que

hacer más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, a efecto de lograr los mejores resultados al menor costo posible.

La necesidad de tener una organización apropiada de mantenimiento, de poseer controles adecuados, de poder planear y programar con acierto, ha sido un punto de relieve por varios motivos como lo son:

1. Una creciente mecanización de la industria.
2. Una mayor complejidad del equipo.
3. Aumento en inventarios.
4. Controles más estrictos en la producción.
5. Exigencias crecientes de una buena calidad.
6. Costos mayores de la mano de obra.

El mantenimiento que se lleva a cabo actualmente, es puramente correctivo, el cual es generado por urgencias propias de un deficiente sistema sin planeación. Esta falla de previsión y planeación, son consecuencias lógicas del sistema anticuado que prevalece desde hace muchos años en la empresa.

Al no existir la función de mantenimiento en la compañía se presenta frecuentemente reparaciones a los activos de la empresa, estas correcciones son un paliativo a los errores que se permiten por el escaso seguimiento que existe al equipo con que se trabaja, esto nos muestra una conexión con algo que se ve en muchas ocasiones "ahorrar centavos para gastar pesos" ya que cuando sucede una falla, por ejemplo en el desbielamiento de un motor, es mucho más caro repararlo que si se hubiera prevenido con regulares verificaciones a la maquinaria.

La relevancia que tiene este proyecto es poner de manifiesto la conveniencia de la prevención en vez de la corrección, que aunque es casi un principio universal, pocas veces se lleva a la práctica por las presiones del trabajo diario.

En el mantenimiento preventivo se describe cuáles son las funciones del mismo; que recursos técnicos y humanos son necesarios para llevarlo a cabo dentro de las áreas de supervisión, control y operación.

El papel del Ingeniero Mecánico Electricista en el mantenimiento es el de ser el artífice de estas prácticas en otros campos que no sean de manufactura, sino en un sector de servicios como es este caso.



## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.

El problema radica en que no existe un programa de mantenimiento preventivo, generando una deficiencia en el mantenimiento ya que se explota en demasía la vida útil de todos los elementos de conservación, seguridad y funcionamiento de los vehículos.

Para establecer un programa de mantenimiento debemos considerar en primer lugar las diversas condiciones de servicio.

### 1. Para condiciones difíciles de servicio:

- Recorridos periódicos por carreteras de terracerías.
- Uso frecuente por pendientes pronunciadas.
- Servicio en tráfico urbano con carga.

### 2. Para vehículos en tráfico de cercanías:

- Empleo del vehículo principalmente en las grandes ciudades o en zonas de mucho tráfico.
- Tráfico regional, donde se dispone de pocas carreteras y de poca circulación.
- Mucho tráfico (periodos largos de marcha mínima, frecuentes paradas y arranques).

### 3. Para vehículos en tráfico de lejanías:

- Empleo del vehículo preponderantemente en autopistas.
- Pocas paradas intermedias.
- Conducción del vehículo a grandes velocidades.

### Intervalos de mantenimiento

Servicio	Condiciones difíciles	Tráfico de cercanías	Tráfico de Lejanías
Conservación	Cada 5000 km.	Cada 7000 km	Cada 8500 km

Esta clasificación es el resultado de las recomendaciones que hacen los fabricantes de vehículos. Se hace necesario adecuar el programa de mantenimiento.

Como las condiciones de manejo del vehículo no son constantes es decir no siempre tienen el mismo itinerario y se utilizan todos los días del año en condiciones de trabajo severas, este programa de mantenimiento se diseñó para vehículos con condiciones de servicio pesado.

## **OPERACIONES BASICAS DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.**

### **OPERACIÓN 1**

- Cambio de aceite y filtro de motor:

Siempre deben usarse aceites conservadores de energía SF/CC o SF/CD de viscosidad apropiada.

Cada vez que se cargue combustible al vehículo, verificar el nivel de aceite y agregar si es necesario, pues una pérdida grande de aceite puede indicar un problema que se tiene que inspeccionar y reparar enseguida.

### **OPERACIÓN 2**

- Lavado y engrasado general:

lavar el chasis con agua para remover cualquier material corrosivo. Tener cuidado de limpiar cualquier área donde el lodo y otras basuras se acumulan. Sedimentos compactados en áreas cerradas del vehículo, deberán ser aflojadas antes del lavado.

Si la acumulación de lodo, tierra o grasa es excesiva, efectuar este servicio, la frecuencia real será acorde a sus condiciones de manejo y ambientes.

Resulta imperativo lubricar todas las graseras en la suspensión y varillas de dirección. Lubricar las varillas de cambios de transmisión, transeje, guías del cable del freno de estacionamiento, varillas y puntos de contacto debajo de la carrocería.

Para vehículos de carga, además se deben lubricar cardán, juntas universales, resortes del pedal de embrague y frenos.

### OPERACIÓN 3

- Lubricación de birlo de bola de la horquilla de embrague:

En vehículos de carga lubricar el birlo de bola de la horquilla del embrague. Una lubricación en exceso puede causar mal funcionamiento del embrague.

### OPERACIÓN 4

- Ajuste de la velocidad de marcha mínima del motor:

Se deben ajustar a las especificaciones mostradas en la calcomanía debajo del cofre. Usar el equipo de prueba calibrado. Revisar que el selenoide de paro trabaja apropiadamente (si está equipado).

### OPERACIÓN 5

- Reemplazo del filtro de gasolina:

Reemplazar el filtro de combustible a los intervalos especificados o antes si se tapa.

### OPERACIÓN 6

- Servicio a bujías y cables:

Reemplazar las bujías con el tipo adecuado como lo indica el fabricante. Calibrar los electrodos según lo especificado en la calcomanía que se encuentra bajo el

cofre. Limpiar los cables e inspeccionar las quemaduras, rotura u otro daño. Revisar los capuchones de conexión al distribuidor y a las bujías.

### OPERACIÓN 7

- Verificación del tiempo del motor y distribuidor:

Ajustar el tiempo de acuerdo a las especificaciones de la calcomanía localizada debajo del cofre. Inspeccionar la tapa del distribuidor interna y externamente y reemplazar si existen roturas, carbonización y corrosión severa.

### OPERACIÓN 8

- Reemplazo del filtro de aire:

Reemplazar de acuerdo al programa de mantenimiento. Sustituir con más frecuencia bajo condiciones de polvo. Seguir las recomendaciones del distribuidor en cuanto al adecuado intervalo de reemplazo de acuerdo a sus condiciones de manejo.

### OPERACIÓN 9

- Revisión de la válvula de ventilación positiva al monoblock (PCV):

Revisar el funcionamiento apropiado de la válvula y reemplazar según el programa.

### OPERACIÓN 10

- Drenar, lavar y rellenar el sistema con refrigerante nuevo:

Cada vez que se ponga combustible al vehículo, se debe revisar el nivel de refrigerante del motor en el tanque de reserva y agregar si es necesario.

Por lo menos una vez al año hay que inspeccionar el refrigerante y anticongelante. Si este se encuentra sucio u oxidado, se debe drenar, lavar y rellenar con nuevo refrigerante. Se debe mantener el refrigerante en una mezcla apropiada con 50% de agua y 50% de refrigerante. Esto proveerá una adecuada protección, inhibidor de corrosión y temperatura de operación del motor. Se debe hacer una cuidadosa inspección de las mangueras del radiador y reemplazarlas si están rotas, hinchadas o deterioradas. Apretar las abrazaderas de las mangueras. Limpiar la parte exterior del radiador y del condensador del aire acondicionado. Lavando el tapón del radiador y el cuello del llenador. Para que se lleve a cabo una operación segura, una prueba de presión del sistema de enfriamiento es recomendable.

## OPERACIÓN 11

- Servicio a la transmisión/transeje:

El fluido de la transmisión o transeje manual no requiere de cambios frecuentes. Por lo tanto se debe cambiar cada 50 000 km.

Para transmisiones o transejes automáticos, es necesario cambiar el fluido y el filtro cada 25 000 km si la unidad es manejada bajo una o más de estas condiciones:

- Ciudad con tráfico pesado donde las temperaturas regularmente alcanzan 32°C o mayores.
- Terreno montañoso o lomas.
- Frecuente arrastre de trailer o remolque.
- Usos, tales como taxi, policía o servicio repartidor.

Cada vez que se cambie el aceite del motor, revisar el nivel y agregar si se requiere.

Mientras se opera el vehículo equipado con transmisión/transeje automático, asegurarse que el indicador selector de velocidad marca el que se seleccionó.

Por lo menos una vez al año es necesario revisar la operación del interruptor de seguridad del arranque, esté seguro de tener suficiente espacio alrededor del carro. Entonces, se debe aplicar firmemente el freno regular y el de

estacionamiento. No debe usarse el acelerador. Si el motor arranca, se debe de estar listo para apagarlo rápidamente. Tomar estas precauciones es imperativo, pues el carro podría moverse sin avisar y existe la posibilidad de tener algún daño personal o material. En vehículos de transmisión/transeje automático, arrancar el motor en cada velocidad engranada. La marcha no deberá funcionar, solamente en "Park" o "Neutral". En vehículos de transmisión/transeje manual, se debe colocar la palanca de velocidades en "Neutral", presionar el pedal del embrague a media carrera y se debe de tratar de arrancar. La marcha deberá funcionar solamente cuando el embrague está completamente presionado.

En el sistema de embrague de transmisión/transeje manual, revisar el nivel del fluido del sistema hidráulico y agregar cuando se requiera. De igual forma revisar la carrera libre del pedal y ajustarlo si es necesario.

## OPERACIÓN 12

- Inspección del tanque de combustible, tapón y líneas:

Inspeccionar el tanque de combustible, tapón y líneas (en vehículos de pasajeros también el ensamble del riel de inyectores) por daños o fugas. Revisar la junta del tapón de combustible por cualquier marca o daño del cuello de llenado. Se deben reemplazar las partes que se requieran.

Es muy importante revisar que las líneas de combustible no estén en contacto con algún elemento caliente como mangueras de radiador o múltiples de escape. Reemplazar las mangueras que se encuentren con grietas.

## OPERACIÓN 13

- Inspección de dirección, suspensión y flechas homocinéticas:

En cada cambio de aceite de motor hay que inspeccionar la suspensión delantera, trasera y sistema de dirección por daños debidos a partes faltantes, flojas, signos de desgaste o falta de lubricación. Inspeccionar que las líneas de la dirección hidráulica y mangueras tengan apropiada sujeción, reparar dobleces, fugas, fracturas o rozamientos. En vehículos de tracción delantera, limpiar e inspeccionar los capuchones de las flechas homocinéticas por daños, rajaduras o fuga de grasa; reemplazar sellos si es necesario.

## OPERACIÓN 14

- Servicio al eje trasero:

Vehículos de carga, cada vez que se cambie el aceite del motor, se debe verificar el nivel de aceite en el diferencial y agregar si resulta necesario.

En áreas polvosas o aplicación de remolques cambiar el aceite cada 25 000 km.

## OPERACIÓN 15

- Inspección de bandas:

Cada vez que se efectúe el cambio de aceite de motor, inspeccionar la(s) banda(s) por fracturas, deshilachadas y desgastadas. Ajustar o reemplazar cuando se requiera. Ya sea en vehículos particulares o de servicio pesado

## OPERACIÓN 16

- Rotación de ruedas:

Para igualar el desgaste y obtener la máxima vida de las llantas, se deben intercambiar las delanteras por las traseras cada 10000 km.

Se debe estar alerta de vibraciones en el volante a velocidades normales de autopista. Esto puede significar que las ruedas necesitan balanceo. También si se jala el vehículo a la derecha e izquierda en un cambio recto, puede ser debido a neumáticos mal inflados o que necesitan alineación.

Por lo menos cada mes es necesario revisar las llantas en busca de desgaste anormal o daños. Mantener la presión como muestra la placa de llantas en la puerta del operador, incluyendo la llanta de refacción. La presión deberá revisarse cuando las llantas estén frías.

Por lo menos una vez al año se debe inspeccionar que los dispositivos de fijación de la llanta de refacción y el gato estén en condiciones seguras y de uso.

Para vehículos de carga de doble rodada, es necesario reapretar las ruedas a 160, 1600 y 10000 km.

#### OPERACIÓN 17

- Engrase de ruedas delanteras y traseras:

En unidades de carga, limpiar y engrasar los baleros de las ruedas delanteras y traseras cada vez que los frenos son reacondicionados, o al intervalo especificado, lo que ocurra primero.

#### OPERACIÓN 18

- Limpieza del sistema de inyección de combustible

Limpiar este sistema, ya sea de inyectores o carburador es muy importante para obtener un desempeño óptimo del vehículo y un ahorro significativo de combustible.

#### OPERACIÓN 19

- Operación del sistema de freno:

Mientras se opera el vehículo, estar alerta de sonidos anormales, aumento de la carrera del pedal o repetidos "jalones" a uno u otro lado cuando frena. También si la luz de aviso del freno se enciende o parpadea, algo puede estar mal en el sistema de frenos, éste tiene que ser inspeccionado y reparado de inmediato.

Por lo menos cada 5000 km revisar el nivel de líquido de frenos en el depósito de reserva del cilindro maestro y mantenerlo al nivel adecuado.



Es normal que el nivel del líquido baje ligeramente como resultado del desgaste de las balatas; pero asegurar el nivel indicado en el depósito de reserva del cilindro maestro.

Una pérdida grande del nivel de frenos puede indicar un problema, el cual debe inspeccionarse y repararse enseguida.

Realizar el servicio al sistema de frenos cada 25000 km, inspeccionar líneas y mangueras por su adecuada ejecución, dobleces, fugas, roturas o rozamientos. Inspeccionar el tambor por desgaste o fracturas.

Por lo menos cada año verificar la operación del freno de estacionamiento. **PRECAUCION**, antes de revisar la habilidad de detener el vehículo con el freno de estacionamiento y el punto de "park" de transmisión/traseje automático, asegurarse de tener el suficiente espacio para reducir el riesgo de un posible daño personal o material, estar preparado para aplicar el freno normal rápidamente si el vehículo empieza a moverse. Efectuar la prueba en una pendiente.

Para revisar el freno de estacionamiento, con el motor encendido y transmisión/transeje "neutral", lentamente quitar el pie del pedal del freno regular hasta que el vehículo sea detenido solamente con el freno de estacionamiento.

Para revisar el "Parking" (P) de una transmisión/transeje automático, soltar el freno regular después de engranar "parking".

## OPERACIÓN 20

- Nivel de líquidos:

En esta operación se debe verificar el nivel de todos los fluidos y que no hayan quedado involucrados en otras operaciones como el cambio de aceite, servicio al eje trasero o servicio al transeje/transmisión manual o automática.

El vehículo deberá mantener el nivel correcto de fluidos en el motor, sistema de enfriamiento, batería, sistema de frenos, dirección hidráulica, transeje/transmisión -diferencial y líquido limpia parabrisas.

## OPERACIÓN 21

- Servicios al sistema eléctrico

Por lo menos cada 15 000 km, realizar la prueba del sistema de carga para asegurar que el voltaje de operación del vehículo es adecuado.

Por conveniencia, verificar que todas las luces e instrumentos del vehículo operen correctamente.

## OPERACIÓN 22

- Alineación y balanceo

Es de suma importancia realizar este servicio por lo menos cada 20000 km, para prevenir un desgaste prematuro de los neumáticos y evitar vibraciones que pueden aflojar partes de la dirección del vehículo y acortar la vida útil de los amortiguadores.

## OPERACIÓN 23

- Cambio de neumáticos

Es importante que en cada servicio de alineación y balanceo se verifique el desgaste en la banda de rodadura de los neumáticos ya que son de vital importancia para una conducción segura del vehículo.

## OPERACIÓN 24

- Operación del sistema de escape:

Estar alerta de cualquier cambio de sonido del sistema o de cualquier olor humano. Estos son signos de que el sistema puede estar fugando o sobrecalentado. Tiene que inspeccionarse y repararse enseguida.

Inspeccionar la carrocería cercana al sistema de escape. Buscar partes rotas, dañadas, corridas, faltantes o fuera de posición, así como uniones abiertas, hoyos conexiones flojas y otras condiciones que pudieran causar calentamiento en el piso de la carrocería o que permita a humos del escape filtrarse al compartimiento de pasajeros.

## OPERACIÓN 25

- Otras inspecciones y servicios:

Independientemente de las operaciones antes descritas dentro del programa de mantenimiento del vehículo, efectuar las siguientes inspecciones para asegurar su buen funcionamiento.

### a). Operación del sistema de dirección:

Estar alerta de los cambios en la acción de la dirección. Una inspección es necesaria cuando el volante de la dirección está duro al dar la vuelta o tiene mucho juego o si ruidos anormales son notados cuando da vuelta o se estaciona.

Cada 5 000 km, verificar el nivel de fluido de la bomba, de acuerdo a las instrucciones del manual del propietario y mantenga su nivel apropiado.

### b). Operación del seguro del cofre:

Cuando se abra el cofre, observar la operación del seguro secundario. Este deberá mantener el cofre semi-abierto hasta que el seguro sea operado. Asegurarse de que el cofre cierre firmemente.

### c). Operación de luces:

Cada mes se deben revisar la operación de luces, guantera, cuartos traseros, faros, luz alta y baja, luz de estacionamiento, de advertencia, de freno, direccionales, de reversa, panel e interior.

### d). Fuga de líquidos.

Cada mes, después de que el vehículo ha estado estacionado por un tiempo, inspeccione la superficie debajo del vehículo para ver si hay agua, aceite, combustible u otro fluido. Agua goteando del sistema de aire acondicionado después de su uso es normal. Si se observan fugas de combustible o gases de escape, la causa deberá encontrarse y corregirse enseguida.

e). Inspección de varillas del acelerador:

En cada cambio de aceite inspeccione por interferencias, dobleces, partes dañadas o faltantes del mecanismo de acelerador, verificar que la mariposa del acelerador opere a su máxima apertura.

A partir de estas actividades, se establece el siguiente programa de mantenimiento con sus respectivos intervalos de tiempo en los cuales se debe realizar este, especificándose para cada caso si se requiere en automóviles o en vehículos de carga.





MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUTOMÓVILES				
BITACORA DE SERVICIOS PREVENTIVOS				
Operador:			AUTOMOVIL:	
KM (X1000)	Servicio	Fecha real	Km real	Observaciones
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				
70				
75				
80				
85				
90				
100				

Figura A.2.: Bitácora de servicio para el mantenimiento de vehículos

La figura anterior muestra un prototipo de bitácora de mantenimiento, la cual se utiliza para poder llevar un control acerca de los servicios que se le proporcionan a cada uno de los vehículos de la empresa.

Aún estableciendo un sistema de mantenimiento como el propuesto, existen en ocasiones situaciones ajenas al departamento las cuales pueden crear fallas en los vehículos, por esta razón es necesario llevar un control a cerca de estos accidentes y poder compararlos con el mantenimiento propuesto.

Para tales efectos se presenta en la figura A.3 el formato que debe utilizarse para contabilizar y evaluar los accidentes ocurridos tanto a los carros como a los vehículos de carga.

(1) VEHICULO: _____		(2) KILOMETRAJE: _____
(3) No. De trabajo:		(4) AUTORIZO:
		(5) RECIBIO:
		(6) REPARO:
(7) SERVICIO:		(8) TIPO DE MANTENIMIENTO Correctivo <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/>
(9) Refacciones	(10) Costo	(11) Observaciones
(12) Costo total:		

Figura A.3.: Ficha para reparaciones fuera del programa de mantenimiento



Dentro de la ficha que se utiliza para arreglar los automóviles cuando sufren algún accidente que puede dañar o provocar algún desperfecto en el vehículo, se encuentran numeradas cada una de las casillas, esto es con el fin de proporcionar una descripción y una orientación sobre los datos que en ella se requieren.

- (1) **Vehículo:** Se registran marca, modelo y placas de la unidad que requiera arreglo.
- (2) **Kilometraje:** Número de kilómetros recorridos hasta el momento de ingresarlo al servicio.
- (3) **No. De trabajo:** Clave que se utiliza como registro por del departamento de mantenimiento, en el cual se especifica la fecha.
- (4) **Autorizó:** Nombre y firma de la persona encargada del departamento de mantenimiento.
- (5) **Recibió:** Nombre y firma de la persona que recibe el vehículo en el taller.
- (6) **Reparó:** Nombre y firma del mecánico que realizó el servicio al vehículo.
- (7) **Servicio:** Operación por la cual ingresa la unidad al taller, puede ser una o varias, para lo cual se utilizaría la misma ficha.
- (8) **Tipo de mantenimiento:** Aquí existen dos cuadros, de los cuales se debe de señalar el tipo de mantenimiento que recibe, es muy importante, pues con esto el departamento podrá utilizar la información cuando el vehículo cumpla con el kilometraje establecido para llevar acabo una operación de prevención.
- (9) **Refacciones:** Se enlista la parte o partes necesarias que pudieran utilizarse en la operación a realizar. Cuando se trate de un servicio, es aquí donde debe indicarse.
- (10) **Costo:** Es el valor de cada una de las refacciones o servicios requeridos.
- (11) **Observaciones:** Debe mencionarse de forma clara y breve la razón por la cual la unidad sufrió el daño que originó su ingreso al taller, también se debe registrar cualquier operación extra que se le haya dado al vehículo, lo cual podría cambiar las condiciones del siguiente mantenimiento preventivo.
- (12) **Costo total:** Suma de todos los valores de las refacciones y/o servicios requeridos.

## ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se recogen los resultados de los costos del programa de mantenimiento, a efecto de poder establecer un análisis económico, es de sumo interés el mencionar el hecho de que como en esta compañía no se tenían antecedentes de un sistema de mantenimiento, no tenemos conocimiento del estado en el cual se encuentran los vehículos, por lo cual, a los costos del programa de mantenimiento deben de agregarse los costos de regresar las unidades a su estado óptimo, sin importar el kilometraje que estos puedan tener, para a partir de esto comenzar a establecer los periodos de mantenimiento.

### Refacciones automóbiles

Concepto	Medida	Costo unitario (\$)	Cantidad utilizada
Aceite motor	Litro	20.00	4
Filtro aceite	Pieza	35.00	1
Grasa bat 3	Kilògramo	38.00	1
Filtro gasolina	Pieza	65.00	1
Bujías	Pieza	12.00	4
Juego de cables	Juego	250.00	1
Filtro de aire	Pieza	32.00	1
Válvula PCV	Pieza	25.00	1
Anticongelante	Litro	25.00	4
Aceite t/a	Litro	25.00	6
Balero trasero	Pieza	70.00	2
Limp. Inyectores	Pieza	45.00	1
Banda alternador	Pieza	70.00	1
Banda bomba agua	Pieza	65.00	1
Balatas delanteras	Juego	110.00	1
Balatas traseras	Juego	90.00	1
Liquido de frenos	Litro	35.00	1
Neumáticos	Juego	2500.00	4

Nota: Estas partes serán reemplazadas siempre y cuando se requieran, esto con el fin de optimizar.

### Servicios automóvil

Servicios	Costos mano de obra
Lavado y engrasado	150.00
Alineación y balanceo	200.00
Alternador y marcha	300.00
Sistema de escape	100.00
Afinación	300.00
Verificación	250.00

### Refacciones vehículos de carga

Concepto	Medida	Costo unitario (\$)	Cantidad utilizada
Aceite motor	Litro	20.00	5
Filtro aceite	Pieza	45.00	1
Grasa bat 3	Kilogramo	38.00	1
Filtro gasolina	Pieza	90.00	1
Bujías	Pieza	12.00	8
Juego de cables	Juego	400.00	1
Filtro de aire	Pieza	43.00	1
Válvula PCV	Pieza	25.00	1
Anticongelante	Litro	25.00	10
Aceite t/s	Litro	25.00	5
Balero trasero	Pieza	180.00	2
Limp. Inyectores	Pieza	45.00	1
Banda alternador y bomba de agua	Pieza	230.00	1
Balatas delanteras	Juego	300.00	1
Balatas traseras	Juego	150.00	1
Líquido de frenos	Litro	35.00	1
Neumáticos	Juego	8000.00	6

Nota: Estas partes serán reemplazadas siempre y cuando se requieran, esto con el fin de optimizar.

## Servicios vehículos de carga

Servicios	Costos mano de obra
Lavado y engrasado	240.00
Alineación y balanceo	350.00
Alternador y marcha	600.00
Sistema de escape	150.00
Afinación	700.00
Verificación	450.00

**Nota:** los servicios de ajuste de tiempo y marcha mínima del motor se llevarán a cabo junto con el servicio de afinación.

En términos más amplios, el objetivo de evaluar consiste en observar los beneficios y los costos del proyecto, con miras a determinar si es factible la implementación del programa de mantenimiento. Recordemos que como no se tenía anteriormente registrado ningún mantenimiento no podemos mencionar con exactitud los gastos que ocasionaba la reparación de los vehículos cuando estos eran víctimas de algún percance o rotura de algún elemento, pero lo que si podemos establecer es que las pérdidas de tiempo ocasionaban grandes pérdidas económicas que es lo que se pretende evitar estableciendo un programa periódico de mantenimiento, lo que nos llevaría a conocer exactamente el periodo en el cual la unidad estará fuera de servicio y así planear efectivamente el uso de los demás vehículos, aunque es importante el mencionar que las operaciones que se mencionan en el programa se realizan en un periodo de tiempo promedio de 5 horas.

Cabe mencionar que los precios mencionados fueron extraídos del mercado nacional vigentes a mediados del mes de junio del 2000, la empresa para la cual se está preparando este mantenimiento no proporciono datos en cuanto a gastos ocasionados por la reparación de las unidades.

Por último, podemos mencionar que el propósito primario de este sistema de mantenimiento para el parque vehicular es el de impulsar y cooperar a la generación de utilidades para la empresa, resulta entonces, necesario conservar los equipos e instalaciones que contribuyen a la producción en un estado de eficiencia máxima y con un costo mínimo.

Es muy importante que el personal del departamento de mantenimiento tenga siempre presente el objetivo a alcanzar, manteniendo una rentabilidad adecuada e incrementando la productividad personal así como la reducción de costo de mantenimiento de los vehículos que componen la flotilla de la empresa.

El beneficio económico final que resulta de este programa sirve como base para tomar la decisión sobre su viabilidad, conveniencia y oportunidad de ser implementado.

A partir de establecer este mantenimiento y observar su funcionalidad y desarrollo podríamos dar paso a establecer un mantenimiento más avanzado o sofisticado, como el que se propone en esta tesis.

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Habitualmente estamos acostumbrados a observar la producción de ciertas compañías y no hacemos hincapié en todo el proceso por el cual tuvo que pasar este producto para llegar a nuestras manos; mucho menos pensamos en si el sistema de producción es el adecuado o si se podría mejorar y con esto incluso poder disminuir los costos de producción y a su vez el costo del producto mismo.

Cuando se requiere establecer un sistema de producción más eficaz deben de tomarse en cuenta varias interrogantes como el que tan grande es la necesidad, cuales son las posibilidades para reducir los costos unitarios del producto, con cuanta frecuencia ocurre un paro en la máquina o que tan importante resulta prolongar la vida del equipo.

Una vez resueltas estas preguntas se puede determinar si es conveniente el hecho de implantar un sistema de mantenimiento total, el cual pretende no solo generar una mayor producción, si no el ofrecer a los empleados un entorno de trabajo diferente al que están acostumbrados y con esto lograr un mejor y mayor desempeño de su parte, lo cual en conjunto conlleva a un beneficio para toda la compañía, aumentando las utilidades de la misma.

Es de suma importancia el aclarar que un sistema de productividad total no se implementa de la noche a la mañana, en la mayoría de los casos se necesitan varios años (tres como mínimo), pues se debe comenzar con una inspección minuciosa de todos los equipos, así como de los miembros de la compañía, incluidos máquinas, materiales y todo el personal.

En toda empresa existen grandes pérdidas, ya sea de tiempo (principalmente), de material o de mano de obra, e implementando el programa de mantenimiento total se pueden disminuir e incluso eliminar todas estas pérdidas y no sólo eso sino que los empleados al recibir adiestramiento y capacitación lograrán una mayor formación profesional y por lo tanto se creará un ambiente de trabajo más placentero.

Todo lo anterior se logra con la ayuda de pequeños grupos de trabajo, los cuales deben aprender y poner en práctica los diferentes tipos de mantenimiento, además de romper con el esquema preestablecido de "Yo opero - Tú arreglas", es decir, conscientizar a los empleados de que ellos son los únicos responsables del equipo que utilizan. Con esto no se pretende eliminar el departamento de mantenimiento, sino simplificar y disminuir su trabajo para que puedan concentrarse en problemas mayores que realmente requieren de una atención calificada

Es de suponerse que el hecho de implementar un programa de mantenimiento de estas magnitudes puede crear múltiples gastos, para los cuales la compañía no este en posibilidades de solventar, pero recordemos que todo este sistema es una inversión a largo plazo, que con el paso de algunos años nos llevará a recuperar nuestra inversión y principalmente a alcanzar nuestro objetivo que es una mayor producción a menor costo y sobre todo el ideal de "Cero Defectos", que se lograrían conociendo en primer termino las pérdidas de productividad, así como las acciones pertinentes que se pueden aplicar para reducir e incluso eliminar estas pérdidas. También es de gran importancia conocer los tipos de mantenimiento que existen, para poder adoptar el más conveniente de acuerdo a las necesidades de la planta y poder mejorarlo o actualizarlo para obtener resultados más satisfactorios.

Otro punto muy importante para lograr una producción con "Cero Defectos" es el adiestramiento en mantenimiento que se le proporcione a los empleados, lo cual no significa que un operador sea experto en cada uno de los temas de adiestramiento, ni que sepa calcular minuciosamente cada uno de los componentes del equipo que opera, sino el conocer los principios de funcionamiento y las características básicas de estos componentes, y con esto propiciar que los operadores comprendan que existe un mantenimiento mínimo que logrará un rendimiento óptimo y un alargamiento en la vida útil del mismo.

Con lo mencionado anteriormente podemos agregar que un programa de mantenimiento total no solo es una serie de reglas y procedimientos que se deben seguir, sino una manera diferente de pensar al que la mayoría no está acostumbrado y al que tal vez le sea difícil acoplarse, por esto quizá el mayor problema que se enfrenta con respecto a la implementación de este programa es la resistencia al cambio por parte del personal que labora en la compañía, y con esto no solo nos referimos a obreros o técnicos, sino a todo el personal que comprende una compañía incluyendo a la alta dirección. Por este motivo es de primordial importancia la comunicación que se tenga con todos los trabajadores, pues debe plantearse desde un punto de vista en el que todos queden satisfechos e incluso recalcar el hecho de que la implementación de este programa de mantenimiento traerá consigo grandes beneficios para todos.



# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFÍAS

- TPM (PROGRAMA DE DESARROLLO)  
IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL  
SEIICHI NAKAJIMA  
PRODUCTIVITY PRESS
- ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
ORGANIZACIÓN, MOTIVACIÓN Y CONTROL EN EL MANTENIMIENTO  
INDUSTRIAL  
E. T. NEWBROUGH  
EDITORIAL DIANA
- DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
JOSEPH EDWARD SHIGLEY  
CHARLES R. MISCHKE  
5ª EDICIÓN  
MC. GRAW-HILL
- CIRCUITOS Y SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS  
VÍCTOR GEREZ GREISER  
V. CZITRÓM DE GEREZ  
ED. ALFAOMEGA
- MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA  
WILLIAM PORRITT  
JOHN LITTON  
ED. HISPANO EUROPEA
- TECNOLOGÍA MECÁNICA E INSTALACIONES  
ING. ODÓN DE BUEN LOZANO  
ED. ALFAOMEGA
- MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL: ORGANIZACION,  
INGENIERIA MECANICA, ELECTRICA, QUIMICA, CIVIL, PROCESOS Y  
SISTEMAS  
MORROW LESTER CORIDON

- OPERACIÓN, CONTROL Y PROTECCION DE MOTORES ELECTRICOS  
HORACIO BUITRON SANCHEZ  
3ª EDICION  
ED. HECTOR PACHECO
- EQUIPOS INDUSTRIALES (GUIA PRACTICA PARA REPARACION Y  
MANTENIMIENTO)  
TOMO II  
MC. GRAW-HILL
- MANUAL DE NEUMATICA  
ED. BLUME
- NEUMATICA, HIDRAULICA Y ELECTRICIDA APLICADA  
JOSE ROLDAN VILORIA  
ED. PARANINFO
- MANUAL DE INSTALACIONES NEUMATICAS  
OCTAVIO BLANES  
EDICIONES CECSA
- MAINTENANCE ENGINEERING HANDBOOK  
LINDLEY R. HIGGINS  
FOUR EDITION  
MC. GRAW-HILL
- PLAN DE DESARROLLO DE MANTENIMIENTO KIMBERLY CLARK DE  
MEXICO  
LYLE B. MC CORMICK  
RICHARD P. SCHMIDT
- CATALOGO GENERAL SKF  
RODAMIENTOS  
1989
- LA SEGURIDAD INDUSTRIAL  
GRIMALDI SIMONS  
ED. REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A. MEXICO

- ELEMENTOS DE MANTENIMIENTO  
ARMANDO ALFONZO ALFONZO  
CENTRO NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD. MEXICO
  
- LA PRODUCCION INDUSTRIAL (SU ADMINISTRACION)  
KEITH LOCKYER  
ED. ALFAOMEGA
  
- LOS COSTOS DE CALIDAD  
CARLOS COLUNGA DAVILA  
ARTURO SALDIERNA GOMEZ  
ED. PANORAMA
  
- LOS COSTOS EN LA CALIDAD  
BARRIE G. DALE  
JAMES J. PLUNKETT  
GRUPO ED. IBEROAMERICA
  
- ADMINISTRACION DE LA CALIDAD TOTAL PARA INGENIEROS  
MOHAMED ZAIRI  
ED. PANORAMA