

28  
28



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**EL INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA DENTRO  
DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**JOSE LUIS MANZO DINORIN**

**A S E S O R :  
ING. DANIEL BONILLA SAPIEN**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1995**

**FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEG-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.B. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"El Ingeniero Mecánico Electricista dentro del mantenimiento industrial".

que presenta el pasante: José Luis Manzo Dinorín  
con número de cuenta: 8538282-8 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 22 de Junio de 1995

PRESIDENTE Ing. Juan R. Garibay Bermudez

VOCAL Ing. Héctor Roa Ortiz

SECRETARIO Ing. Daniel Bonilla Sapien

PRIMER SUPLENTE Ing. Rogelio Ramos Carranza

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Martha L. Urrutia Vargas

# INDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO 1. EL MANTENIMIENTO Y EL I.M.E.</b>	5
1.1. El Ingeniero Mecánico Eléctricista	6
1.1.1. ¿Qué es y qué hace?	6
1.1.2. Mercado de trabajo	6
1.2. Objetivos del mantenimiento	7
1.2.1. Definición	7
1.3. El lugar del Ingeniero Mecánico Electricista dentro del mantenimiento	9
1.4. Tipos de mantenimiento	9
1.5. Tareas del mantenimiento	10
1.5.1. Servicio	10
1.5.2. Inspección	11
1.5.3. Reparación	12
1.5.4. Cambio	12
1.5.5. Modificación	13
<b>CAPÍTULO 2. ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>	14
2.1. Importancia de la organización del mantenimiento	15
2.2. Responsabilidades del mantenimiento	15
2.3. Comunicación	16
2.4. Importancia del mantenimiento en una empresa	17
2.4.1. Tipo de fábrica	17
2.4.2. Tipo de servicios requeridos	17
2.4.3. Tipo de equipos utilizados	18
2.4.4. Tipo de conocimientos requeridos	18

2.5. Ubicación del departamento de mantenimiento dentro de la industria	19
2.6. La posición de mantenimiento como departamento de operación	24
<b>CAPÍTULO 3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>28</b>
3.1. Definición del mantenimiento preventivo	29
3.2. ¿Qué alcance debe tener un programa de mantenimiento preventivo?	30
3.3. Requisitos de un mantenimiento preventivo	32
3.4. Organización de un programa de mantenimiento preventivo	33
3.5. ¿Qué equipo incluir en un programa de mantenimiento preventivo?	37
3.6. Selección de las frecuencias de inspección?	38
3.7. Lubricación	41
3.8. Forma de programar el mantenimiento preventivo	47
3.9. Sistemas de cómputo	50
<b>CAPÍTULO 4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>56</b>
4.1. Mantenimiento correctivo	57
4.2. Registros de reparaciones de maquinaria y equipo	57
4.3. Clasificación y control de órdenes de trabajo	57
4.3.1. Objetivo	57
4.3.2. Alcance	58
4.3.3. Responsabilidades	58
4.3.4. Frecuencia	58
4.3.5. Actividades	58
4.4. La hoja de historial de mantenimiento	62
<b>CAPÍTULO 5. DETECCIÓN ANALÍTICA DE FALLAS</b>	<b>66</b>
5.1. Detección analítica de fallas	67
5.2. Causa de la falla	68
5.3. ¿Dónde comenzar?	69

5.4. Especificación de la falla	69
5.5. Causa y efecto	70
5.6. Las ocho preguntas	71
5.7. Uso de la especificación	72
5.8. Prueba de la causa	73
5.9. Cuidado sobre ir directamente a la causa	74
5.10. Hacerle frente a un revoltijo	75
5.11. Como desmenuzar un revoltijo	76
5.11.1. Asignación de prioridades	77
<b>CAPÍTULO 6. LIDERAZGO.</b>	<b>79</b>
6.1. Liderazgo	80
6.2. Notas sobre la fijación de metas	80
6.2.1. El "feed-back"	81
6.3. Características de un equipo	84
6.4. Principios de solución de problemas	84
6.5. Bases del liderazgo situacional	86
6.6. Regresiones	87
<b>CAPÍTULO 7. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b>	<b>88</b>
7.1. Introducción al mantenimiento productivo total (TPM)	89
7.1.1. Beneficios	90
7.2. Del mantenimiento preventivo (PM) al mantenimiento productivo total (TPM)	90
7.3. Detener el deterioro del equipo	92
7.4. Las cinco actividades para el desarrollo del TPM	96
<b>CAPÍTULO 8. CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>98</b>
8.1. Control de costos de mantenimiento	99
8.1.1. Objetivos de costos de mantenimiento	99

<b>8.2. Índices de control de mantenimiento</b>	<b>100</b>
<b>8.2.1. Clases de índices</b>	<b>101</b>
8.2.1.1. Indicadores amplios	101
8.2.1.2. Indicadores de carga de trabajo	101
8.2.1.3. Planeación e indicadores	102
8.2.1.4. Indicadores de la productividad	103
8.2.1.5. Indicadores de costo	104
<b>8.3. Empleo de los índices de control.</b>	<b>105</b>
<b>8.4. Piezas de repuesto y materiales de mantenimiento</b>	<b>107</b>
8.4.1. Instalación de un almacén organizado	107
8.4.2. Métodos de almacenamiento	109
8.4.3. Cantidades necesarias	110
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>114</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>117</b>

# **INTRODUCCIÓN**



## INTRODUCCIÓN

El Ingeniero Mecánico Electricista como el profesional que utiliza los conocimientos de las ciencias físicas y matemáticas, las técnicas de economía y administración con el fin de optimizar la integración y el funcionamiento de sistemas productivos formados por hombres y máquinas, dentro de la industria tiene un gran campo de trabajo, y sobre todo dentro del departamento de mantenimiento de cualquier tipo de empresa, ya sea metal-mecánica, automotriz, alimenticia, farmacéutica, etc. Por esto es importante conocer el mantenimiento industrial desde el punto de vista administrativo, para poder contrarrestar las exigencias que cada día son mayores dentro de la industria, tales como una creciente mecanización, la mayor complejidad de los equipos, controles más estrictos de la producción, menores plazos de entrega, exigencias crecientes de una excelente calidad de los productos, etc. Todos estos aspectos influyen de gran manera dentro de la industria, teniendo como consecuencias, una reducción en mano de obra, pero con la necesidad de conservar los equipos en óptimas condiciones; la evolución de equipos altamente automatizados que requieren de servicios altamente especializados, la problemática de refacciones sumamente especiales debido a la complejidad de los equipos, impactos muy grandes por interrupciones en la producción; mayor producción, pero menores plazos de entrega; mejor calidad para productos más vendibles, pero que crea la urgencia de corregir cualquier condición impropia dentro del proceso, etc. Debido a esto es importante prestar atención y más cuidado al departamento de mantenimiento.

Una buena actividad de mantenimiento lleva a buscar la máxima conservación de instalaciones y maquinaria para reducir al mínimo los tiempos ociosos o suspensiones de trabajo, haciendo más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, a fin de conseguir resultados que benefician a la empresa junto con algo que es muy importante, "el menor costo posible".

El Ingeniero Mecánico Electricista debe conocer: cuáles son los síntomas de indiferencia hacia el departamento de mantenimiento, así como cuáles son las áreas potenciales de mejora para saber hacia dónde dirigir sus esfuerzos. Dentro de los síntomas más notables de indiferencia hacia la función del mantenimiento son:

- Numerosos paros de máquinas por fallas mecánicas o eléctricas.

- Trabajo frecuente en horas extras.
- Preferencia a la producción sobre el buen estado de operación de la maquinaria.
- Falta de un programa de reposición de equipo.
- Insuficiente mantenimiento preventivo, con el consecuente exceso de mantenimiento correctivo.
- Falta de capacitación al personal de mantenimiento.
- Deficientes instalaciones de taller.

Por lo tanto, es importante estar conscientes de que la función de cuidar los equipos es parte constitutiva de la operación total de una instalación, así como el tener presente también que las técnicas administrativas aplicadas en producción, tales como:

- Planificación
- Procedimientos escritos
- Medición del desempeño
- Planeación y programación
- Programas de adiestramiento
- Técnicas de motivación
- Control de costos

Las cuales son perfectamente aplicables a la función de mantenimiento. Esto es algo de lo que el Ingeniero Mecánico Electricista debe conocer perfectamente para que con su labor bien encaminada actúe como un eslabón sólido en la cadena que hace funcionar cualquier industria para la obtención de sus objetivos; ya que la relación entre el Ingeniero Mecánico Electricista y la industria en general es muy grande pues conforme la evolución tecnológica avanza se requiere la creación de mejores técnicas de trabajo con el fin de obtener mejores resultados en el cumplimiento de los objetivos, por lo que el mantenimiento se vuelve una ciencia y una técnica indispensable para evitar el deterioro del equipo de producción y las interrupciones en el trabajo, que perjudican al público, a la empresa y a los trabajadores. De ahí que los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Conocer la importancia que tiene el departamento de mantenimiento dentro de cualquier industria.

- Conocer el papel que desempeña el Ingeniero Mecánico Electricista en un departamento de mantenimiento.
- Conocer la trascendencia que tiene para la producción y los costos el cuidar el buen estado de operación de la maquinaria.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo, específicamente de lubricación dentro de una industria farmacéutica.
- Implementación de un programa de mantenimiento preventivo por computadora, para obtener un más ágil y mejor control de actividades, recursos humanos y materiales.
- Conocer la filosofía del mantenimiento productivo total.
- Implementar una metodología; la detección analítica de fallas dentro del mantenimiento correctivo.

**José Luis Manzo Dinorín**

## **CAPÍTULO 1**

# **EL MANTENIMIENTO Y EL I.M.E.**

## **1.1. EL INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA<sup>[15]</sup>**

### **1.1.1. ¿QUÉ ES Y QUÉ HACE?**

El Ingeniero Mecánico Electricista es el profesional que utiliza los conocimientos de las ciencias físicas y matemáticas, las técnicas de ingeniería, de la economía y de la administración, para transformar la naturaleza por medio de dispositivos mecánicos y eléctricos en beneficio de la sociedad y para optimizar la integración y el funcionamiento de sistemas formados por hombres y máquinas.

- Diseña maquinaria, dispositivos y sistemas mecánicos.
- Asesora y supervisa la manufactura de equipo industrial.
- Dirige el montaje, operación y mantenimiento de instalaciones y aparatos mecánicos.
- Dirige y planea la operación de sistemas de generación y distribución de energía eléctrica.
- Diseña y planea instalaciones y máquinas eléctricas.
- Interviene en el estudio y realización de los sistemas de comunicación, tales como telefonía, televisión, satélites, etc.
- Diseña y construye sistemas de control de procesos industriales y de servicio en base a computadoras.
- Planea y organiza sistemas productivos (industrias) en los que intervienen hombre y máquinas.
- Utiliza técnicas matemáticas, de economía y de administración, para optimizar procesos industriales y de servicio.
- Hace uso intensivo de las computadoras para la solución y simulación de problemas de ingeniería.

### **1.1.2. MERCADO DE TRABAJO**

Dada la actual situación tecnológica y económica del país, las perspectivas para el Ingeniero Mecánico Electricista son amplias, ya que se necesita consolidar una tecnología propia, que permita la sustitución de importaciones e impulsar el desarrollo industrial del país; además de promover la formación y desarrollo de empresas de ingeniería que coadyuven al incremento en la producción de bienes y al mejoramiento de servicios públicos, básicamente en los sectores de comunicaciones, industria metal mecánica, eléctrica y electrónica.

Como podemos darnos cuenta, la relación existente entre el Ingeniero Mecánico Electricista y la industria en general es muy grande, y como el Ingeniero debe conocer mejor las actividades que todo departamento de mantenimiento debe cumplir; el presente trabajo tiene como objetivo desmenuzar todo lo que concierne a esta importantísima área de la Ingeniería.

## 1.2. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO<sup>[9]</sup>

### 1.2.1. DEFINICIÓN

A medida que la mecanización penetra más y más en el terreno de la industria en general el mantenimiento se vuelve una ciencia y una técnica indispensable para evitar el deterioro del equipo de producción y las interrupciones en el trabajo, que perjudican al público, a la empresa y a los trabajadores.

El mantenimiento pues, dentro de cualquier industria desempeña un papel muy importante ya que un buen equipo de este, bien organizado, bien planeado y controlado, va a dar a la empresa a la que pertenece resultados tales como; mayor productividad, reducción de costos y mejor calidad de los productos, entre muchos otros beneficios más.

Para lograr una o varias metas lo primero en que se debe pensar es en cuáles son los objetivos a alcanzar y como el más importante para cualquier empresa es la de obtener utilidades o beneficios; así también para el departamento de mantenimiento el propósito principal es impulsar y cooperar a la generación de utilidades por la empresa. Así pues, un departamento de mantenimiento deberá proponerse lo siguiente:

- |   |
|---|
| <input type="checkbox"/> Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción.   |
| <input type="checkbox"/> Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el deterioro.       |
| <input type="checkbox"/> Conseguir estas metas en la forma más económica posible y a largo plazo. |

Sin duda alguna algo muy importante para cualquier departamento es el llevar a cabo las metas de la empresa; por lo que cada equipo tiene funciones específicas que deberán determinarse con

toda precisión y asignarlas por escrito, a fin de que se pueda medir la realización y tener un concepto claro de cuáles son los objetivos a alcanzar.

Si el objetivo final es la utilidad, resulta pues, necesario conservar las instalaciones que contribuyen a la producción en un estado de eficiencia máxima y con un costo mínimo, razón por la cual es necesario contar con lo siguiente:

1. Un sistema de mantenimiento preventivo (limpiar, lubricar, ajustar, etc.), con el fin de tener el equipo en óptimas condiciones y así evitar pérdidas tanto en cantidad, como en calidad de los productos..
2. Tomar en cuenta la importancia que tiene la seguridad e higiene para los trabajadores, ya que se mejora el trabajo y el aprovechamiento.
3. Realizar una planeación realista y tratar de respetar los tiempos estimados, para así evitar repercusiones en plazos de entrega y no molestar la coordinación y sincronización de otros departamentos.
4. La planeación deberá ser de acuerdo a la disponibilidad de materiales, pues es indispensable contar con un buen almacén de refacciones, ya que cualquier falta en los materiales implica demoras que provocan desorden en programas y prioridades. Sin embargo, es sumamente importante aclarar que las existencias en almacén deberán estar plenamente justificadas, de modo que el costo de los inventarios no repercuta en la economía de la empresa; situación que será ampliada en el capítulo de control de costos.
5. Es necesario contar con controles para determinar si se está cumpliendo o no con los planes establecidos, y realizar los ajustes necesarios para su logro.

Por lo anterior es necesario contar con un formato para la ejecución de las actividades, con el que se pueda establecer una visión clara de los objetivos primordiales a alcanzar, evitando así desviaciones de los mismos, tanto en su finalidad como en responsabilidades y en fechas de inicio y término de estos. Estos objetivos deben ser firmados por todas aquellas personas involucradas en su realización, creando así un compromiso por parte de ellos para llegar a su cumplimiento. Este documento, debe ser revisado frecuentemente para llevar un control de actividades y así tener siempre presente el cumplimiento de los mismos en cuanto a cantidad como en su calidad.

### **1.3. EL LUGAR DEL INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA DENTRO DEL MANTENIMIENTO<sup>[9]</sup>**

En el pasado, los capataces de mantenimiento solían ser elegidos tomando en cuenta sus conocimientos de mecánica o su antigüedad. Más tarde, otros niveles de la supervisión de mantenimiento (directores, superintendentes, etc.) solían provenir del grupo de capataces y rara vez se llevaban a cabo programas planeados de adiestramiento con motivo de esos ascensos. Esto daba como resultado que los directores de mantenimiento tuvieran mucha capacidad técnica, pero pocos conocimientos en administración.

Actualmente se ha tenido un claro cambio. Los directores, gerentes y supervisores ahora suelen ser ingenieros graduados que no provienen de los rangos menores y a los cuales se les proporciona adiestramiento en administración y se les proyecta a niveles superiores en virtud de sus conocimientos y capacidad administrativa.

Es por eso que el Ingeniero Mecánico Electricista de las nuevas generaciones se encuentran mejor calificados para convertirse en profesionales dentro del mantenimiento.

Para el desarrollo de las actividades del mantenimiento se requiere de la ingeniería para la adecuada planeación, programación y control de las actividades que se realizan, además del diseño que se requiere para llevar a efecto las modificaciones y/o sustituciones en los bienes físicos de las empresas y el proyecto de las obras a ejecutarse.

### **1.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO<sup>[2,9]</sup>**

Una clasificación sencilla de los tipos de mantenimiento tomando en cuenta su aplicación:

- a) **Mantenimiento correctivo.** Este mantenimiento se realiza en el momento en que las fallas aparecen o se hacen inminentes. Las tareas que se desarrollan en este mantenimiento son principalmente la reparación y el reemplazo.
- b) **Mantenimiento preventivo.** Son todas aquellas acciones realizadas con la finalidad de prevenir fallas.



Dentro del mantenimiento preventivo se puede incluir otro tipo de mantenimiento conocido como:

**Mantenimiento predictivo.** Este tipo de mantenimiento usa modernos monitoreos y técnicas de análisis para diagnosticar la condición de los equipos durante la operación para identificar señales de deterioro o falla inminente. Puede decirse que el mantenimiento predictivo es aquel que se realiza sin sacar de operación al equipo. Estos monitoreos pueden ir desde los más sencillos y económicos, como por ejemplo el revisar baleros con un estetoscopio o un desarmador o al más sofisticado y caro como sería el revisar estos mismos baleros con instrumentos que detectan vibraciones de alta frecuencia y son conectados a una computadora personal, o el revisar la temperatura de un motor simplemente con la mano o hacerlo a distancia con un aparato de rayos infrarojos.

**Mantenimiento rutinario.** Es el conjunto de tareas repetitivas en el mantenimiento que se realizan a un bien físico.

## **1.5. TAREAS DEL MANTENIMIENTO<sup>[2]</sup>**

Para cumplir con el objetivo fundamental del mantenimiento se requieren realizar diferentes actividades físicas. Las actividades físicas desarrolladas en el mantenimiento se definen como "tareas", dentro de las cuales tenemos:

### **1.5.1. Servicio.**

El servicio tiene como objetivo mantener la buena apariencia y adecuado funcionamiento de los bienes físicos, así como es la seguridad e higiene del personal de la empresa, dicho servicio por las características que pueda presentar en su desarrollo, periodicidad y costumbre (viéndolo como un buen hábito), a esta tarea se le considera como mantenimiento rutinario y suele considerarse tanto en el mantenimiento preventivo como en el correctivo.

Dentro de las tareas de servicio se encuentran, entre otras, las siguientes:

- Ajustes.
- Chequeo de niveles de fluidos.
- Jardinería.
- Limpieza.
- Lubricación.
- Pintura, etc.

### 1.5.2. Inspección

El objetivo de la inspección es la detección de las posibles fallas ya que tiene la función de cuidar que los equipos sean usados correctamente, que los procedimientos de mantenimiento sean los adecuados y además que sean bien ejecutados y que los materiales usados en estas reparaciones sean los requeridos así como la reparación y el trabajo realizados.

La frecuencia en que se deben realizar las tareas de inspección se obtiene de acuerdo a:

- Condiciones de servicio.

Medio ambiente en que trabaja el equipo.

Confiabilidad requerida del equipo en el proceso.

Continuidad con que trabaja el equipo

Características de la operación del equipo en el proceso, personal operario y materia prima utilizada.

Riesgo que pueda ocasionar la falla del equipo. (Peligrosidad).

- Diagnóstico.
- Información.
  - Del fabricante, ya sea por el manual de operación o por información personal.
  - De los operadores.
  - De las visitas a los equipos.
- Técnica general.
  - Reparación.

- Vida útil asignada.

Dentro de las habilidades del personal que se encarga de la inspección es importante que realicen las siguientes funciones básicas de ingeniería:

- Calificación de la falla.
- Criterio de solución.
- Establecimiento de prioridades.
- Detección de la causa

Para la realización de estas actividades hablaremos de ellas detalladamente en el capítulo 4.

#### 1.5.3. Reparación.

La reparación consiste en obtener el óptimo funcionamiento de los equipos por medio de la corrección de las fallas. Dentro de las tareas de la reparación encontramos:

- **Reconstrucción.**- Es la tarea cuyo objetivo es restablecer, a un nivel ya antes determinado, las funciones del equipo al término de la vida útil nominal de éste. Esta tarea debe ser previamente justificada técnica y económicamente. Es frecuente esta tarea en aquellos casos que es difícil sustituir el equipo por restricciones presupuestales, comerciales o bien por estrategia de planeación.

- **Rehabilitación (overhaul).**- Es el desarrollo integral del mantenimiento general a un equipo, que puede incluir una reconstrucción parcial.

- **Restauración.**- Es restablecer el funcionamiento y/o presentación de un bien físico, conservando el diseño original e incluso, en ocasiones, materiales y tecnología. Esta tarea es usual en los trabajos de conservación de las obras de arte, piezas de colección y trabajos ecológicos.

#### 1.5.4. Cambio.

Cambio o reemplazo es restablecer el adecuado funcionamiento de los equipos al reemplazar las partes o componentes que han fallado, están defectuosas y su vida útil y económica ha concluido.

Las partes para su cambio pueden ser:

- Reparables. Cuando una parte puede continuar en operación, una vez que ha sido reparada.
- No reparables. Cuando una parte debe ser desechada, no siendo posible su reparación.
- De rotación. Cuando una parte puede continuar en operación, simplemente alterando su posición relativa.

#### 1.5.5. Modificación.

El objetivo de la modificación consiste en reducir o eliminar las fallas repetitivas mediante la alteración del diseño original de un equipo. Esta tarea requiere de un importante respaldo técnico y de ingeniería, para la elaboración del diseño, en el cual se considera muy importante la participación activa del personal que desarrolla las tareas del mantenimiento y que efectuará la aplicación física de la modificación. De esta manera se podrá capitalizar la experiencia del personal de aplicación. Dentro de esta tarea se incluye el:

- Reacondicionamiento que consiste en realizar las tareas necesarias de mantenimiento para adecuar el bien físico a nuevos usos o condiciones de operación.

En resumen, en este capítulo fueron presentadas las características tanto de un Ingeniero Mecánico Electricista, así como de las actividades básicas en un departamento de mantenimiento. Así podemos darnos cuenta de la gran compatibilidad existente entre estos dos elementos.

## **CAPÍTULO 2**

# **ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

## 2.1. IMPORTANCIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La organización del mantenimiento es un punto muy importante, porque se trata de una estructura de relaciones prácticas para ayudar al cumplimiento de los objetivos de la empresa, y esto es algo inevitable, ya que el mantenimiento forma parte del sistema y el mantenimiento como un elemento de este sistema debe estar organizado, a su vez como otro sistema más pequeño, pero también con elementos que trabajan en equipo para alcanzar objetivos que lleven a la meta general de la empresa.

## 2.2. RESPONSABILIDADES DEL MANTENIMIENTO<sup>[9]</sup>

Los organigramas de la empresa y del departamento de mantenimiento tienen gran importancia para apreciar con claridad la organización establecida así como la comunicación y vinculación del personal. Los organigramas contribuyen a la comprensión del papel y lugar de cada individuo y función del departamento.

El objetivo de establecer la organización de una empresa es coordinar y vigilar las actividades de ésta, como no existen dos empresas idénticas, es necesario considerar factores que afectan a su estructura, tales como:

- Tipo de actividades que desarrolla
- Calificación del personal.
- Capacidad de la planta.
- Grado de sistematización.
- Planes de expansión
- Tipo de servicios que presta.

Así mismo, dicha organización deberá responder a las necesidades del establecimiento de los siguientes conceptos:

- Autoridad.
- Coordinación.

- Responsabilidad
- Clasificación de áreas

### 2.3. COMUNICACIÓN<sup>[9]</sup>

Como la comunicación juega un papel importante para el buen funcionamiento de cualquier empresa y para que esta exista es necesario que todo el personal reciba y transmita sus ideas, sus inquietudes, sus planes, etc., de tal forma que los flujos de información se realicen verbal o por escrito y mediante los medios que correspondan (pedidos, órdenes, instrucciones, registros, informes, cartas, etc.). Información que de alguna manera canalice a lograr los objetivos de la empresa, pues de lo contrario solo serán obstáculos que obstruyan dichos canales de comunicación.

La corriente de información se mueve en dos sentidos: vertical y horizontal. Cuando es hacia abajo sirve para dictar órdenes, políticas, procedimientos, etc., a los subalternos y se emplea para motivar y hacer que actúen o reaccionen los empleados. Cuando es hacia arriba, asume el carácter de informes que exponen el adelanto o actos relacionados con el trabajo de los subalternos, o bien para solicitar una determinada actuación de los superiores. La comunicación horizontal, también es indispensable para el correcto funcionamiento de la organización ya que tiene que ver principalmente con el traspaso de información entre el personal o departamentos de un mismo nivel, pues es muy común que la correcta coordinación de las funciones (por ejemplo, entre un supervisor de mantenimiento y uno de producción) no logre conseguirse por una inadecuada comunicación horizontal. (figura 2.1).

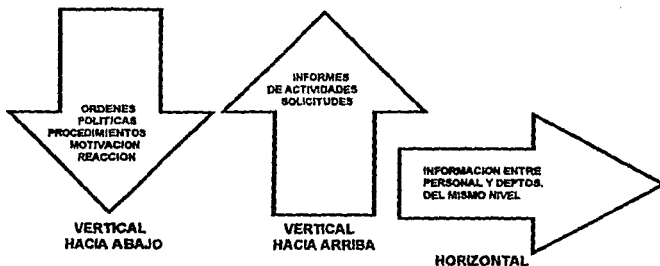


Figura 2.1 La comunicación

## 2.4. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA<sup>[9]</sup>

Los diferentes grados de mantenimiento que pudieran encontrarse en la industria están en función de los siguientes parámetros:

- a) Tipo de fábrica
- b) Tipo de servicios requeridos
- c) Tipo de equipos utilizados
- d) Tipo de conocimientos requeridos

### 2.4.1. TIPO DE FÁBRICA

Tipo básico. Son fábricas que sólo requieren de pavimento, techo y paredes para su funcionamiento. Dichas plantas precisan una capacidad administrativa mínima para su conservación. El papel de la función de mantenimiento es, relativamente, de poca importancia.

Tipo complejo. Son fábricas en las cuales se cuenta con instalaciones especiales y equipos especiales para fabricar un producto

Tipo multifábrica. Esto es cuando una misma empresa cuenta con diferentes fábricas y que no se dedican a lo mismo. Así que el mantenimiento deberá ajustarse para cada una de ellas en particular.

El grado de complejidad en el mantenimiento a cada clase de fábrica determinará el rango de importancia que tenga el departamento de mantenimiento dentro de la organización de la empresa.

### 2.4.2. TIPO DE SERVICIOS REQUERIDOS

Servicios básicos. Los servicios básicos como la energía eléctrica, el agua, el drenaje, son contratados por la empresa y suministrados por el gobierno o compañías particulares, por lo cual no se tiene mucho contacto por mantenimiento.



Servicios complejos. A veces los servicios básicos se tornan complejos cuando de ellos se requieren instalaciones y controles especiales, para lo cual se requieran de conocimientos más profundos. Por ejemplo, utilización de colectores de polvos, calderas, consumo de grandes cantidades de energía eléctrica.

Servicios especiales. Algunos servicios requeridos por las fábricas requieren de tratamiento especial, quizás también de trámites legales. Dentro de estos servicios se pueden encontrar aquellos como: controles de anticontaminación, confinamiento de desechos venenosos o corrosivos, eliminación de desechos atómicos, etc.

#### 2.4.3. TIPO DE EQUIPOS UTILIZADOS

Equipo básico. Son aquellos equipos o maquinarias de tipos y tamaños predeterminados, cuyas partes de repuesto pueden conseguirse fácilmente con cualquier proveedor.

Equipo de diseño especial. Cuando se trata de equipos de adaptación específica o diseño especial vuelve más difícil su mantenimiento debido a que los conocimientos requeridos serán más especializados; por lo que resulta indispensable un buen criterio para poder predecir el tipo y la cantidad de piezas de repuesto que conviene tener siempre en existencia. Como se trata de un equipo especial, el tiempo de entrega de las piezas resulta ser muy grande.

Con esta clase de equipo toda interrupción en el trabajo resulta muy costoso.

#### 2.4.4. TIPO DE CONOCIMIENTOS REQUERIDOS

Para maquinaria de tipo especial. Para atender aspectos tan modernos en maquinaria actual se requieren de conocimientos muy especializados, se requiere de personal de mantenimiento muy experto. Se requieren de mecánicos y electricistas con conocimientos muy avanzados en control, electrónica, mecánica, neumática, hidráulica, etc.

Para operadores de equipo con licencia. El manejo de recipientes sujetos a presión y algunos otros equipos requieren de personal calificado que tengan licencia para cumplir con los reglamentos oficiales.

Para nuevos adelantos técnicos. Hay adelantos técnicos que demandan nuevos conocimientos. Esta necesidad hace que crezca en magnitud el papel del mantenimiento en la empresa, porque cada conocimiento exige un mayor grado de talento, habilidad y adiestramiento. Por lo general se requieren de ingenieros o profesionales para desempeñar esas actividades de mantenimiento.

## 2.5. UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DENTRO DE LA INDUSTRIA<sup>[9]</sup>

El tamaño de la empresa determina el número y lugar de los centros de toma de decisiones en la organización. Estos centros son intersecciones o cruces de la corriente de información.

Los centros de adopción de resoluciones que influyen de una manera directa o indirecta en el mantenimiento prescriben los actos de éste. Pero el departamento de mantenimiento también es, en sí, un centro de toma de decisiones.

Como el tamaño de la organización empresarial determina en gran parte la naturaleza del intercambio de centros de toma de decisiones, se tendrá que considerar la situación tanto de una fábrica pequeña, una mediana y finalmente una grande.



Figura 2.2. Fábrica pequeña 1.

Como los centros de mantenimiento y producción se encuentran al mismo nivel, (ver figura 2.2) es probable que se llegue a soluciones rápidas sin problema alguno porque ambos departamentos tienen intereses comunes, ya que los dos trabajan por hacer posibles los objetivos de la empresa. Ahora veremos otra fábrica pequeña de un tipo diferente. (Ver figura 2.3).

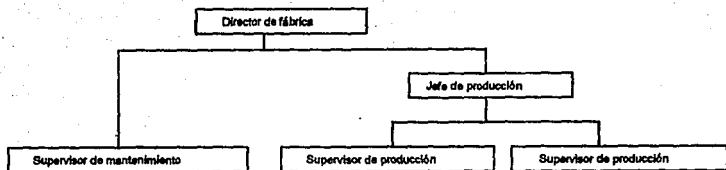


Figura 2.3. Fábrica pequeña 2.

En este organigrama se supone que el departamento de producción es tan complejo que se necesita un jefe que dirija a varios supervisores. También queda supuesto que el papel del departamento de mantenimiento no resulta tan complicado como el de producción. Cuando el supervisor de mantenimiento tiene algún problema fuera de lo común y que afecta a los objetivos de la producción en forma grave, es probable que no tome una decisión por sí solo, sino que discuta el problema con el supervisor de producción que resulte dañado por el mismo. Si después de ese cambio de impresiones no se logra llegar a un acuerdo se puede plantear el problema al jefe de producción y hasta al director de fábrica. De cualquier manera, el supervisor de mantenimiento tiene voz y voto cuando se consulta al jefe de producción. Y aún cuando se lleve el caso a la consideración del director de fábrica, es posible que siga teniendo intervención, aunque no siempre se acostumbra esto.

En la fábrica pequeña 3 (figura 2.4) se puede observar que mantenimiento y producción se hallan al mismo nivel en la estructura orgánica.

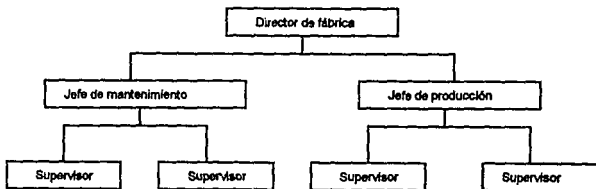


Figura 2.4. Fábrica pequeña 3.

Aquí el departamento de mantenimiento es más grande o complejo y requiere de un jefe a cuyo cargo se encuentren los supervisores. Los departamentos de producción y mantenimiento están a la par y tienen la misma importancia en la empresa. El supervisor de mantenimiento tiene repetidos contactos con el de producción para tratar asuntos que alcanzan el nivel de su centro de toma de decisiones. Si mantenimiento y producción topan con una dificultad tan compleja que no pueda ser plenamente resuelta, es evidente que tendrán que plantearla al centro decisorio inmediato superior.

En conclusión, el número de centro de toma de decisiones y la importancia del mantenimiento aumentan en proporción a la magnitud de la producción.

Ahora veremos una organización un poco más complicada, se trata de una fábrica de tamaño mediano, según la figura 2.5.

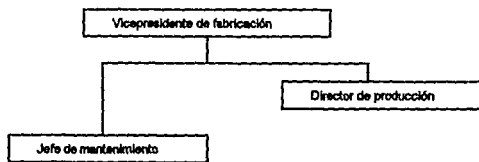


Figura 2.5. Fábrica de tamaño mediano 1.

En una fábrica así, el departamento de mantenimiento es tan importante que se necesita un jefe muy bien preparado. Cuando cualquiera de sus supervisores someta a su consideración un problema que tenga ramificaciones trascendentales que sobrepasen los límites del departamento, aquél tendrá que consultar con el director de producción. Si se ve que existe un conflicto y que el caso no puede ser resuelto plenamente con alguna de las soluciones aportadas, habrá que recurrir al vicepresidente de fabricación, quien decidirá lo que debe hacerse.

La organización de la fábrica 2 de dimensión mediana (figura 2.6) se torna más compleja con la necesidad de un ingeniero de proyectos y otro de fábrica.



Figura 2.6. Fábrica de tamaño mediano 2.

Cuando surge una situación difícil el jefe de mantenimiento puede recurrir a especialistas propios. Luego de consultar con el ingeniero de mantenimiento y el de fábrica es probable que necesite sólo la aprobación del director de fabricación, cuando se trate de decisiones importantes que afecten en otros departamentos. Los ingenieros de mantenimiento y de fábrica, junto con el jefe de mantenimiento, constituyen un centro eficaz de toma de decisiones. Esta concentración de interés en el departamento de mantenimiento hace que resalte la posición del jefe del mismo.

Veamos ahora el organigrama de una empresa mediana a grande (figura 2.7) que coloca al jefe de mantenimiento en un centro de toma de decisiones inmediatamente inferior al del ingeniero de fábrica. Este organigrama simplifica la tarea del jefe de mantenimiento en cuanto a que solo tiene que hablar con un solo individuo al presentarse algún problema.

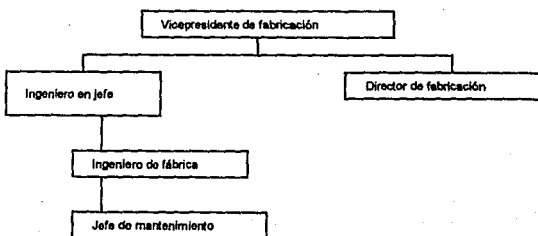


Figura 2.7. Fábrica mediana a grande.

Como centro de toma de decisiones, el jefe de mantenimiento se encarga de una amplia gama de problemas habituales que no se apartan de los procedimientos y políticas normales; pero cuando se trata de resoluciones que tengan que ver con otros departamentos, sólo constituye un eslabón en la red o sistema de toma de decisiones.

Si el departamento es autónomo cobra inusitada importancia en la empresa grande o con varias fábricas. De acuerdo con la organización ilustrada en la figura 2.8, el director de mantenimiento desempeña una parte destacada.

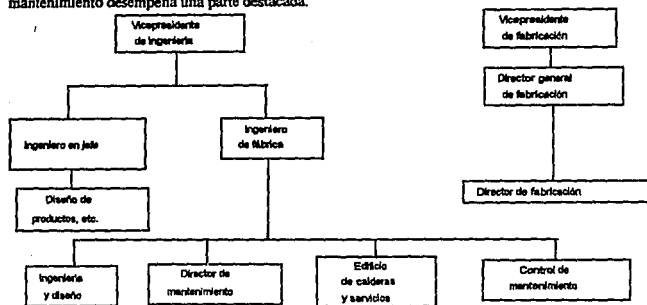


Figura 2.8. Fábrica grande o multifábricas.

El ingeniero de fábrica tiene que ser muy capaz y administrador profesional. Como alto ejecutivo, su papel y lugar en el centro de toma de decisiones es muy importante y no pueden ser subestimados.

Hemos visto en todos estos organigramas puestos de toma de decisiones importantes dentro del departamento de mantenimiento en empresas pequeñas, medianas y grandes, algo muy interesante es que son usados en cualquier tipo de industrias ya sea metal-mecánica, de alimentos, farmacéutica, automotriz, civil, de transporte, textil, etc. y además lo importante es que todos estos puestos pueden ser ocupados por Ingenieros Mecánicos Electricistas.

Es importante que todo el personal conozca perfectamente su posición dentro de la organización, ya que el éxito del desempeño de un trabajador es función de su adecuado comportamiento dentro de la empresa. Para que el organigrama de una empresa sea de utilidad, es indispensable que sean establecidas las líneas de autoridad, funcionalidad y responsabilidad, definiendo así la coordinación y la facilitación entre ellas, procurando la más adecuada división del trabajo y el mayor rendimiento posible, en base a objetivos comunes. De aquí la importancia de conocer las interacciones departamentales.

## 2.6. LA POSICIÓN DE MANTENIMIENTO COMO DEPARTAMENTO DE OPERACIÓN.

La ubicación del local del departamento de mantenimiento tiene que ver con la organización de la función de este. El *taller central* es el que se encuentra situado en un lugar de la fábrica y en el que se halla un grupo de mantenimiento. El equipo empleado por el grupo está allí mismo, así como la oficina del supervisor o jefe. Por lo común, son varios los grupos de trabajo y a menudo comparten la misma área o local. Cuando se encomiendan tareas a los mecánicos del taller central es posible que tengan que trasladarse hasta el sitio donde se desempeñarán.

El *mecánico designado* es el que tiene su asiento en el área en la que su materia de trabajo se encuentra establecida. Existen razones a favor y en contra para contar con talleres de área (o de zona) y con mecánicos designados permanentes en un área:

### RAZONES A FAVOR:

1. Que haya suficiente trabajo para conservar ocupado al mecánico todos los días.
2. Que la importancia de la unidad justifique contar con personal de mantenimiento designado, en cualquier momento, al surgir un problema.
3. Que el tiempo de traslado al/y del taller central se reduzca de manera perceptible.
4. Que los conocimientos especiales requeridos para el mantenimiento de un cierto equipo exijan de un tiempo considerable para su aprendizaje.
5. Que el mecánico designado cobre mayor interés hacia el área específica que se le ha destinado.

### RAZONES EN CONTRA:

1. Frecuentemente, los mecánicos designados no tienen una carga de trabajo uniforme. Esto hace que transcurran lapsos de ociosidad o menos productivos.
2. El mecánico designado se torna en un hombre altamente especializado y debido a ello tiene menos oportunidades de ampliar sus conocimientos en otras áreas o equipos.
3. Si de una manera regular determinados individuos son destinados a áreas precisas en cada turno, se pierde algo de flexibilidad para el despliegue de la fuerza de mantenimiento.
4. Por lo común, es más difícil supervisar a los individuos designados cuando existen varias áreas. Esto hace que en ocasiones el mecánico tenga que ser controlado por el supervisor de producción del área respectiva, lo cual rara vez desemboca en una eficiencia máxima.

Es importante conocer aspectos que se deben tomar en cuenta cuando se trata de establecer zonas de mantenimiento con personal designado:

1. Equipo. Cuando el tiempo de traslado desde el taller central a la línea o unidad de producción es largo o cuando se necesiten conocimientos de tipo especial, podrá reducirse el gasto estableciendo una zona de mantenimiento con jefe y personal idóneo. La operación puede evaluarse y justificarse económicamente.
2. Conocimientos. Cuando se imponga el contar con conocimientos especiales de mantenimiento para conservar debidamente una línea o unidad de producción, el costo del tiempo que dure suspendido el trabajo será el factor a considerar. Un adiestramiento impropio o conocimientos insuficientes del equipo o unidades de que se trate demorará el tiempo de reparación o ajustes, aumentando, por consiguiente, el tiempo de paro. De aquí que a mayor grado de capacidad y conocimientos especiales requeridos para la conservación de las unidades, más conveniente será el establecimiento del área de mantenimiento como parte de la organización general de éste.
3. Ubicación. Otro aspecto que puede determinar la necesidad de formar áreas de mantenimiento es el desplazamiento de éstas hacia los talleres centrales o viceversa. A mayor distancia entre las áreas y los talleres, más será el tiempo que se emplee en trasladarse al punto en que se vaya a efectuar la tarea de reparación. Este tiempo se sumará al de paro, traduciéndose en un exceso de costo, y esto habrá que tomarlo en cuenta para decidir sobre la conveniencia de destinar gente a un área, en lugar de tener que llevarla desde el taller central.



4. **Carga de trabajo.** La cantidad de labor de mantenimiento que tiene que realizarse en una zona es otro factor a considerar para la designación de gente a un área. Si la carga de trabajo fuese mínima, la decisión tendría que ser contraria a la nominación de un trabajador regular, a menos que hubiesen otros motivos que lo justificaran. La cuestión de la carga de trabajo a menudo puede solucionarse acumulando la carga de trabajo de los diferentes mecánicos designados. Esto se efectúa sumando las tareas a ejecutarse en periodos en que se disponga de tiempo. Estas tareas comprenden inspecciones, ajuste y lubricación, reparación y revisión de piezas de repuesto o equipo, limpieza y pintura, etc.

De todo lo expuesto se desprende que equipo, conocimientos, ubicación y carga de trabajo serán los aspectos que orienten la decisión para destinar mecánicos a un área sobre una base de regularidad. Esta clase de designaciones no excluyen el empleo de mano de obra auxiliar. Tan pronto como surgiese una situación que requiriese de más gente, ésta se podría llevar de los talleres centrales para auxiliar a la cuadrilla en apuros.

Es evidente que la estructura del departamento de mantenimiento tiene que variar según la clase de servicios que preste, la clase de equipo que atienda, los conocimientos que se requieran y, de manera especial, el tamaño de la fábrica. Esto se puede ver en las figura 2.9 (Departamento de ingeniería en una industria farmacéutica).

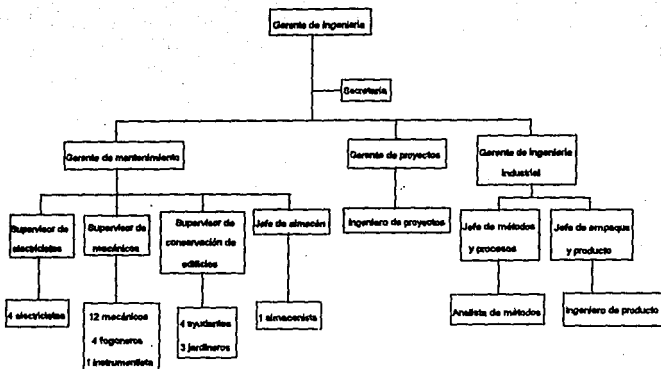


Figura 2.9 Departamento de Ingeniería en una industria farmacéutica.

Una vez más podemos observar que el Ingeniero Mecánico Eléctricista puede desempeñar cualquier puesto de cualquier organigrama mostrado anteriormente, es por eso la importancia de conocer la importancia del departamento de mantenimiento.

## **CAPÍTULO 3**

# **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### 3.1. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva. El objetivo es no permitir que ninguna máquina o instalación llegue hasta su punto de ruptura.

Un mantenimiento preventivo bien dirigido es un instrumento de reducción de costos.

Todos los programas de mantenimiento preventivo bien elaborados producirán beneficios que sobrepasen su costo, lo que quiere decir que todo sistema de mantenimiento preventivo requiere de una inversión, la cual será recuperada si este sistema es llevado adecuadamente y por supuesto después de haber sido evaluado por cada empresa, ya que para todas será diferente este requerimiento. No todas las industrias pueden esperar a obtener beneficios de las mismas características y de la misma magnitud, los productos, los procesos y los métodos de producción son factores muy importantes que intervienen en el alcance de los resultados.

En cualquier industria los tiempos de paro representan pérdidas importantes para esta, en algunas de ellas estos son más significativos que en otras pero para todas existe una repercusión en sus ganancias. Uno de los objetivos principales del mantenimiento preventivo es reducir al mínimo posible estos tiempos de paro logrando así ser esta una actividad importante para cualquier empresa.

La instauración de un sistema de mantenimiento preventivo pretende desarrollar las actividades del mantenimiento en base a cuando "se quieren hacer", en sustitución de "se tiene que hacer". Hay además otras funciones de mantenimiento con las que el mantenimiento preventivo debe integrarse para lograr un programa eficiente de mantenimiento de planta. Un buen sistema administrativo, trabajo de planeación y programación, creación de procedimientos de trabajo, informes de control, talleres, almacenes y herramienta. Podemos a continuación observar algunas ventajas que proporciona un programa de mantenimiento preventivo a la industria.

- 1) Disminuye el tiempo ocioso, gracias a que se logran menor número de paros imprevistos.

- 2) Existen menor número de reparaciones mayores y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y del equipo.
- 3) Se cuenta con un registro útil de los equipos dando detalles de las reparaciones en el mantenimiento programado en comparación a datos que con frecuencia no se obtienen en el mantenimiento correctivo.
- 4) Disminuyen los costos de reparaciones de los desperfectos sencillos realizadas antes de los paros imprevistos, gracias a la menor fuerza de trabajo, a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se utilizan para los paros planeados en comparación con los paros imprevistos.
- 5) Disminuye el tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento por fallas imprevistas, aprovechando adecuadamente sus esfuerzos.
- 6) Menores gastos por el ahorro de desembolsos por reemplazo prematuro de maquinaria o equipo debido a la mejor conservación de estos.
- 7) Mejor control de refacciones, lo cual conduce a tener un inventario mínimo y una reducción de gastos del presupuesto.
- 8) Menos ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios como producto de una mejor condición de los equipos.
- 9) Nos permite identificar los equipos que originan 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 reemplazo de máquinas anticuadas.
- 10) Se obtienen mejores condiciones de seguridad.

### **3.2 ¿QUÉ ALCANCE DEBE TENER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?**

Para que se constituya un mantenimiento preventivo, un grupo de mantenimiento tiene que constituir en una de las partidas de trabajo definidas con anterioridad, tales como inspección, lubricación, cambios, limpieza, etc., costar menos que cierta cantidad que genera el no tener mantenimiento preventivo, y poder ser programada, reconociendo que uno de los requisitos para iniciar un programa de mantenimiento preventivo es lograr un costo de mantenimiento total mínimo.

Hay ciertas partidas de costos que tiene que acumularse para utilizar los recursos de personal apropiados y observar y evaluar la necesidad de eficiencia en el empeño de mantenimiento, estos costos son:

El costo total de mantenimiento, es igual al costo directo de mantenimiento más los costos indirectos, tales como supervisión, inventario y otros gastos generales; el costo total de paros de equipo es igual al costo directo de las reparaciones del equipo (mantenimiento correctivo) más el costo indirecto del mantenimiento correctivo, más el valor estimado de pérdidas debidas a paros de equipo.

La tendencia en el pronto desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo es sobre inspeccionar, resultando en alta inspección costos que son innecesarios, sin embargo, si las frecuencias de inspección no son suficientes, la experiencia de las fallas del equipo será insatisfactoria y los costos de tiempo perdido serán tan altos como este sea.

Una gran cantidad de tiempo muerto puede ser medido económicamente, considerando el costo de mantenimiento (mantenimiento preventivo) contra los costos de tiempo muerto (mantenimiento correctivo). La total ausencia de tiempo invertido es una indicación de que la planta esta siendo sobremantenida y los costos de mantenimiento excesivamente altos.

Un ejemplo de la gráfica de la relación de la cantidad de mantenimiento con los costos totales de las fallas del equipo, se muestra en la figura 3.1, mucho mantenimiento puede ser costoso así como poco mantenimiento, por considerar los costos incluidos por operaciones de mantenimiento (mantenimiento preventivo más reparaciones), puede ser establecido un nivel de mantenimiento que dé el máximo beneficio económico.

Si después de la implantación del programa de mantenimiento aumenta el costo total de mantenimiento, indicaría la necesidad de volver a evaluar el programa completo de mantenimiento preventivo.

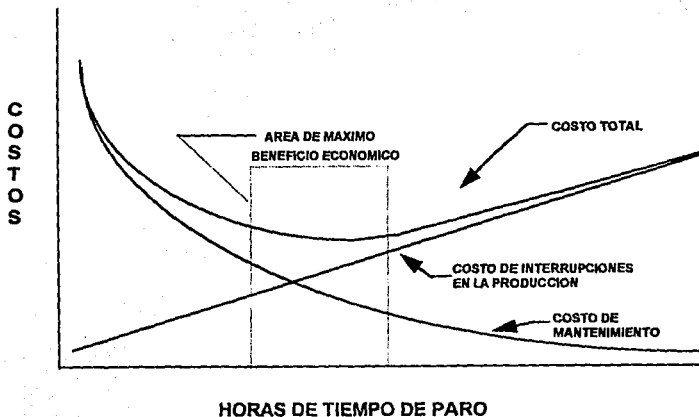


Figura 3.1. Relación de costo mantenimiento-tiempo de paro.

### 3.3 REQUISITOS DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un requisito esencial para el éxito del establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo es que la administración este interesada en las actividades de mantenimiento. Niveles pobres de desempeño en mantenimiento invariablemente existen donde la alta administración no muestra un interés en técnicas modernas de mantenimiento, los expertos de técnicas modernas de mantenimiento son capaces de desarrollar programas de mantenimiento que reducen costos e incrementan los servicios a todos los departamentos.

Las instalaciones y equipos la mayoría de las veces se deterioran por tener una sensación falsa de economía o por programaciones presionadas por producción.. Los planes deben ser hechos para tener niveles altos de operación algunos equipos y prioridades mínimas para iniciar un programa de mantenimiento preventivo. Cualquier planta o instalación gasta más del 75% de sus horas de mantenimiento en reparaciones esperando tener una dificultad considerable para implementar el

mantenimiento preventivo, si la primera condición es que el equipo lo permita normalmente, además de que las reparaciones no son normales.

Durante la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, es aconsejable conducirse a un análisis del historial de costos de mantenimiento para determinar el costo de mantenimiento de cada equipo y para identificar cuales de estos equipos son muy caros para su mantenimiento. También un estudio de las condiciones del equipo debe ser desarrollado para determinar cuales piezas del equipo deben ser reparadas, para esto es necesario contar con un registro completo de todos los equipos existentes en planta. Este estudio debe guiar a la disposición de piezas del equipo de valor marginal, en los cuales imponer una gran carga de trabajo en mantenimiento para mantenerlo en operación. Tales equipos no deben ser retenidos si estos son antieconómicos en su reconstrucción o en su reparación general.

El análisis del historial del equipo y el estudio de las condiciones del equipo revelará también la necesidad de un incremento temporal de la fuerza de trabajo para elevar las condiciones de las instalaciones y el equipo a un nivel aceptable o bien no cargar estos costos al desarrollo del programa de mantenimiento preventivo ya que en realidad pertenecen a un mantenimiento diferido y un resultado del mantenimiento impropio del pasado. Los costos para estas reparaciones diferidas deben ser separados de modo que la alta administración estará enterada del importe.

Después que el programa de mantenimiento preventivo esté vigente como resultado de reparaciones más económicas y menos descomposturas de equipo, los tiempos muertos de producción serán reducidos, suministrando un calculable ahorro en los costos de manufactura.

### **3.4 ORGANIZACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Nadie ha puesto el punto final de su organigrama de mantenimiento para instalar un programa de mantenimiento preventivo. Puede hacerse para servir a cualquier tipo de arreglo con cambios menores, porque el mantenimiento preventivo es más una ideología de operación que un método. En lugar de una posible adición de uno o más empleados o ingenieros, como regla, el mismo



personal será capaz de ejecutar el programa. Si usted tiene que añadir posteriormente más personal, solo prueba que usted no está llevando a cabo correctamente el trabajo de mantenimiento.

Algunas plantas prefieren manejar el mantenimiento preventivo a través de una división separada de inspectores, cuadrillas y supervisores. Dicen que protegen al mantenimiento preventivo contra la dominación de otras fuerzas del mantenimiento. Otras prefieren que todo el trabajo de mantenimiento rutinario y el trabajo de mantenimiento preventivo sea ejecutado por la misma fuerza, pero en cualquier caso se está de acuerdo en estos principios:

- 1) No permita que el trabajo de mantenimiento preventivo sea interrumpido por otro trabajo de mantenimiento. Es una gran tentación descansar al principio, para mantener operando las reparaciones. Pero si se obstina, puede que una disminución en los paros imprevistos, desaloje suficientes trabajadores de las reparaciones para estar dispuestos para encargarse de todo.
- 2) El trabajo rutinario generado por mantenimiento preventivo debe seguir algunos principios administrativos en la misma forma que el trabajo normal de mantenimiento, en lo que se refiere a autorización, acumulación de mano de obra y costos de materiales e informes. Para evitar formas especiales, por ejemplo una compañía sencillamente sella con "MP" las formas normales, para diferenciarlas.
- 3) La función de mantenimiento preventivo debería atribuirse al mismo ejecutivo que dirige todos los demás trabajos de mantenimiento de planta. Pero el mantenimiento preventivo necesita su dirección.

Si usted tiene una fuerza de mantenimiento de cien o más trabajadores, probablemente necesite de un administrador de mantenimiento preventivo de tiempo completo. En algunas plantas su título es "Ingeniero de mantenimiento preventivo" o "Coordinador de mantenimiento preventivo". Él planea y programa todas las inspecciones necesarias, reparaciones generales y servicios, envía órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo para que las realicen los supervisores, vigila todas las tareas de mantenimiento preventivo hasta su terminación.

No hay necesidad de que el aspecto administrativo sea exageradamente pesado o que resulte una carga excesiva. Pero tanto el jefe de mantenimiento como la gerencia superior debe darse cuenta de que el costo de un buen aspecto administrativo se justifica por los resultados. Se debe tener en

cuenta que ningún programa de mantenimiento preventivo pueda lograr nada sin hechos que indiquen donde se encuentra usted y hacia donde va. El administrador debe tener buenos registros, equipo adecuado de archivo y colaboración administrativa adecuada. Así mismo debe considerar el mantenimiento preventivo como una tarea diaria y no solo como algo que hay que hacer. Los registros deben mantenerse al día y no únicamente cuando él disponga de tiempo. Posponer las obligaciones de mantenimiento es una forma segura de paralizar y matar todo el programa.

¿Cuántos empleados necesita el mantenimiento preventivo? Es difícil decirlo, depende mucho del tipo de registros que usted haya elegido y la cantidad de detalles que necesite. Hay sistemas de registro totalmente manuales, en los que todo el trabajo se hace con lápiz o con una máquina de escribir. Hay sistemas de procesamiento de datos (computadoras) que preparan las órdenes de trabajo, procesan los costos y datos de lo que se está llevando a cabo y emiten informes de control. Una gran cantidad de empresas está utilizando este tipo de máquinas para obtener cada día los costos de reparación y mantenimiento de todas las unidades de producción.

Como regla, las autoridades administrativas de mantenimiento preventivo están involucradas en el manejo de trabajo del mantenimiento que no es completamente de mantenimiento preventivo, no hay forma de decir como se divide el tiempo. La opinión general es que se necesita uno o dos empleados para todo el trabajo administrativo.

No importa que sistema administrativo seleccione, siempre que sigan estas directrices básicas:

- 1) Minimice la cantidad de formas y asientos. No trate de registrar información solo porque es agradable tenerla. Pero no elimine datos hasta el punto en que los registros no puedan interpretarse y pierdan con ello su utilidad. Algunas empresas pagan para mostrar los totales mensuales de los costos de mantenimiento y las horas de trabajo en todos sus registros de maquinaria y equipo. La mayor parte de las plantas incluyen los costos totales de materiales y mano de obra en un registro de equipo para cada tarea, y anotan la naturaleza de cada tarea y el número.
- 2) Integre el sistema de mantenimiento preventivo con otros sistemas de mantenimiento. Un buen sistema de mantenimiento preventivo no se mantendrá aislado. Tiene que mezclarse con el

mantenimiento normal de la planta y con el trabajo de ingeniería. Esto es especialmente cierto en lo que se refiere al flujo de formas. Los métodos y las rutas de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, los informes de tiempo, las requisiciones de materiales y las acumulaciones de costos, deben coincidir con los procedimientos normales de mantenimiento, no establezca una tramitación separada para despachar, planear, programar y seguir la trayectoria. Usted puede hacerlo, pero aumentará exageradamente los costos administrativos.

- 3) Asegúrese de que se contabilicen los costos de todas las actividades primarias de inspección. Sólo de esta forma usted puede probarse a sí mismo y a la administración de nivel superior los costos exactos y lo bien que esta llevando a cabo su ejecución. Las reparaciones que se originan en el mantenimiento preventivo deben de seguir la tramitación normal de órdenes de trabajo. Si estos costos nunca se necesitan para comprobar su programa, usted puede señalar cada orden con un prefijo "MP" para extraerlas rápidamente del montón o utilizar una señal semejante en la columna solicitante, en la orden de trabajo.
- 4) Aregle un informe de control periódico una vez por semana o por mes, para verificar lo ejecutado en mantenimiento preventivo. Tal reporte debe resumir la cantidad de inspecciones programadas, terminadas, no terminadas (y por qué), y la cantidad de órdenes de trabajo originadas por mantenimiento preventivo y la cantidad de órdenes terminadas, a medida que el programa funciona disminuirán paulatinamente las órdenes de trabajo y se estabilizarán en un flujo equilibrado. También considere el uso de este mismo informe de control como la base para informar a la administración sobre el mantenimiento preventivo. Inclúyalo en un informe normal, que es bueno enviar a la administración de nivel superior sobre todas las actividades de mantenimiento.

El personal de mantenimiento preventivo deben reportar directamente a el supervisor o coordinador de mantenimiento preventivo, quien en su oportunidad lo reporta al gerente de mantenimiento. El coordinador es el responsable de la efectiva implantación del programa de mantenimiento preventivo, incluyendo:

- Planeación y programación de todas las inspecciones.
- Adición o eliminación de equipo.
- Modificar las tareas de mantenimiento preventivo y frecuencias conforme las condiciones actuales de operación indiquen la necesidad del cambio.

- Verificar y ajustar los tiempos estimados.
- Preparar las órdenes de trabajo para el siguiente trabajo de reparación de las deficiencias del equipo que tomen más de una hora para que lo desarrolle el grupo de mantenimiento correctivo.
- Mantener los requisitos necesarios asegurándose de que el trabajo esta siendo desarrollado adecuadamente y en el tiempo requerido.

Es un error crear la impresión en una planta que los inspectores de mantenimiento preventivo son solo responsables de investigar detectivescamente los problemas. En un buen programa de mantenimiento preventivo, todo el mundo, desde el jefe superior hasta el mínimo puesto deben estar comprometidos con el mantenimiento preventivo. En una planta, a los supervisores se les debe animar a que reconozcan los síntomas perjudiciales en una lista especial de comprobación que se añade a las unidades de producción. Otra tiene adiestrado a sus lubricadores para que informen sobre vibraciones extraordinarias, sobrecalentamiento, fugas y ruidos, así como también es muy importante que el operador del equipo sea el inspector de este ya que de esta manera se tendrá un informe real y seguro.

### **3.5 ¿QUÉ EQUIPO INCLUIR EN UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?**

El punto importante que debe considerarse es que no todos los equipos pueden incluirse dentro de programa de mantenimiento preventivo. Para algunos equipos, el mantenimiento correctivo podría ser la forma más económica de hacerlo. La decisión en cuanto a que debe ser incluido en un programa de mantenimiento preventivo puede en muchos casos ser guiado por una filosofía simple: si el fracaso para mantener o ajustar un equipo o una instalación cuesta más que el ajuste o reparación periódica, entonces el mantenimiento preventivo es requerido. Por ejemplo, si el no hacer limpieza periódica o el cambio de filtros de aire de un sistema de ventilación y se ocasiona que el ambiente se contamine para los empleados o afecte la calidad del producto, entonces el mantenimiento preventivo es justificado.

Existen otras maneras de decidir sobre el equipo a incluir, como por ejemplo, el considerar alguna pieza del equipo si el programa ahorra dinero en relación con los métodos de mantenimiento ocasional; o bien el utilizar equipo que tenga un valor monetario arbitrario, con los mismos resultados económicos; sin embargo existen otros factores que deben ser considerados para definir que debe ser

inspeccionado y con que frecuencia; por lo que a continuación se indican algunos puntos que deben considerarse al decidir que equipos deben incluirse en el programa de mantenimiento preventivo:

- 1) ¿Es crítico el equipo? ¿Si llega a fallar, produciría riesgos de seguridad o una gran descompostura?
- 2) ¿Requerirá una inspección de mantenimiento el desmontaje del equipo?
- 3) ¿Hay equipo de repuesto disponible en caso de que suceda una falla? Pues si la carga de trabajo o responsabilidad se puede desplazar fácilmente a otro equipo, la necesidad de mantenimiento preventivo es contingente a otros factores, como costo de mantenimiento de "paro".
- 4) ¿Qué factores tendría la falla sobre la producción programada?
- 5) ¿El costo de mantenimiento preventivo excede los gastos de tiempo ocioso y el costo de reparación o reemplazo? Si cuesta casi lo mismo retirar una máquina para reparar una falla repetitiva que lo que cuesta repararla toda, el valor de mantenimiento preventivo es muy problemático.
- 6) ¿Qué importancia tiene el funcionamiento ininterrumpido de una pieza de equipo en particular?
- 7) ¿Qué tiempo se tomarían las reparaciones?
- 8) ¿La vida normal de un equipo sin mantenimiento preventivo sobrepasa las necesidades de producción? Si se espera que surja la obsolescencia más rápidamente que el deterioro, el mantenimiento preventivo puede ser un desperdicio de dinero.

En el caso de un equipo que no sea de operación, la decisión de que incluir puede guiarse por esta sencilla ideología: Si la falla en la conservación o adaptación del bien lesiona la producción o al empleado, o desperdicia los activos de la planta, considérela seriamente para incluirla dentro del mantenimiento preventivo.

### **3.6 SELECCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE INSPECCIÓN.**

Cuando se elabora una lista de renglones de mantenimiento preventivo, usted los debe haber considerado en relación con la causa por la que usted necesita inspeccionarlos. Ahora surge el trabajo de determinar que partes físicas de cada pieza del equipo necesitan atención. A menos que a un trabajador se le diga que partes inspeccionar, el puede echar a pique sus planes de vigilancia adecuada.

Muchos de estos puntos de inspección se pueden elaborar a través de esfuerzos conjuntos de la fuerza de mantenimiento. No subestime al técnico que normalmente da mantenimiento al equipo, él a menudo señala con detalle un aspecto o artículo que es posible que se deteriore o que este mal adaptado a las condiciones locales. Pero a veces la experiencia de la planta no basta para diseñar un programa. Una de las mejores fuentes es el manual que otorga el fabricante del equipo, es una guía valiosísima sobre que inspeccionar, cuando hacerlo, así como a lo que se refiere de como instalar, prestar servicio y conservar el equipo.

Es importante tener un listado de que tan a menudo inspeccionar, más que cualquier otra cosa. La decisión de que tan a menudo inspeccionar tendrá probablemente máxima importancia en los costos y en las economías de un programa de mantenimiento preventivo. La inspección excesiva es un gasto innecesario y puede involucrar más tiempo ocioso de producción que un paro de emergencia. La subinspección produce más paros y más reemplazos anticipados. Se necesita un buen equilibrio para producir los ahorros óptimos. Al llegar a este punto asegúrese que distingue entre frecuencias y programas, estas dos palabras a menudo se intercambian y usan incorrectamente. La frecuencia es el periodo o intervalo determinado desde un punto de vista ingenieril y económico como el más deseable para producir servicios. Un programa muestra las fechas escogidas para hacer el trabajo. La frecuencia es "que tan a menudo" y el programa es "cuando".

También tenga en mente que una parte del equipo puede tener varias frecuencias de servicio, como una de limpieza, otra de ajuste, otra más de inspección y una de reparación general. Así que cuando hablamos de frecuencia de inspección, estamos pensando de hecho en todos los tipos de servicio de mantenimiento.

El primer paso en la fijación del ciclo de frecuencias, es un análisis de ingeniería del equipo desde los siguientes puntos de vista:

- 1) Efecto del mantenimiento preventivo en la programación de la producción.
- 2) Edad, condición y valor. El equipo más viejo y más malo necesita servicios más frecuentes, pero si está a punto de desecharse o rápidamente se va a considerar obsoleto, puede ser más económico inspeccionarlo sobre base general o no inspeccionarlo.
- 3) Severidad del servicio. Las aplicaciones más severas de equipos idénticos requieren ciclos más cortos.
- 4) Medio ambiente de operación.

- 5) Requisitos de seguridad. Permita un amplio margen de seguridad, por ejemplo inspecciones más frecuentes a dispositivos que operan equipos que por sus características de operación puedan ocasionar un accidente del operador.
- 6) Susceptibilidad al deterioro. ¿Cuál es la exposición de ensuciarse, de fricción, fatiga, tensión, corrosión? ¿Cuál es la vida probable?
- 7) Horas de operación. Manejando frecuencias basadas en turnos de trabajo.
- 8) Habilidad de los operadores.
- 9) Juicio del personal de producción.
- 10) Historial de reparación y fechas de fallas.
- 11) Requerimientos, recomendaciones de códigos de gobierno, aseguradoras, sociedades profesionales, consultores, negocios de organización y prácticas anteriores.
- 12) Recomendaciones del fabricante.

En el proceso de revisar las recomendaciones del fabricante para fijar sus propias condiciones de planta, es mejor seguir esas recomendaciones hasta que usted tenga buenos motivos para alterarlas. También puede ayudarse con:

- 1) Registros de servicio. Profundice acerca de todos los datos sobre costos y ejecución que tenga usted, registros de equipo, registros de tiempo ocioso, programas de mantenimiento rutinario. Ellos son excelentes indicadores no solo de inspeccionar, sino también de que tan a menudo.
- 2) Órdenes de trabajo de mantenimiento. Busque la terminación de órdenes por máquinas o funciones específicas. Si es que usted no tiene un registro de equipo. Posteriormente analice la naturaleza de las reparaciones.
- 3) Técnicos. Aproveche su gran experiencia y también la de los supervisores de producción.

Una vez que usted haya decidido los ciclos de frecuencia, sólo ha principiado, este no es un aspecto estático, usted no puede sentarse a vigilar el funcionamiento del programa, tiene que comprobar continuamente los resultados y estar dispuesto a modificar los ciclos para estar a tono con los requerimientos de producción. Esto vale para todas las facetas de un programa de mantenimiento preventivo empezando con que lo que se va a inspeccionar y para que se va a inspeccionar, desde el principio. Usted tiene que añadir o quitar, aunque sea sobre base discrecional. Cuando usted se halle reemplazando partes que aún están en buen estado. Si usted tiene éxito puede tomar sólo un año estabilizar el programa de inspección, pero necesita una valoración periódica para mantenerlo a flote.

### 3.7. LUBRICACIÓN

Sabemos que el contacto entre dos cuerpos o superficies en movimiento originan un efecto llamado fricción, esta fricción provoca un desgaste excesivo entre las superficies en contacto.

Existen algunas medidas aplicables para reducir la fricción entre las superficies en contacto, algunas de ellas son las siguientes:

- Lubricación.  
Colocando entre los cuerpos y superficies un elemento fluido.
- Rodamiento.  
Reduciendo el área de contacto entre los cuerpos o superficies.
- Deslizamiento.  
Reduciendo asperezas por medio del pulido de las superficies en contacto.
- Desgaste controlado .  
Por medio de la aplicación de un material suave en una de las partes.

La lubricación es una parte muy importante dentro del mantenimiento preventivo que permite a los componentes mecánicos operar con fricción mínima. Para poner en marcha un sistema de lubricación es necesario determinar cuáles son los productos más indicados para el buen funcionamiento de los equipos, la forma de escoger los lubricantes es obteniendo las recomendaciones dadas por los fabricantes de los equipos, los cuales por lo regular lo indican en sus manuales de operación y mantenimiento. Otra forma es por medio de los diferentes manuales de los fabricantes de lubricantes, de acuerdo a las condiciones de operación tales como temperatura, velocidades de deslizamiento entre las piezas en movimiento, las cargas a las que están estas sometidas y los tipos de materiales en rozamiento, para garantizar así la permanencia de una película suficiente para reducir la fricción existente.

Hecha la investigación se hará una lista de los aceites y la grasas a utilizar. Con esta información se realizará un manual que incluye las instrucciones para realizar la lubricación de cada equipo. Debe aparecer la denominación el equipo, el departamento y la línea a la que pertenece, el tipo



de actividad a realizar (lubricación con aceite, grasa o el agregar nivel), el tipo de lubricante identificado con un color y la frecuencia apoyada con una calendarización gráfica. Esta frecuencia se tomará principalmente de la recomendada por los fabricantes de los equipos. Muchas veces es necesario apoyarse con la experiencia de los mecánicos para determinar los tipos de lubricantes y la frecuencia más convenientes.

Se colocarán esquemas o fotografías con las partes u órganos mecánicos a lubricar indicando en cada punto a lubricar el color del tipo de lubricante a aplicar. (Ver figura 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4))

Se contará con esta información en la máquina correspondiente, donde se revisarán los días en que les toca lubricación y donde se encontrará un formato donde se reporte la fecha y la actividad que se realizó en el equipo. Se muestra a continuación la forma de realizar el listado de aceites y grasas a usar de acuerdo a las necesidades encontradas en un departamento de acondicionamiento en una industria farmacéutica, además se muestran dos ejemplos de dos equipos en dos líneas diferentes. Como puede observarse es una forma muy sencilla de mostrar las partes importantes a lubricar de los equipos y una forma muy simple de entender. Para evitar cualquier tipo de error se contarán con depósitos de aceites y grasas (aceiteras e inyectores) pintados del color correspondiente a cada producto, el cual fue otorgado por nosotros en nuestra lista de aceites y grasas. Un objetivo muy importante de hacer que esto sea muy simple es involucrar a los mismos operadores, ya que ellos son los que están más en contacto con el equipo, esta es una forma de introducirnos al Mantenimiento Productivo Total (TPM) que veremos en el capítulo 7.

Un sistema de lubricación bien desarrollado dará muy buenos resultados, la lubricación es la base de cualquier sistema de mantenimiento preventivo, darle a esta la importancia que se debe, nos ahorrará desgastes excesivos que pueden evitarse en la maquinaria, tiempo de paro por piezas rotas, sobrecargas que afectan a los motores, etc.

En las siguientes páginas veremos en primer lugar el listado de grasas y aceites y sus colores respectivos, y después dos ejemplos del mapa de lubricación de dos equipos.

**RUTA DE LUBRICACION**  
**ESQUEMA DE ORGANOS MECANICOS A LUBRICAR**  
**ENCARTONADORA "CAM" MOD. KO**  
**LINEA 6. ACONDICIONAMIENTO**

COLOR	APLICADOR	LUBRICANTE	FRECUENCIA
●	ACEITERA	ACEITE TERESSO 32	CADA SEMANA
●	BROCHA	GRASA MOLY SPECIAL	CADA SEMANA

■ LUBRICACION CON ACEITE  
 ■ LUBRICACION CON GRASA

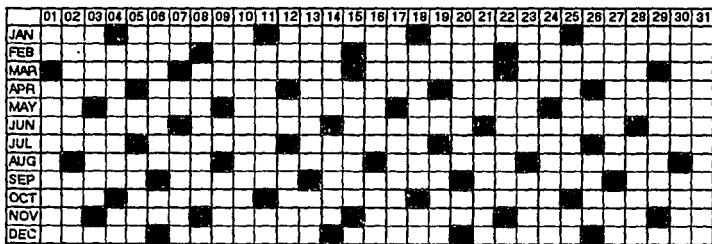
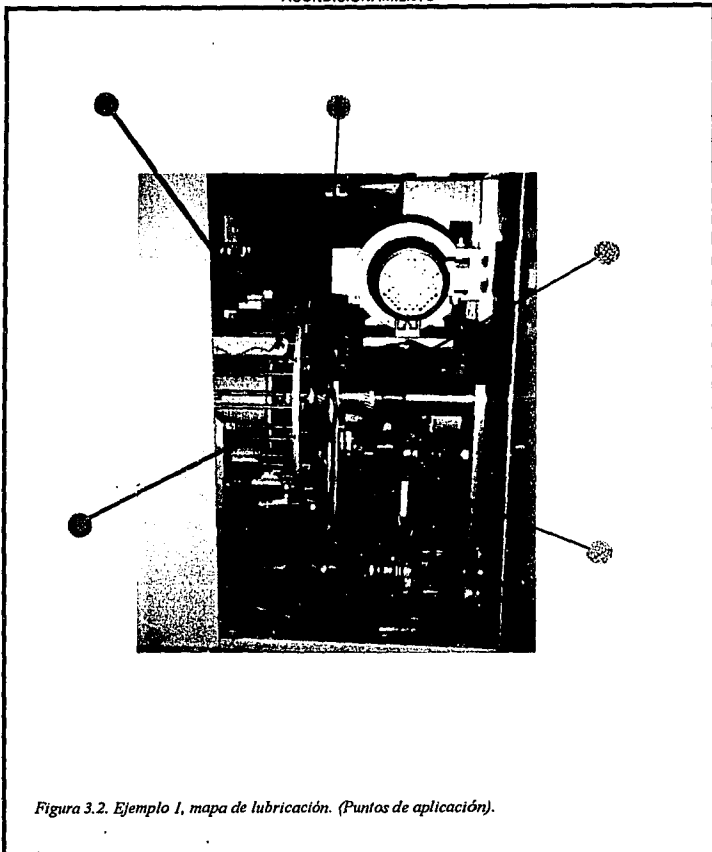


Figura 3.1. Ejemplo 1, mapa de lubricación. (Tipos de lubricantes y frecuencia).

**RUTA DE LUBRICACION**  
ESQUEMA DE ORGANOS MECANICOS A LUBRICAR  
ENCARTONADORA "CAM" MOD. KO  
LINEA 6  
ACONDICIONAMIENTO



*Figura 3.2. Ejemplo 1, mapa de lubricación. (Puntos de aplicación).*

**RUTA DE LUBRICACION**  
**ESQUEMA DE ORGANOS MECANICOS A LUBRICAR**  
**SELLADORAS DE CAJAS "3M"**  
**LINEAS 2,6,10 Y 11. ACONDICIONAMIENTO**

COLOR	APLICADOR	LUBRICANTE	FRECUENCIA
●	ACEITERA	ACEITE TERESSO 32	CADA 2 MESES
●	BROCHA	GRASA MULTI-PURPOSE	CADA 2 MESES

- LUBRICACION CON ACEITE
- LUBRICACION CON GRASA

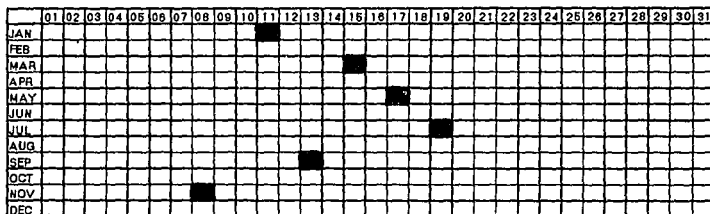
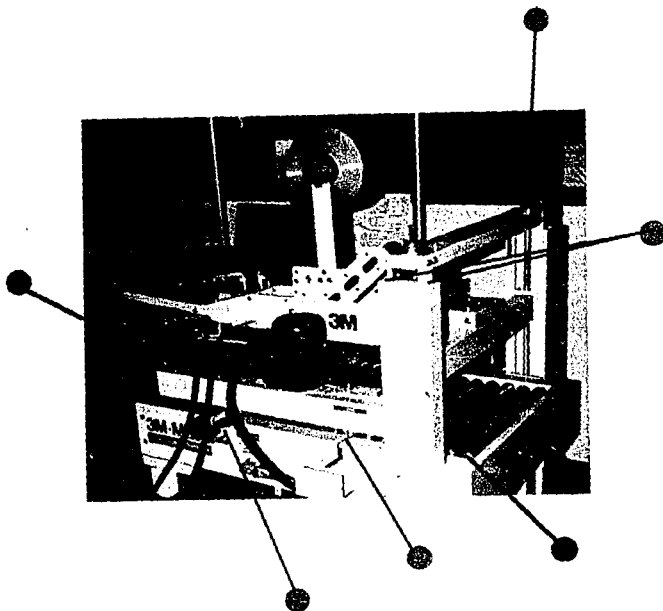


Figura 3.3. Ejemplo 2, mapa de lubricación. (Tipos de lubricantes y frecuencia).

**RUTA DE LUBRICACION**  
ESQUEMA DE ORGANOS MECANICOS A LUBRICAR  
SELLADORAS DE CAJAS "3M"  
LINEAS 2, 6, 10 Y 11  
ACONDICIONAMIENTO



*Figura 3.4. Ejemplo 2, mapa de lubricación. (Puntos de aplicación).*

### **3.8. FORMA DE PROGRAMAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Se ha propuesto una forma de programar, ejecutar y registrar el mantenimiento preventivo dentro de la empresa. Se han realizado mapas de calendarización para las diferentes áreas que componen a la empresa, que a su vez son programadas las actividades dentro del sistema computarizado de mantenimiento preventivo, esto comprometiendo tanto a la gente de producción, como a la de mantenimiento. Un ejemplo de estos mapas se muestra en la figura 3.5.

Como puede observarse en la figura 3.5 se ha dado un plazo de una semana para realizar el mantenimiento tanto mecánico, como eléctrico al equipo que se indica en la lista, esto con el siguiente fin:

En este tipo de industria, la farmacéutica como en la mayoría de las industrias el trabajo de los equipos es continuo, así que es difícil que los equipos sean prestados para realizarles su mantenimiento, de esta forma dentro del plazo de la semana se esta al pendiente tanto por la supervisión de mantenimiento como de producción para intervenir el equipo cualquier día de la semana y en cualquier turno, incluyendo programación para fin de semana.

Las tareas a realizar para cada equipo se encuentran determinadas en unas listas de chequeo (check lists) que son entregadas al mecánico y al electricista para la revisión de los equipos. Estas listas se presentan en la figura 3.6.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINARIA Y EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO  
GERENCIA DE SERVICIOS**

CLAVE	EQUIPO	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEPT		OCT		NOV		DIC	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A0	INSTALACIONES NEW YORK Y MB																								
A01	INSTALACIONES NEW YORK Y MB																								
A1	INSTALACIONES PORDO Y PAVOUCHE																								
A11	INSTALACIONES PORDO Y PAVOUCHE																								
A2	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A21	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A3	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A31	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A4	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A5	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A6	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A7	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A8	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A9	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A10	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A11	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A12	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A13	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A14	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A15	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A16	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A17	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A18	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A19	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								
A20	INSTALACIONES DE SERVICIOS																								

Figura 3.5. Mapas para programación de mantenimiento preventivo

PROGRAMADO  
 REALIZADO

FALLA DE ORIGEN

**GERENCIA DE SERVICIOS  
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

POSICIÓN	FUNCIÓN	ACTIVIDAD	FECHA:	FECHA:	FECHA:
			PROGRAMA:	PROGRAMA:	PROGRAMA:
1	ESTACION DE PRECALEFACCION	-INSPECCION REGULACION DE PRESION C/PLC FORMACION NO MAYOR A 4.8 KG. -REVISAR VASO LUBRICACION QUE ESTE A NIVEL Y QUE DE UNA GOTTA C/4-8 GOLPES -ACEITE NUTO H-32 -REENORASE CADENAS DE TRANSMISION (GRASA MULTIPURPOSE)			
2	ESTACION DE FORMACION	-INSPECCION DE LEVA; HAY DESGASTE O REBASAS? -INSPECCION FLUJO AGUA DE ENFRIAMIENTO -REVISION DE DEPOSITO (CHAROLAJ) DE LEVA COLOCAR A NIVEL (ACEITE NUTO 150) -MOLDE; REVISION RODAJA SOBRE EL ARBOL LUBRICAR CON GRASA MULTIPURPOSE -CADENAS; REVISION Y REENORASE (GRASA MULTIPURPOSE)			
3	ESTACION DE CEBRE Y LOTIFICADO	-INSPECCION PRESION CILINDRO HIDRAULICO (NO MAYOR A 4.8 kg/cm <sup>2</sup> ) -INSPECCION SISTEMA RECIRCULACION AGUA FRIA -INSPECCION TORNILLERIA REAPRIETE Y COLOCAR FALTANTES -INSPECCION DE LEVA; HAY DESGASTE O REBASAS? -REVISION DE DEPOSITO (CHAROLAJ) DE LEVA COLOCAR A NIVEL (ACEITE NUTO 150) -PISTON; CHECAR NIVEL (ACEITE DEPOSITO COLOCAR A NIVEL (ACEITE NUTO H32)			
4	MULTIFICADOR NEUMATICO	-REVISION INTERNA, CHECAR EMPAQUES -ELIMINAR FUGAS DE ACEITE Y AIRE Y LIMPIAR			
5	PLANO DE CARGA	-INSPECCION DE LEVA; HAY DESGASTE O REBASAS? -INSPECCION ALIMENTADOR, REDUCTOR: -ELIMINAR FUGAS, RUIDOS, CALENTAMIENTO.			
6	ESTACION DE TROQUELADO	-INSPECCION VENTOSAS, CARGO SI ES NECESARIO -INSPECCION LEVAS, REAPRIETE TORNILLOS, O/RESORES. REDUCTOR; ELIMINAR FUGAS ACEITE, RUIDOS, VIBRACIONES. -INSPECCION FILTRO BOMBA VACIO, LIMPIEZA -INSPECCION FLUJO AGUA DE ENFRIAMIENTO			
7	LUBRICACION	-REDUCTOR; CAMBIO ACEITE O COLOCAR NIVEL (NUTO 150) -BOMBA VACIO; CAMBIO ACEITE O COLOCAR NIVEL (NUTO 150) -CADENAS; LIMPIEZA Y ENORASE, GRASA MULTIPURPOSE. -REDUCTOR BANDA; REENORASE GRASA GRASA MULTIPURPOSE. -PISTON HIDRAULICO; ACEITE NUTO H-32, COLOCAR A NIVEL			
8	LIMPIEZA	-LIMPIEZA INTERNA DE LA MAQUINA.			
EQUIPO: BLISTEADORA		CLAVE: A12A	REALIZÓ:	REALIZÓ:	REALIZÓ:
MARCA: CAM		MODELO: M80	TIEMPO:	TIEMPO:	TIEMPO:
N° DE SERIE: S-06-013		UBICACIÓN: LINEA 12A, ACONDICIONAMIENTO	SUPERVISO:	SUPERVISO:	SUPERVISO:
			RECIBIO:	RECIBIO:	RECIBIO:

Figura 3.6 Lista de chequeo de M.P.



El mecánico y el electricista llenan sus hojas respectivas las cuales son revisadas con el fin de programar, en caso de ser necesario, reparaciones a situaciones anormales encontradas en el equipo. Si el equipo se encuentra en condiciones normales se carga el historial dentro del sistema computarizado y así se cierra la orden.

### 3.9. SISTEMAS DE CÓMPUTO.

Actualmente existen varios programas (softwares) para llevar sistemas de mantenimiento preventivo, correctivo y hasta predictivo; desde los más sencillos hasta los más sofisticados y caros. Probablemente lo más aconsejable es comenzar a trabajar con un paquete sencillo, un paquete casero con el cual aprendamos a caminar y en el cual podamos modificar y manejar a nuestra conveniencia, hasta que lleguemos a cubrir nuestras necesidades y entonces sí, comenzar a correr con un sistema sofisticado con el cual podamos trabajar, ya con la experiencia necesaria de haber usado uno sencillo.

Llevar la información por medio de sistemas de cómputo facilita su organización, su búsqueda y control. Es muy fácil saber cuántas máquinas tenemos en cierta área, cuántas veces a fallado cierta máquina en los últimos seis meses, que tipo de baleros utiliza el motor de aquella máquina, etc. Dentro de una base de datos se pueden cargar datos importantes y obtener una gran variedad de reportes de información, pero esto lleva tiempo y mucho trabajo, pero poco a poco se irán obteniendo agradables resultados.

Es importante conocer con que número de equipos se cuentan, sus marcas, qué son, sus modelos, su potencia, su antigüedad, su área, etc. Esto es lo primero que debe ser cargado, para así después tener un control sobre cada equipo, conocer sus componentes, sus partes, sus programas de mantenimiento preventivo y reparaciones de correctivo y así tener una historia de cada equipo que nos ayudará a saber que hacer para obtener los mayores beneficios, en el menor tiempo y con el menor costo.

En la figura siguiente se muestra la pantalla de una base de datos hecha en Dbase IV con la que se esta llevando a cabo la planeación y programación del mantenimiento preventivo en la industria farmacéutica tomada como modelo. (Figura 3.7)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 2px;">MÁQUINAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">A. máquinas</td> <td style="padding: 2px;">E. programas</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">B. partes</td> <td style="padding: 2px;">F. personal</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">C. componentes</td> <td style="padding: 2px;">1. motores</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">D. historiales</td> <td style="padding: 2px;">4. proveedores</td> </tr> </tbody> </table>	MÁQUINAS		A. máquinas	E. programas	B. partes	F. personal	C. componentes	1. motores	D. historiales	4. proveedores	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 2px;">MOTORES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">G. máquinas</td> <td style="padding: 2px;">K. programas</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">H. partes</td> <td style="padding: 2px;">L. personal</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">I. componentes</td> <td style="padding: 2px;">2. motores</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">J. historiales</td> <td style="padding: 2px;">5. proveedores</td> </tr> </tbody> </table>	MOTORES		G. máquinas	K. programas	H. partes	L. personal	I. componentes	2. motores	J. historiales	5. proveedores		
MÁQUINAS																							
A. máquinas	E. programas																						
B. partes	F. personal																						
C. componentes	1. motores																						
D. historiales	4. proveedores																						
MOTORES																							
G. máquinas	K. programas																						
H. partes	L. personal																						
I. componentes	2. motores																						
J. historiales	5. proveedores																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 2px;">CAMBIOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">M. máquinas</td> <td style="padding: 2px;">O. programas</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">N. partes</td> <td style="padding: 2px;">R. personal</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Q. componentes</td> <td style="padding: 2px;">3. motores</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">P. historiales</td> <td style="padding: 2px;">6. proveedores</td> </tr> </tbody> </table>	CAMBIOS		M. máquinas	O. programas	N. partes	R. personal	Q. componentes	3. motores	P. historiales	6. proveedores	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 2px;">OTROS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">S. repites</td> <td style="padding: 2px;">W. respaldar</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">T. programas</td> <td style="padding: 2px;">X. cargar</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">U. reiniciar seq</td> <td style="padding: 2px;">Y. imprimir</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">V. eliminar/revis. seq</td> <td style="padding: 2px;">13.34.17</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">13.11.04</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	OTROS		S. repites	W. respaldar	T. programas	X. cargar	U. reiniciar seq	Y. imprimir	V. eliminar/revis. seq	13.34.17	13.11.04	
CAMBIOS																							
M. máquinas	O. programas																						
N. partes	R. personal																						
Q. componentes	3. motores																						
P. historiales	6. proveedores																						
OTROS																							
S. repites	W. respaldar																						
T. programas	X. cargar																						
U. reiniciar seq	Y. imprimir																						
V. eliminar/revis. seq	13.34.17																						
13.11.04																							
De la opción (A - Y, 1 - 6, 0, 2 para más) : : ]																							

Figura 3.7 Pantalla principal de un sistema de M.P.

La figura 3.7 muestra la pantalla principal de un sistema de administración de mantenimiento preventivo, esta pantalla consta de cuatro grandes módulos que son altas, bajas, cambios y otros, cada punto es muy importante y con este sistema se puede manejar una gran cantidad de información. Se pueden conocer todas las máquinas existentes en la compañía, sus componentes, sus partes y sus características, se pueden realizar programas de mantenimiento preventivo, tener información histórica de cada máquina, conocer las características de los motores instalados, información sobre el personal e información de proveedores.

Para que resulte un buen sistema debemos estar comprometidos en el mantenimiento preventivo, tener la educación de obtener la mayor información posible de todas y cada una de las máquinas que tenemos a nuestro cargo, tratar de conocer todas las características importantes de cada una de ellas, tipo de baleros, cantidad de ellos, tipos de engranes, número de dientes, diámetro, etc. La buena obtención de la información y su buen manejo dará excelentes resultados en el desarrollo administrativo del departamento de mantenimiento.

ALTAS DE MAQUINAS

Nº. MAQUINA \_\_\_\_\_  
 TIPO \_\_\_\_\_  
 MARCA \_\_\_\_\_  
 MODELO \_\_\_\_\_  
 AREA \_\_\_\_\_  
 CENTRO DE COSTO \_\_\_\_\_  
 FECHA DE ADMISION. //

<CH-App> PARA SALIR

ALTAS DE PARTES

Nº. MAQUINA \_\_\_\_\_  
 AREA \_\_\_\_\_  
 SISTEMA \_\_\_\_\_  
 COMPONENTE \_\_\_\_\_  
 PARTE \_\_\_\_\_  
 Nº. DE PARTE \_\_\_\_\_  
 CANTIDAD \_\_\_\_\_ UNIDAD \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_

<CH-App> PARA SALIR

ALTAS DE HISTORIALES

Nº. MAQUINA \_\_\_\_\_  
 SISTEMA \_\_\_\_\_ COMPONENTE \_\_\_\_\_  
 FECHA INICIO TURNO (1/0/0) REPARACION (Nº pres. 2/Pres)  
 Nº. PROCES. NO EXISTE? T. PARO. 00:00

REPARADORES 1: 2:  
 3: 4:

<CH-App> PARA SALIR

ALTAS DE PROGRAMAS

Nº. MAQUINA \_\_\_\_\_  
 SISTEMA \_\_\_\_\_  
 COMPONENTE \_\_\_\_\_

PROG. Nº: \_\_\_\_\_  
 FREQ. (DIAS)? T.PROGLO (Hrs)? 0.00 INCUENTE REP? \_\_\_\_\_  
 REPARADOR? \_\_\_\_\_  
 ACCION \_\_\_\_\_

<CH-App> PARA SALIR

Figura 3.8 Diferentes pantallas de altas de información.

La figura 3.8 nos muestra las diferentes pantallas que son utilizadas para cargar información al sistema, como se puede observar, la información que se pide es información importante que toda persona involucrada realmente en el mantenimiento debe conocer.

REPORTES	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <b>VARIOS</b>            A. personal            B. proveedores         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <b>PROGRAMAS</b>            C. fecha            D. resultados            E. todos         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <b>TIEMPOS</b>            G. por maquinas            H. rep. por persona         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <b>EQUIPO</b>            I. maquinas            J. partes            K. motores         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <b>HISTORIALES</b>            M. semanal            N. fecha            O. prog./no prog.            P. accion-todos            Q. accion-fecha            R. maquina         </div>
T pulse la opcion deseada. Z para salir	

Figura 3.9 Pantalla de reportes

Al presionar la letra "S" estando en la pantalla principal aparecerá una pantalla muy importante, esta pantalla es la de reportes, esta sirve para obtener toda la información necesaria que fue cargada en la pantalla principal.

Como se puede ver un sistema computarizado es ahora posible gracias al desarrollo tecnológico, el cual cada vez se hace más accesible a la aplicación de elementos más precisos de información y diagnóstico.

En la figura 3.10 se representa la relación de costos estimados en la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo (ordenadas) contra la probabilidad de falla o disponibilidad del equipo (abscisas), indicando en esta los rangos estimados para las diferentes posibles técnicas de mantenimiento aplicadas, a saber:

Mantenimiento correctivo.

En este mantenimiento se estima que se tendrán costos del orden del 10% con probabilidades de falla del 90%.

Mantenimiento preventivo con administración del mantenimiento en forma:

- Sistema manual.

Se estima que se tendrán costos del orden del 10 al 20% con probabilidades de falla del 45 al 70%.

- Sistema computarizado.

Se estiman costos del orden del 25 al 50% con fallas probables del 15 al 30%; este sistema refleja mejores resultados por:

- Mayor cantidad de información manejada.
- Mayor conocimiento y precisión de los costos.
- Mayor oportunidad y confiabilidad de la información obtenida.
- Mejor planeación del mantenimiento.
- Reducir la probabilidad de falla debido al menor tiempo asignado a la función de administración, derivado a la función de desarrollo de tareas.
- Selección adecuada de los programas ajustados del mantenimiento.

Mantenimiento preventivo con diagnóstico (predictivo).

Permite detectar la falla en su fase inicial, con costos del 15 al 30% y disponibilidades del 70 al 85%.

Este tipo de sistema se soporta en información:

- Directa. Captada de equipos de control supervisorio y/o inspecciones.
- Indirecta. En este sistema se requiere de un apoyo importante de ingeniería que analice la información recabada y emita instrucciones oportunas que minimicen la probabilidad de falla.

Monitoreo de la operación.

El monitoreo de la operación (diagnóstico en tiempo real) permite en sus diferentes modalidades de desarrollo:

- Calificar la falla (desviación referida a parámetros previamente definidos).
- Cuantificar la falla (desviación ajustada).
- Operar protecciones.
- Emitir directrices de corrección.
- Aplicar medidas correctivas.

El monitoreo permite efectuar ajustes y emitir directrices de mantenimiento "sin que se haya presentado la falla". Las premisas básicas del monitoreo son:

- Las partes son las que fallan, no los componentes y/o equipos. Lo anterior representa la necesidad de analizar y definir las partes de función trascendente y/o alto costo.
- Nada falla sin previo aviso "señales" (efectos o huellas de la falla según se detalla más adelante en el capítulo 5), por lo tanto es necesario:
  - Poder leer las señales.
  - Aprender, entender e interpretar las señales.
  - Diagnosticar las condiciones de operación.
  - Tomar las decisiones adecuadas.
  - Dar mantenimiento en función de las señales.

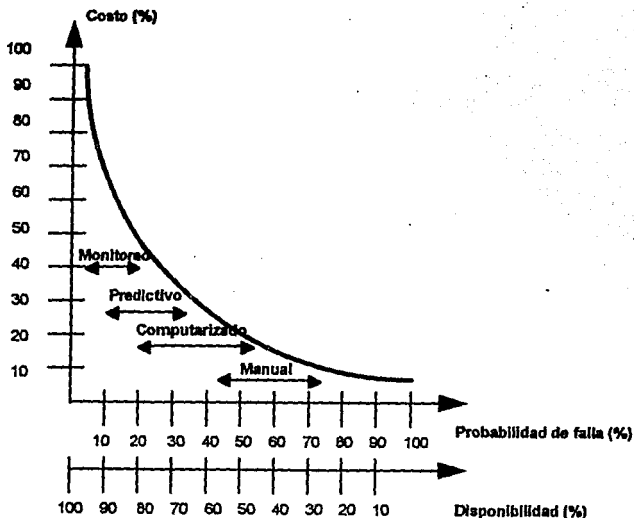


Figura 3.10. Sistemas de mantenimiento.

## **CAPÍTULO 4**

# **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

#### **4.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

El mantenimiento correctivo es la corrección de las fallas a medida que éstas se hacen inminentes o se presentan y las tareas que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son fundamentalmente la reparación y el remplazo.

Al examinarse los reportes de maquinaria para precisar la frecuencia de las inspecciones es seguro que se verá la necesidad de recurrir al mantenimiento correctivo programado. Otra forma de notar esa necesidad será el análisis periódico, indispensable, de la totalidad de los registros de reparación de maquinaria y equipo. El mantenimiento correctivo, si se emplea de una manera apropiada, servirá para disminuir el costo de mantenimiento mediante la resolución, con mejores diseños, de los problemas reiterados y será de gran ayuda a la producción al reducir al mínimo los paros.

#### **4.2. REGISTROS DE REPARACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO.**

Un estudio de las dificultades del pasado dirá si es preciso o no un mantenimiento correctivo. También indicará la frecuencia con que habrán de efectuarse las composuras. La información de referencia tendrá como fuente de origen cualquiera de las dos siguientes: 1) Revisión de las órdenes de trabajo de mantenimiento correspondientes a los dos últimos años, (figura 4.1) o antes y 2) un análisis de la maquinaria o historial de mantenimiento (figura 4.2).

La forma en que se manejarán las órdenes de trabajo se describe en el siguiente procedimiento:

#### **4.3. CLASIFICACION Y CONTROL DE ORDENES DE TRABAJO**

##### **4.3.1. Objetivo:**

Definir, clasificar y controlar los trabajos de Mantenimiento mediante el uso de órdenes de trabajo que realiza la Gerencia de Servicios a través de sus áreas de Mantenimiento Mecánico, Eléctrico y de Conservación de Edificios.



#### **4.3.2. Alcance:**

Todas las áreas que requieran de los servicios de mantenimiento por parte de la Gerencia de Servicios en cualquiera de sus áreas (mecánica, eléctrica y conservación de edificios).

#### **4.3.3. Responsabilidades:**

**Usuario:** Llenar la orden de trabajo con todos los datos que en esta se solicitan y entregarla al área que le corresponda (mecánica, eléctrica o conservación de edificios), para ejecutar el servicio, así como de mantener su copia para cualquier reclamación, a la entrega del servicio el usuario tiene que firmar de conformidad el original de la orden de trabajo.

**Gerencia de servicios:** Programará el trabajo de acuerdo a prioridades y decidirá el tipo de personal que realizará el trabajo (interno o externo).

#### **4.3.4. Frecuencia:**

Cada vez que se le solicite un trabajo de Mantenimiento a la Gerencia de Servicios en cualquiera de sus áreas y con la respectiva orden de trabajo.

#### **4.3.5. Actividades:**

- 1) El usuario o departamento que requiera de algún servicio lo hará por medio de la orden de trabajo (ver anexo) y estos servicios estarán acorde a las labores que desempeña cada una de las áreas de la Gerencia de Servicios (mecánica, eléctrica o conservación de edificios), de lo contrario no se podrá efectuar el servicio.
- 2) La Gerencia de Servicios analizará el tipo de solicitud requerida y en base a la disponibilidad de sus recursos se clasificará de la siguiente manera:

- El trabajo lo puede realizar el personal de la Gerencia de Servicios sin cargar ningún costo para el solicitante por la naturaleza de la solicitud (mantenimiento).
- El trabajo lo realizará el personal de la Gerencia de Servicios cargando los gastos por adquisición de materiales y refacciones al departamento solicitante si la solicitud no es por mantener, ejemplo: modificaciones a la maquinaria o instalaciones.
- El trabajo lo realizará personal externo pero será cargado financieramente a la Gerencia de Servicios debido a la naturaleza de la solicitud (mantenimiento).
- El trabajo lo realizará personal externo y será cargado financieramente a la cuenta del solicitante debido a que no corresponde a la naturaleza de la Gerencia de Servicios (mantenimiento). Ejemplo: Modificaciones a maquinaria e instalaciones

3) La ejecución de los trabajos solicitados mediante el uso de la orden de trabajo se realizarán bajo el siguiente orden:

- Los trabajos serán solicitados mediante el uso de la orden de trabajo debidamente llenada.
- La Gerencia de Servicios analizará la naturaleza de la solicitud y aplicará cualquiera de los puntos anteriores según sea el caso.
- La Gerencia de Servicios procederá a la realización del trabajo ya sea con personal propio o externo según sea el caso, de realizarse con personal externo.
- Si por la naturaleza del trabajo fuese necesario el apoyo de Contratistas y el pago de estos fuera por parte del solicitante, la Gerencia de Servicios pedirá al solicitante el visto bueno mediante la firma en la factura del trabajo realizado para proceder al trámite del pago.

DIVISION FARMACEUTICA GERENCIA DE SERVICIOS ORDEN DE REPARACION Y/O TRABAJOS CON CARGO A GASTOS		FECHA (1)	FOLIO N. 2078
DEPTO. SOLICITANTE: (2)	TIPO DE TRABAJO: (3)		
NOMBRE DEL SOLICITANTE: (4)	FIRMA: (5)		
SECTOR: (6)	LOCALIZACION: (7)		
DESCRIPCION DEL TRABAJO: (8)			
	AUTORIZO (9)		
CUENTA DE CARGO: (10)	FECHA RECEPCION: (11)		
DESCRIPCION TRABAJO REALIZADO: (12)			
FECHA INICIO: (13)	FECHA TERMINACION: (14)	TIEMPO FIAN: (15)	
RECIBIDO POR (NOMBRE Y FIRMA): (16)	ACEPTADO POR (NOMBRE Y FIRMA): (17)		
	ENVIAR A DEPTO. QUE EJECUTA TRABAJO		

Figura 4.1. Orden de trabajo.

- (1) Fecha:**  
En estos espacios se debe escribir la fecha en que se emite y se entrega la orden de trabajo, comenzando con el día, seguido por el mes y terminando con el año.
- (2) Departamento solicitante:**  
Aquí se debe escribir el nombre del departamento al que pertenece la persona que emite la orden de trabajo.
- (3) Tipo de trabajo:**  
El tipo de trabajo puede ser mecánico, eléctrico o de conservación, y dependiendo de esta labor se debe entregar al supervisor responsable correspondiente al área necesaria.
- (4) Nombre del solicitante:**  
Aquí se debe escribir el nombre de la persona que emite la orden de trabajo.

- 5 **Firma:**  
Debe firmar la persona que emite la orden de trabajo.
- 6 **Equipo:**  
Aquí debe señalarse el nombre, marca o clave del equipo, máquina o instalación la cual requiere del servicio.
- 7 **Localización:**  
Debe escribir la ubicación dentro del predio de Syntex donde se encuentra el equipo, máquina o instalación.
- 8 **Descripción del trabajo:**  
Se debe escribir lo más claramente posible el trabajo que desea se le realice, señalando componente y parte de ser necesario para especificar mayormente las actividades y puntos a verificar.
- 9 **Autorizó:**  
Para trabajos especiales de modificaciones en los que se requiera de cantidades mayores de capital y mano de obra (interna o externa), deberá llevar la firma de autorización del gerente del área que emite la orden de trabajo, quedando establecido que el material y la mano de obra externa (en su caso) utilizados en la realización del trabajo serán cargados a la cuenta de gastos de ese departamento que será anotado dentro de la misma orden en la posición número 10.
- 10 **Cuenta de cargo:**  
Se debe escribir el número de cuenta de gastos en el caso que se explico en la posición 9.
- 11 **Fecha requerida:**  
Aquí se escribe la fecha límite en que se requiere ese servicio sea entregado.
- 12 **Descripción trabajo realizado:**

Aquí la persona que realiza el trabajo debe anotar las actividades realizadas para el cumplimiento de la orden.

**13** Fecha inicio:

La persona que realiza la orden debe anotar la fecha en que comienza con la realización de la orden de trabajo.

**14** Fecha terminación:

Aquí la persona que realiza el trabajo descrito en la orden debe anotar la fecha en que entrega a su supervisor o a la persona solicitante del trabajo el servicio completamente terminado.

**15** Tiempo paro:

En caso de haber sido un trabajo de orden correctivo en el cual la falla diera como resultado un tiempo de paro en algún proceso, se deberá reportar en este espacio, tomando este tiempo desde el momento en que inicio la falla hasta la reparación de la misma.

**16** Recibido por (nombre y firma):

Aquí debe escribir su nombre y firmar el supervisor que recibe la orden de orden de trabajo. La orden la debe recibir el supervisor responsable del área especificada en la posición 3.

**17** Aceptado por (nombre y firma):

Aquí debe firmar la persona que emitió la orden de trabajo en el momento en que le es entregado el trabajo terminado y lo ha revisado para tomarlo como aceptado.

#### 4.4. LA HOJA DE HISTORIAL DE MANTENIMIENTO.

Ahora, ¿dónde vamos a registrar nuestros descubrimientos? Como vimos en la figura 4.2 existe una hoja muy importante llamada "hoja de historial de mantenimiento", ¿y para qué sirve? Esta hoja simplemente sola no servirá de mucho, pero que pasa cuando poco a poco se acumulan estas hojas que registran las actividades realizadas a algún equipo en particular. Cuando tenemos bastante información de una máquina en particular, registrando ya sea actividades de mantenimiento

preventivo o correctivo realizadas a esta conoceremos mucho de su historia, mucho de su comportamiento, mucho de sus puntos débiles y nos ayudará a tomar mejores decisiones para la resolución de problemas que se presenten, o mejor aún nos permitirá predecir algún comportamiento repetitivo y tomaremos acción antes de que suceda, y todo esto gracias al historial de mantenimiento, escrito en la hoja y más fácil aún en un sistema computarizado de mantenimiento.

La forma de usarla es muy sencilla, a continuación se describen los puntos a llenar y la forma de hacerlo:

**Fecha:** En este espacio se escribirá la fecha en que se realiza la reparación o la inspección.

**Área:** Se escribirá el área a la cual pertenece la maquinaria o equipo.

**Programa #:** Este espacio sólo se utilizará cuando se refiere a mantenimiento preventivo programado, es decir, cuando se utiliza un sistema computarizado, en el cual cada programa de mantenimiento preventivo se reconoce con un número de programa, en caso de ser correctivo, se deja en blanco.

**Máquina No.:** Se escribirá la clave de la máquina o equipo.

**Ejecutó:** Se debe escribir el número de empleado de la persona o personas que ejecutaron el trabajo.

**Turno:** Se debe señalar en que turno se realizó el trabajo.

**Tipo de mantenimiento:** Se debe tachar que tipo de trabajo se realiza, ya sea mantenimiento correctivo, preventivo o cambio de formato.

**Tiempo utilizado:** Es muy importante anotar el tiempo que se llevó el trabajo para que en ocasiones posteriores sea de mayor facilidad programar el mismo tipo de trabajo en un tiempo más real.

**Descripción de la falla:** Cuando se trata de una reparación correctiva, se deberá describir lo más detalladamente posible el comportamiento del equipo y del producto, en caso de ser mantenimiento preventivo, indicarlo así.

**Tipo de sistema:** Aquí deberá anotarse si es mecánico o eléctrico.

**Componente:** Deberá anotarse el componente al cual pertenece la parte que presentó la falla.

**Acciones realizadas:** Deberán anotarse detalladamente las acciones tomadas para llegar al descubrimiento y reparación de la falla.

**Causa de la falla:** Es muy importante seguir todas las indicaciones vistas en el tema de detección analítica de fallas para encontrar las causas reales y atacar realmente el problema, sigalas y verá que este espacio será llenado correctamente, anote la verdadera causa de la falla.

**Actividades para confiabilizar la vida de la reparación:** Si realmente encontró la causa de la falla usted tendrá muchas ideas para evitar que el problema vuelva a presentarse, anótelas.

Como se puede observar el llenado de los historiales de mantenimiento y su buena organización nos dirán a través del tiempo cosas muy importantes de los equipos, que si los dejamos a la memoria nunca podremos aprovechar. (Ver figura 4.2)

## GERENCIA DE SERVICIOS

### HISTORIAL DE MANTENIMIENTO

Fecha: _____	Área: _____	Programa #: _____								
Ejecutó: _____	Máquina No.: _____	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Tipo de mantenimiento</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Correctivo</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Preventivo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C. de formato</td> <td></td> </tr> </table>	Tipo de mantenimiento		Correctivo		Preventivo		C. de formato	
Tipo de mantenimiento										
Correctivo										
Preventivo										
C. de formato										
Pase No.: _____	Turno: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1   2   3</span>	Se cambiaron piezas <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no								
Pase No.: _____	Tiempo utilizado: _____									

Descripción de la falla: _____	
Tipo de sistema: _____	Componente: _____

Acciones realizadas: _____
_____
_____

Causa de la falla: _____
_____

Actividades para conflatizar la vida de la reparación
_____
_____

Problemas					
Falta:	Equipo	Refacciones	Información	Servicios	

Sugerencias
_____
_____

Refacciones utilizadas		
Cantidad	Descripción	Localización
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Modificaciones realizadas durante la reparación
_____
_____

\_\_\_\_\_  
Firma de Ejecutantes

\_\_\_\_\_  
Firma del Supervisor

Figura 4.2. Hoja de historial de mantenimiento.



## **CAPÍTULO 5**

# **DETECCION ANALITICA DE FALLAS**

## 5.1. DETECCIÓN ANALÍTICA DE FALLAS<sup>[14]</sup>

Dentro del mantenimiento correctivo una situación muy importante es conocer a ciencia cierta cuál es la causa real de la falla, primeramente para realizar reparaciones con las características que más adelante se detallan y por otra parte para tener datos históricos acertados con respecto a la maquinaria, con el objeto de obtener datos importantes para encontrar problemas repetitivos y darles una solución.

Las características importantes que debe cumplir cada persona que detecta fallas y además las repara son las siguientes:

- 1) Arreglar la falla rápida, eficiente y económicamente, con el mínimo de movimientos inútiles.
- 2) Corregir la causa de la falla, no sólo sus efectos.
- 3) Arreglar la falla para que se mantenga arreglada, mientras exista la operación.
- 4) Al componer unas cosas, no descomponer otras, creando nuevos problemas.
- 5) Llevar el arreglo hasta el terreno de la acción preventiva, siempre que el mismo problema pudiera presentarse en el futuro.

Para arreglar la falla rápida y eficientemente, es necesario tener algún sistema que nos guíe mientras nos abrimos paso dentro del problema.

Para poder corregir la causa de la falla, se tiene que saber a ciencia cierta cuál es esa causa, pues muchas de las fallas que se repiten nunca se resolvieron realmente.

Siempre que se cambia algo, se corre el riesgo de crear nuevas fallas que afecten a otros.

Debido a que se pueden esperar nuevos brotes de la misma falla en otros sitios, como por ejemplo, si se encuentra que un perno se ha aflojado y hay cinco pernos más, lo mejor es revisarlos, es mucho más fácil apretarlos todos de una vez, que volver a repetir seis veces la misma operación.

Las acciones que se pueden tomar durante la detección de fallas son:

**Acción interina**, que es aquella que nos concede tiempo para poder hacer las cosas bien, es decir nos da el tiempo para poder realizar la acción correctiva que tiene por objeto suprimir la causa del mal. Pero algo muy importante es que la detección de fallas no estará completa hasta que se haya tomado una acción correctiva.

**La falla es algún tipo de desviación de una norma, que es importante y necesario restablecer.**

Las desviaciones existentes en la detección de fallas son de:

- **Desempeño:** El equipo no funciona bien.
- **Calidad:** El producto no sirve.

Debido a que la falla es una desviación de una norma, ya sea de desempeño o bien de calidad, resulta muy importante ¿cómo reconocer esa desviación? La forma de reconocer estas desviaciones es conociendo el "debiera", esto es, cuanto más se logre afinar o precisar lo que *debiera* suceder, tanto más claramente podrá reconocerse la falla cuando ésta se presente. Por ejemplo "el equipo se hizo para trabajar en cierta forma, y lo mismo sucede con el producto", se hizo un diseño para que saliera de cierta manera, entonces se reconoce la falla por una comparación entre lo que está sucediendo y lo que *debiera* suceder.

La detección de fallas comienza pues con una noción clara de lo que *debiera* suceder, por lo tanto es necesario aprender en todos sus detalles lo que cada parte del equipo debe estar haciendo minuto a minuto; es decir, conocer bien como debe verse, sentirse, escucharse y hasta oler, así como conocer el *debiera* del producto al derecho y al revés.

## 5.2. CAUSA DE LA FALLA

La causa de la falla se debe siempre a algún cambio en alguna parte del sistema, mismo que puede presentarse en cualquiera de los siguientes parámetros:

- a) Materia prima. - Con la que trabaja el equipo, pues puede estar más dura o más gruesa y ahí está la falla.
- b) Equipo. - Algo se rompe, desgasta, embota o desajusta.
- c) Lo que mueve al equipo. - Una bajada de voltaje, una pérdida de fluido hidráulico o un cambio en la presión del aire.
- d) Operador. - Sostiene la herramienta en distinto ángulo, opera el equipo más lentamente o mueve el ajuste de alimentación.

Cada tipo de cambio que se introduzca en el sistema producirá diferentes efectos que corresponderán al tipo de cambio que hubo por el tipo de falla que produce.

Buscar la causa de la falla es preguntarse ¿qué tipo de cambio de los que se conocen (materia prima, equipo, lo que mueve al equipo, operador) puede presentar una falla con los efectos y huellas como los que se observan?

### 5.3. ¿DÓNDE COMENZAR?

Hay que comenzar con lo que se tiene, es decir, con la falla misma, observando lo que esta mal, estudiándolo y reconociendo sus peculiaridades. Que el primer paso sea, saber cuanto se pueda sobre la falla. Resulta evidente que la clave para una buena detección de fallas es observar lo que está mal, así pues, el no empezar a actuar antes de uno o dos minutos nos permitirá usar ese tiempo para especificar la falla, considerando que especificar indica que se haga, en cierta forma, una descripción detallada de la falla.

### 5.4. ESPECIFICACIÓN DE LA FALLA

Podríamos decir que el análisis básico de especificación de falla y las acciones a ejecutar dependen de la siguiente clasificación:

- a) Falla de causa conocida.
- b) Falla de causa sospechada.
- c) Falla de causa desconocida.

La falla de causa conocida es aquella en la que tenemos el conocimiento sin duda alguna del problema, por ejemplo si vemos que al operador se le cae la herramienta en la caja de transmisión y esto hace que los engranes se atoren y se rompan, no quedará más remedio que realizar la reparación, pero si de repente una banda transportadora se detiene y no vemos algo a simple vista pero esta se encuentra con demasiada carga y huele el motor a quemado, sospechamos que se trata de una sobrecarga y podremos actuar sobre el asunto; pero que tal cuando al problema no le encontramos ni pies ni cabeza, es entonces donde se ve la necesidad de contar con un sistema que nos guíe mientras

nos abrimos camino por entre la maraña de la falla, razón por la cual se presenta un método de análisis apropiado para este fin, en el resto de este capítulo.

## 5.5. CAUSA Y EFECTO

Es evidente que para toda acción hay una reacción, es decir que para toda causa existe un efecto, por lo que es importante recalcar que una falla solo puede tener una causa y quizás si acaso el efecto que origine la primera causa, sea la causa para otro efecto diferente; así que esto hay que tenerlo muy en cuenta para el estudio de la falla y la búsqueda del efecto.

La causa de la falla es algo real por lo tanto tiene dimensiones que permiten reconocerla y describirla. Hay cuatro dimensiones que se pueden utilizar para describir cualquier clase de falla:

- a) Identidad.- Puede ponerse nombre, clasificarla según el tipo.
- b) Ubicación.- Puede colocarse en el espacio o relacionarla con otras cosas.
- c) Tiempo.- Puede decirse cuando ocurrió, fecha y hora.
- d) Magnitud.- Se puede medir o se puede contar.

Sólo hay una causa que puede producir la falla concreta con esta identidad, ubicación, tiempo y magnitud.

Así pues, la especificación es sólo un medio para llegar al fin: encontrar la causa de la falla. Cuanto más difícil sea descubrir la causa, más tendrá que saber acerca de la falla para desenterrarla. Es decir, tendrá que especificar con más o menos detalles, según sea la falla con que se encuentra.

En toda falla se dan dos elementos distintos y separados:

Lo que está mal, la anomalía o bien, la desviación de la norma establecida para la operación o la calidad; a esto se le llama "defecto". Por otro lado está la cosa que fue afectada, la cosa que tiene el defecto. Puede ser una máquina, un producto, un circuito, una persona o un conjunto de cosas, a lo cual se le llama "objeto".

Una parte importante para una buena detección de fallas es la de obtener información, información que nos ayude a encontrar la causa de la falla de una manera más rápida y efectiva, por medio de preguntas organizadas, que nos den una descripción clara de la falla, y con el fin de conocer que tanto se ha descubierto conforme se avanza, de acuerdo a como se ilustra en el siguiente formato:

**FORMATO DE ESPECIFICACIÓN**

<b>IDENTIDAD</b>	<b>Objeto.</b> - Su nombre preciso y otros datos que lo identifiquen. <b>Defecto.</b> - Su descripción exacta, ¿cómo es?, su tamaño, su forma, su comportamiento, su sonido, su olor, la impresión al tocarlo.
<b>UBICACIÓN</b>	<b>Objeto.</b> - El área o sitio exacto donde se han encontrado los objetos defectuosos, pudiendo localizarse en el espacio o en un proceso. <b>Defecto.</b> - El lugar exacto en el objeto donde se encuentra el defecto. Puede ser una sección o una parte.
<b>TIEMPO</b>	<b>Se inició.</b> - Fecha y tiempo preciso en que comenzaron a aparecer los objetos defectuosos. <b>Patrón.</b> - Historia de la falla desde el momento en que apareció, cómo ha aparecido y desaparecido desde que comenzó.
<b>MAGNITUD</b>	<b>Objetos.</b> - El número de objetos con defectos, y el número relativo al total de lo que se ha producido. <b>Defectos.</b> - El número de defectos por objeto.

**5.6. LAS OCHO PREGUNTAS:**

De lo anterior, podemos concluir que son ocho las preguntas básicas que debemos contestar al analizar y reconocer las fallas, es decir:

¿QUÉ objeto tiene el defecto?

¿QUÉ defecto tiene el objeto?

¿DÓNDE el objeto aparece por primera vez con defecto?

¿DÓNDE el defecto aparece en el objeto?

¿**CUÁNDO** el objeto aparece por primera vez con defecto?

¿**CUÁNDO**, desde entonces, aparecen los objetos con defecto?

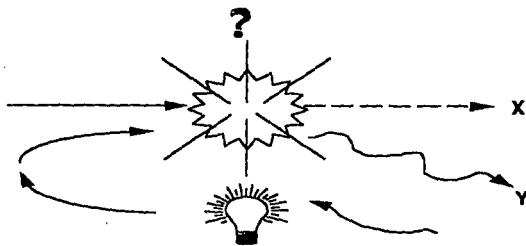
¿**CUÁNTOS** objetos aparecen con defecto?

¿**CUÁNTOS** defectos aparecen en el objeto o cuan grande es el defecto?

### 5.7. USO DE LA ESPECIFICACIÓN

El objetivo de la especificación es el de facilitar las cosas para encontrar la causa de la falla. Algunos de los aspectos que se buscan con la especificación son:

1. Descubrir cualquier laguna que pueda haber en la información. Cuando no pueda contestar una pregunta especificativa, sabe al menos que información debe buscar. En algún lado tiene que haber una respuesta. La especificación pues dice hasta que grado de posesión de la especificación se tiene.
2. Dar con los cambios que han ocurrido y que hayan podido producir el defecto que se quiere explicar.
3. Revisar las posibles causas para ver si se explican todos los datos que tiene acerca de la falla. Cualquiera que sea la causa, tiene que explicar todo lo que se tiene anotado en la especificación. La especificación da una información organizada que sirve para hacer una revisión de la falla.



**X.- Debiera**

**Y.- Realidad**

**?.- Cambio desconocido**



**.- Descubrimiento de la causa**



**- Arreglo**

El diagrama nos indica que las cosas iban funcionando bien, la "X" indica el debiera. Pero algo cambio, no se sabe que, de ahí el signo de interrogación "?". La calidad se apartó de la norma. "Y" indica la realidad de la existencia de una falla, "defectos en los objetos". El arreglo es la acción que se va a tomar para que las cosas vuelvan a su lugar. Se especifica la falla y esto da como resultado el descubrimiento de la causa. Ya conocida la causa es relativamente fácil decidir cuál ha de ser la compostura a realizar.

Para descubrir la causa de la falla es necesario buscar los distinguos y cambios por medio de la especificación. Una vez que se tiene una buena especificación, se esta frente a la causa de la falla, solamente que no se puede ver aún. Se tiene que procesar más la información para hacer resaltar los datos importantes. El primer paso después de terminar la especificación, es estudiarla.

### **5.8. PRUEBA DE LA CAUSA**

Si se piensa que se ha encontrado el cambio que causó la falla, es bien importante estar bien seguro antes de comprometerse a una acción. Es necesario probar que la causa que se ha encontrado es la verdadera. Para hacer esto existen tres clases de pruebas. Dos de ellas se hacen antes de tomar una acción, y la otra inmediatamente después, y todas verifican en distinta forma si se acertó con la causa.

⇒ Verificación con los datos.- Es necesario confrontar la causa que se ha descubierto, con los datos anotados en la especificación, antes de tomar una acción. Esta causa debe explicar todos los datos sobre la falla, porque produjo todos los efectos que se especificaron.



- ⇒ Verificación con la realidad.- Es necesario confrontar la causa que se ha descubierto con los hechos reales, antes de tomar una acción.. Se desea saber si el cambio en el cual se está pensando existe realmente.
- ⇒ Verificación con los resultados.- Comprobar los resultados que se obtienen de la acción correctiva.

Mucha gente prefiere saltarse directamente a la verificación con los resultados, pero confiar únicamente en la verificación de resultados puede ser tremendamente costoso y peligroso.

Hay que verificar la causa con los datos para descartar las explicaciones que no tienen sentido. Tomar la causa que haya quedado como la más probable, y confrontarla con la realidad, para entonces poder decidir cuál es la mejor acción correctiva a tomar. Después verificar esta acción y ver si da el resultado esperado. En caso afirmativo, se puede decir que la acción fue efectiva, y ya que se había estudiado cuidadosamente, se puede confirmar el análisis hecho. Será mucho mejor si se confía en la confrontación de los hechos y de la realidad, que si se confía solamente en la verificación de los resultados. *Es más seguro y más barato.*

### **5.9. CUIDADO SOBRE IR DIRECTAMENTE A LA CAUSA**

La mayoría de las personas se anticipa a señalar la causa cuando va de "lo que esta mal", a "yo se por qué" y "vamos a hacer esto", sin detenerse a preguntar "¿se puede verificar esta posible causa frente a los hechos y frente a la realidad?". Anticipar la causa es peligroso, costoso e innecesario. Si se ha especificado la falla, es muy sencillo verificar una causa frente a esa especificación. Sólo necesita uno o dos minutos "¿Podría esta causa producir estos resultados? ¿Podría explicar qué sucedió, cuándo sucedió y la magnitud que tuvo?". Se verá que frecuentemente se puede echar por tierra una explicación. *"Detenerse un minuto, puede ahorrar media hora".*

En resumen, hasta ahora, es importante, no hacer lo que no se tenga que hacer, tampoco saltarse lo que se tenga que hacer, y trabajar en el siguiente orden:

- ① Descripción de la falla: Qué, dónde, cuándo, magnitud, tanto para el objeto como para el defecto.

- ② Uno y otro aspectos de la falla: Datos acerca de lo que es y datos acerca de lo que no es.
- ③ Peculiaridades de la falla: cosas extrañas que destacan.
- ④ Distingos: ¿Qué hay de único y distintivo en esta cosa extraña?
- ⑤ Cambio: ¿Qué ha cambiado en ese rasgo único y distintivo?
- ⑥ Verificación: ¿Corresponde con los hechos? ¿Realmente es así?

Seguir todas estas recomendaciones le ahorrará tiempo, dinero y esfuerzo, además de grandes dolores de cabeza.

### 5.10. HACERLE FRENTE A UN REVOLTILJO.

Hasta ahora hemos hablado de fallas como si estas se presentaran de una manera más o menos bien identificada, pero la realidad es otra porque cuando ocurre una falla generalmente aparece todo un revoltijo, al cual podemos definir como "una gran cantidad de fallas revueltas en una situación confusa", por principio de cuentas es una situación mal definida, nadie está seguro de lo que está pasando, pero todos opinan. Un revoltijo puede aparecer de dos formas, puede ser repentino y desde un principio augura lo peor, o puede ser progresivo, como aquel que de una simple falla ha evolucionado hasta su forma actual, falla que pudo haberse solucionado fácilmente pero alguien tomó una mala decisión y creció. La mayoría de los revoltijos repentinos se originan cuando se hacen varios cambios simultáneamente, estos cambios pueden ser cuando se rediseña el producto, se usa equipo nuevo, contratan nuevos proveedores, reasigna los trabajos de los empleados, introducen nuevas políticas y procedimientos y se ponen a funcionar los nuevos proyectos, todo al mismo tiempo. Los problemas creados por cada cambio individual se enredan y entonces viene el caos y claro está que el modo más fácil de eliminar los revoltijos es hacer los cambios por pasos, y no todos al mismo tiempo.

Algunos revoltijos repentinos se presentan cuando varias cosas salen mal a la vez, o puede suceder que algo sale mal y hace que otras muchas cosas se decompongan en seguida. Se rompe el diente de un engrane, la vibración hace que se suelte la pieza y esto hace que algo más se descomponga, esto no se debe a una mala planeación, sucedió así; es todo. Pero este tipo de revoltijo no es muy común y es más fácil de manejar. La relación de causa y efecto es muy clara, sólo se le califica como un revoltijo cuando se enreda y no se sabe que se relaciona con qué. La mayoría de los revoltijos se forman paulatinamente, surge una falla inicial y no se le maneja bien, nadie encuentra la

causa, y sigue así, se toman toda clase de acciones equivocadas y estas causan nuevas fallas; pronto ni siquiera se reconoce la falla original, se han acumulado una gran cantidad de efectos de otras cosas que se han hecho, que ya nadie sabe realmente como empezó.

Por ejemplo, se trataba de soldar y ensamblar una pieza compleja; dos de las piezas no alineaban con un agujero, nadie preguntó "¿por qué no está alineado el agujero?" Sino que movieron una de las partes para que coincidiera. Pero, entonces sobresalía el otro extremo del ensamble y no coincidían los dos partes. Cortaron lo que sobraba y la pieza quedó corta, así que movieron hacia atrás las partes para que dieran el tamaño, con lo cual los agujeros quedaron desajustados de nuevo. Los agrandaron para que el vástago del remache pudiera pasar, pero el remache quedó flojo. Pusieron un remache más grande y entonces los otros agujeros quedaron chicos. Los agrandaron. No pudieron achatar debidamente el remache con el equipo que tenían. Y así siguió el asunto por semanas. Era un verdadero revoltijo. Creció desde una simple falla que alguien pudo haber arreglado desde el principio. Finalmente tuvieron que retroceder, descubrir la falla original y corregirla. Cada uno de los agujeros estaba un poco fuera de su lugar en dirección opuesta. Corrigieron la colocación de los agujeros en los dados que usaban para formar las partes, y la falla desapareció definitivamente.

#### **5.11. COMO DESMENUZAR UN REVOLTJO.**

No importa cómo haya comenzado un revoltijo, se tienen que separar los distintos componentes para poder resolverlo siempre que se intente encontrar la causa de una falla, tiene que manejarla individualmente, ya que no puede analizar un revoltijo para encontrar la causa. así que, el primer paso que se debe dar es desmenuzar el revoltijo. Cuando nos enfrentemos a un revoltijo, debemos suponer que cualquier falla, por pequeña que sea, es una falla aislada y separada de cualquier otra. Hay que tomarlas como cosas separadas y especificarlas separadamente. Si hay dos fallas realmente relacionadas, se sabrá, no será posible confundirnos. Si dos fallas no están relacionadas pero coinciden en el tiempo también se sabrá. Lo único que puede ser un error es suponer que todo el asunto es una sola y gigantesca falla. Pues si en realidad resulta ser un revoltijo, es decir varias fallas juntas, estaremos perdidos.

### 5.11.1. ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES.

Tenemos que concentrar nuestros esfuerzos en donde se obtengan mejores resultados. Esto quiere decir fijar prioridades: qué es lo primero, qué es lo segundo y que viene después; y no sólo fijar prioridades sino también respetarlas. Si cambiamos de una falla a otra no haremos gran cosa en ninguna. Es fácil permitir que alguien cambie sus prioridades; más fácil aún es no establecerlas en absoluto, y hacer lo primero que se presente, pero no es muy productivo.

Las prioridades se fijan por el provecho que reportan. Es decir, ¿qué representará una solución en pesos y centavos? ¿Qué se logrará con sacar el producto? Hay que invertir el tiempo dónde se produzcan mejores resultados. Si una pieza del equipo no trabaja bien y le retrasa la línea, será más importante hacer algo para que ésta línea vuelva a tomar su paso, que hacer alguna reparación que puede esperar hasta después de que tenga la línea marchando normalmente. No nos distraigamos en una falla pequeña cuando tenemos una falla grande esperando.

Una vez que hayamos desmenuzado el revoltijo en una serie de fallas, y que hayamos fijado prioridades de lo que va a producir, especifiquemos. Cuanto más pronto encontremos el qué, el dónde, el cuándo y la magnitud de la falla que tiene prioridad, tanto mejor, esto nos ayudará a no perder la pista y evitará que volvamos a formar parte del revoltijo. Una vez que hayamos especificado una falla, la tendremos tan bien localizada que será difícil perderla pues estará clasificada en nuestra mente como una falla distinta.

No es esto lo único importante que se logra al especificar una de las fallas del revoltijo. La especificación nos obliga a estudiar todos los aspectos de una falla. Si aún conservamos un nuestra mente algunos elementos de otras fallas del revoltijo mezclados con la falla que tiene prioridad, la especificación nos obligará a reconocerlo así. No podemos especificar dos fallas simultáneamente. Si preguntamos "¿qué objeto?" y obtenemos dos respuestas, inmediatamente comprenderemos que debemos separar más. Empecemos de nuevo. Ahora podemos referirnos al objeto involucrado en la falla, pues hemos separado suficientemente los elementos y podemos seguir adelante.

Algunas fallas están relacionadas con otras y sentimos deseos de adivinar las relaciones antes de tener a la mano suficiente información: "Creo que esta falla la produjo aquella otra falla". Hemos saltado la causa, no es correcto. Podemos tener razón y podemos no tenerla. Será mucho mejor que nos abstenamos de establecer relaciones hasta no haber especificado la falla. Entonces, si existe o no relación lo sabremos. Cuanto más pronto especifiquemos la falla que amerita prioridad, tanto más pronto podremos ver cómo se relaciona con otras fallas y sucesos en la planta.

# **CAPÍTULO 6**

## **LIDERAZGO**

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## 6.1. LIDERAZGO.

Todo Ingeniero recién egresado debe enfrentarse a la vida productiva en alguna empresa o compañía, y como una de las principales actividades es la de manejar gente, es primordial llegar a ser un buen líder aprendiendo a *conocer a los demás* para ser respetados y obedecidos.

Conociendo al personal pueden crearse equipos de trabajo en función de sus habilidades, que permita lograr excelentes resultados.

## 6.2. NOTAS SOBRE LA FIJACIÓN DE METAS

La fijación de metas es un proceso para decidir a dónde quiere uno ir, y empieza por planear su propio enfoque.

1. Análisis Situacional. ¿Dónde estoy? ¿Cuáles son mis cualidades y mis debilidades?
2. Temas de Objetivos. ¿A dónde quiero ir?
3. Plan Detallado. ¿Cómo llegaría?
4. Formular Estándares de Ejecución y Métodos de Medición. ¿Cómo sabría cuándo he llegado?

Es muy importante que las metas se puedan medir, que estén claras y alcanzables; de tal manera que todo individuo debe preguntarse, "¿Realmente cómo quiero alcanzar esto?", y "¿Porqué es esto tan importante para mí?".

El establecimiento de una meta realística es la diferencia entre ser "dirigido por otros", no llevar dirección alguna, y ser dirigido por sí mismo.

Cuando un individuo está planeando sus actividades, debe establecer un proceso de avance con logros consecutivos y alternativas encaminadas al propósito inicial, tomando en cuenta los problemas u obstáculos que podrían encontrarse y los recursos necesarios de los que se podrían disponer.

Toda persona orientada hacia una meta busca continuamente la retroalimentación analizando tanto sus propios esfuerzos como el de los demás, y evaluándolos con respecto a los resultados obtenidos; pues de esta manera evita caer nuevamente en sus errores o en los ajenos, así como el hecho de procurar repetir aquellas acciones ejecutadas con aciertos favorables. De esta manera, todo individuo que siga esta actitud estará acumulando en el ejercicio de su profesión lo que se conoce como "Experiencia"; mientras que aquellas que no lo hagan así solo estarán acumulando "Estupideces" que lo estancarán en la mediocridad total.

#### 6.2.1. EL " FEED-BACK "

El "feed-back" es un medio de ayudar a una persona a que sepa más de si misma, a que procure cambiar su comportamiento, o por el contrario, a que decida continuar con él. Como en un sistema de proyectil teledirigido, el "feed-back" ayuda a una persona a mantener su comportamiento "sobre el blanco", y por lo tanto, a lograr sus metas con mayor facilidad.

La palabra "feed-back", que ha sido traducida al español como "retroalimentación", ha sido tomada del campo de la cibernética y, en ese contexto, significa un retorno parcial o completo al lugar de origen, pues es la información respecto a consecuencias o resultados de un evento que de alguna manera los originó.

El "feed-back" en el contexto de la psicología y de la comunicación humana, es la información que se da a una persona, sobre las consecuencias o resultados de sus acciones o comportamientos, con la finalidad de que la utilice y aprenda.

Hay una única razón de ser del "feed-back": ayudar a una persona a cambiar o mantener un comportamiento, según quiera hacerlo.

Consideraciones sobre el "feed-back":

Para que una persona pueda utilizar el "feed-back", ésta debe:

Comprender el mensaje

Ser capaz de aceptar la información



## Ser capaz de hacer algo con la información

### Características del buen "feed-back".

Como debe darse:

1. Antes de darlo, deben considerarse las necesidades, tanto del que lo da, como del que lo recibe.
2. Debe ser sobre comportamiento específico (lo que puede verse u oírse o percibirse con los demás sentidos) y no ser general o inespecífico.
3. Debemos decir si estamos hablando de nuestras percepciones, reacciones u opiniones e identificar nuestro "feed-back" con ellas y no como si fueran hechos indiscutibles.
4. Es preferible que el "feed-back" no sea evaluativo, sino sólo descriptivo. No deben usarse palabras que denoten "bueno" o "malo", pero si tiene que ser evaluativo, debe procurarse que lo sea en relación a normas reconocidas, resultados probables, o posibles mejoras.
5. El "feed-back" que se refiere a un tema de rendimiento, cumplimiento o realización, debe contener una discusión de lo que se considera "alto" y "bajo" en dicha realización, así como de los comportamientos específicos que parecen favorecer o limitar una total efectividad o resultado.
6. Al discutir áreas de problema en las cuales hay procedimientos definidos, o técnicos, para lograr soluciones o resultados, habrán de hacerse sugerencias de medios posibles para mejorar la ejecución.
7. Deben evitarse palabras y conceptos que lastimen, produzcan reacciones emocionales o estimulen defensas.
8. Deben darse respecto a comportamientos sobre los cuales el receptor tenga, probablemente, control, y/o ofrecer maneras con las cuales pueda ser utilizado para mejorar o planear otras diferentes acciones.
9. Cuando se encuentren defensas, la persona que da el "feed-back" debe, manejar éstas en vez de tratar de convencer, razonar o dar información adicional.

10. El "feed-back" debe darse en una forma aceptante, tanto de la persona receptora, como del derecho de ésta a ser distinta. Debe darse de manera que pueda ser aceptado y hasta agradecido.

Como debe recibirse y obtenerse:

Es más importante, desde el punto de vista egoísta, saber recibir y utilizar el "feed-back", y pedirlo que darlo. Porque de ese modo nos beneficiaremos directamente de la información que logramos recibir y utilizar.

1. Pide a otros que te den sus impresiones sobre tu comportamiento, en específico o en general, sé tolerante de que ellos, probablemente, violarán las reglas del buen "feed-back" (pueden no ser expertos en "feed-back").
2. Escucha atentamente. Entrégate generosamente a atender.
3. Procura no dejar que tus defensas crezcan. Toma nota mentalmente, de tus dudas y desacuerdos.
4. Parafrasea frecuentemente, aunque creas que has escuchado correctamente, para verificar tu percepción.
5. Pide ejemplos para que comprendas mejor. Después, vuelve a parafrasear.
6. Verifica las percepciones de otros, consultando al grupo, si lo hay, o pidiendo "feed-back" a otros.
7. Siempre, agradece el "feed-back" que te dan. te haya gustado o no, es información útil para tí.
8. Aprende y acostúmbrate a solo escuchar, y suprimir toda idea de discutir, defenderte o hacerle sentir al otro que no eres tan malo, o tan bueno, como parece decir. Quédate con la información y no la dejes pasar.

### **6.3. CARACTERÍSTICAS DE UN EQUIPO**

- a) Un equipo tiene una tarea definida.
- b) Un equipo se compromete con una tarea en su totalidad.
- c) Todos los miembros del equipo cooperan para alcanzar los objetivos.
- d) La cooperación sustituye a la confrontación.
- e) Todos los miembros del equipo participan en la toma de decisiones.
- f) Un equipo se enriquece con una variedad de habilidades, talentos y técnicas.
- g) Todos deben beneficiarse cuando se alcanzan los objetivos.
- h) Las recompensas se basan en los resultados de grupo y no en los resultados individuales.
- i) El equipo establece canales abiertos de comunicación.
- j) El líder del equipo es un consejero, asesor o facilitador y no una figura de autoridad.
- k) Los resultados del esfuerzo de equipo son mayores que los resultados individuales.
- l) Los equipos deciden por unanimidad y no por mayoría.

### **6.4. PRINCIPIOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.**

- 1) La solución exitosa de problemas requiere que el esfuerzo sea dirigido hacia el vencimiento de obstáculos superables.
- 2) La información disponible debe ser usada aún cuando parezca inadecuada.
- 3) El punto de partida de un problema ofrece mayor riqueza en posibilidades de solución.
- 4) El estar orientado hacia el problema debe ser estimulado mientras que el estar orientado a la solución debe ser pospuesto.
- 5) El desacuerdo puede conducir tanto hacia hostilidad, como hacia innovación, dependiendo de las habilidades del liderazgo en la discusión.

Todos estos conceptos del liderazgo quizás se vean como algo muy del ámbito psicológico, pero es muy importante que lo conozcamos, ya que por las características de la profesión de Ingenieros el trato con subordinados es muy frecuente. Cada uno de nosotros tenemos una forma de ser y de ver las cosas, cada uno tenemos una forma diferente de tratar a las personas, pero debemos tener la mente abierta para conocer la mejor forma de lograr que los demás realicen lo que nosotros queremos, debemos ser capaces de crear motivación, mantener control, obtener poder y tener autoridad. La

motivación es la fuerza interna que nos mueve a realizar una conducta. Según Maslow en 1954, dice que existen ciertas necesidades que nos van a motivar y crea un triángulo de necesidades:

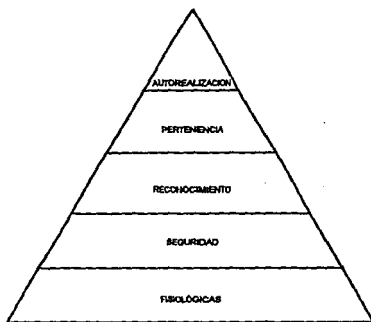


Figura 6.1. Triángulo de necesidades de Maslow.

Como se ve en el triángulo, cada persona tiene las mismas necesidades, pero cada una de ellas las tendrá en diferente proporción. Las necesidades fisiológicas todos las tenemos y todos luchamos para satisfacerlas, esa es la motivación; pero no todos tenemos la misma motivación de reconocimiento, de pertenencia o de autorealización. Estas motivaciones hay que hacerlas sentir, pues hay que hacer saber que se pueden lograr grandes cosas.

El control es algo muy importante, Campbell dijo, "si no sabes a donde vas, seguramente llegues a otro lado", y esto es algo muy cierto, en la sección 6.2 vimos que la fijación de objetivos es algo primordial para la realización y logro de éstos.

Con respecto al poder y la autoridad hay algo muy importante y cierto:

La autoridad se da, el poder se gana.

Además existen diferentes tipos de poder:

1. **Coerción.-** Es la capacidad de obligar por la fuerza, de hacer a otra persona a que haga lo que se le manda.
2. **Conexión.-** Cuando el que ordena se apoya en algo que está unido o conectado con una fuente de poder.
3. **Recompensa.-** Una persona realiza algo por la retribución.
4. **Legal.-** Una persona actúa o no en determinada forma porque reconoce en alguien la fuerza de la ley.
5. **Información.-** La conducta se dirige por la información que el otro posee y de la cual él depende.
6. **Negociación.-** Resulta de un conjunto de cualidades que hacen a una persona ganarse la voluntad de los demás para que cooperen y se logren sus propósitos.
7. **Experto.-** Es hacer que otro cumpla lo que se indica porque reconoce una competencia o capacidad.
8. **Afecto.-** Una persona sigue los requerimientos de otra porque se siente unido a aquella por lazos afectivos.

#### **6.5. BASES DEL LIDERAZGO SITUACIONAL.**

1. No existe un estilo único y perfecto.
2. Cada situación requiere de un estilo diferente.
3. El mejor es aquel que puede cambiar su estilo según la situación.
4. El liderazgo efectivo depende del tiempo, la tarea y el grado de desarrollo de los seguidores.

Es importante tener la capacidad de cambiar de acuerdo a cada situación, esto es lo que hace que se logre ser un gran líder. Hay que tener interés siempre en lo que dicen nuestros subordinados hacerlos sentir importantes y que son tomados en cuenta, hay que involucrarlos, diciendo cosas como "creo que Pedro tiene algo que decir", animarlos "eso suena interesante, me gustaría escuchar más al respecto", escucharlos "deja poner en mis palabras lo que tu dices, para verificar que entendí", etc. Todas estas sencillas frases harán que nuestra gente sienta interés en lo que hace. Algo que hay que crear para obtener un buen desarrollo es el ambiente organizacional para la creatividad, estimular con recompensas sustanciales a la creatividad, reorientar la imagen institucional hacia innovación, facilitar los recursos necesarios para la creatividad, distribuir artículos o reportes sobre innovación,

invitar a expertos sobre innovación, esto creará una mentalidad creativa que será premiada por la alta dirección.

#### **6.6. REGRESIONES.**

Con regresiones me refiero a las actitudes que hay que tomar en algunos problemas que se presentan, por ejemplo:

- Intervenir antes de que la situación empeore.
- Tratar al seguidor donde se encuentra, no donde estaba o debería estar.
- Hacerle sentir el interés del jefe por su persona o problema.
- Retroinformarle sobre sus deficiencias con precisión, evitando generalidades.
- Comentar el asunto con el interesado en privado, en diálogo amistoso.

Algo muy importante que debe tomar en cuenta un líder es la forma de reconocer y reprender a sus subordinados. "Nunca reprender en público a una persona, pero al reconocerla que sea en público", seguir este consejo ayudará a ser cada vez mejor líder.

## **CAPÍTULO 7**

# **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

## 7.1 INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)<sup>[8]</sup>

Con respecto al control de la calidad, la gente frecuentemente dice que la calidad depende del proceso. Ahora con el incremento de la robotización y la automatización, es más apropiado decir que la calidad depende del equipo.

Los equipos de producción están llegando a ser inimaginablemente sofisticados, pero el mantenimiento depende fuertemente de la actividad humana.

La metodología que actualmente va a la vanguardia en mantenimiento y que beneficia a las empresas manufactureras y de proceso logrando alcanzar un nivel alto de productividad es el "TPM MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL", que se basa en un sistema simple el cual involucra al personal para TRABAJAR EN EQUIPO dentro de los conceptos de calidad total, lo que origina que el personal se comprometa en su totalidad.

La meta del mantenimiento productivo total (TPM) es lograr costos de ciclo de vida económicos del equipo y demás activos físicos, lo que implica la obtención de la máxima efectividad del sistema al mínimo costo. El atributo único de este programa es que, la ausencia del mantenimiento productivo convencional y el mantenimiento preventivo, es el "mantenimiento autónomo por operaciones para mantener las condiciones básicas del equipo" (inspección diaria, limpieza, lubricación, mantenimiento menor, etc.). La enorme contribución de las actividades de mantenimiento operativo al costo del ciclo de vida se reduce a través de los programas participativos para incrementar la efectividad del equipo.

La innovación clave de este programa es lograr que los operadores realicen el mantenimiento básico de su propio equipo, que mantengan a su equipo en buenas condiciones de operación, y desarrollen la habilidad de detectar problemas potenciales antes de que generen descomposturas. Un programa así tiene un beneficio doble: cero descomposturas y cero defectos (mejorando la efectividad del equipo y maximizando la producción del mismo).



Para lograr el más elevado y eficaz mantenimiento en las plantas el programa de TPM debe primero cambiar las actitudes de la gente o su motivación, incrementar sus habilidades y crear un ambiente de trabajo que apoye su implementación.

El mantenimiento productivo total (TPM), el cual organiza a todos los empleados desde los altos gerentes hasta los trabajadores en líneas de producción, es un equipo de mantenimiento en el cual interviene toda la compañía y que puede soportar sistemas sofisticados de producción fácilmente.

**La doble meta del TPM es cero paros y cero defectos.**

#### **7.1.1. BENEFICIOS**

- Aumentará el nivel de disponibilidad del equipo.
- Mantendrá la calidad en la producción total.
- Reducirá al mínimo los costos de mantenimiento.
- Logrará una cooperación estrecha con producción.
- Utilizará al máximo la fuerza de trabajo disponible.
- Eliminará tiempos ociosos y defectos en el proceso.

#### **7.2 DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PM) AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)**

El mantenimiento preventivo (PM) fue introducido en los 50's, el desarrollo de TPM comenzó en los 70's. El primer periodo de los 50's puede ser llamado como el periodo del "mantenimiento correctivo".

Durante los 80's en algunas industrias el mantenimiento preventivo fue desplazado por el mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo utiliza modernos monitores y técnicas de análisis para diagnosticar las condiciones del equipo durante la operación, para identificar signos de deterioro inminente.

Continuando con el TPM se puede decir que una completa definición debe incluir los siguientes cinco elementos.

- a) TPM maximiza la efectividad de los equipos.
- b) TPM se establece a través de un sistema de mantenimiento preventivo.
- c) TPM es implementado por varios departamentos (ingeniería, operaciones, mantenimiento).
- d) TPM involucra a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- e) TPM esta basado en la promoción del mantenimiento preventivo a través de actividades de pequeños grupos autónomos.

La palabra "total" en "mantenimiento productivo total", tiene tres significados:

- 1) Efectividad total.
- 2) Sistema de mantenimiento total que incluye:
  - a) Mantener la prevención.
  - b) El mejoramiento continuo del equipo.
- 3) La participación total de los empleados.

El objeto de implementar actividades en la producción es la de incrementar la productividad minimizando las "entradas" y maximizando las "salidas".

Las "entradas" consisten en trabajo, costos, máquinas y materiales, mientras que las "salidas" comprenden producción, utilidades, calidad, seguridad, salud y medio ambiente.

Una pieza o equipo que sufre una falla, experimenta pérdida de velocidad o precisión, y produce defectos; no esta operando efectivamente.

El TPM trabaja para eliminar las "seis grandes pérdidas" que son obstáculos para la efectividad del equipo. Estas son:

*Pérdida de tiempo*

- 1) Equipo defectuoso (por paros).

2) Ajustes (por cambios de formatos).

*Pérdida de velocidad*

3) Paros y tiempo ocioso (por operación anormal de sensores, atones, etc.)

4) Reducción de la velocidad (por diferencias en el diseño y la velocidad actual de operación).

*Defectos*

5) Defectos de proceso (debido a desperdicios y defectos de calidad a ser reparados).

6) Rendimiento reducido (por arranques de máquina para establecer producción).

### **7.3 DETENER EL DETERIORO DEL EQUIPO**

El mantener un equipo quiere decir mantener la salud del equipo. La medicina preventiva ha reducido el número de muertes y ha incrementado la vida humana significativamente. Similarmente el mantenimiento preventivo es medicina preventiva y salud para el equipo.

En medicina preventiva, el objetivo principal es la prevención de enfermedades, aunque la muerte no será contrarrestada del todo. Pero una dieta apropiada, la higiene básica, ayuda a prevenir la muerte. Además, los periódicos chequeos por especialistas ayudarán a una temprana detección y tratamiento de posibles enfermedades que puedan llevar a ocasionar problemas graves a las personas.

Así el mantenimiento diario de los equipos tiene el mismo propósito. Una lubricación, limpieza, pequeños ajustes y algunas inspecciones, pueden prevenir desgastes y detectar posibles fallas en el equipo. Así como la gente es responsable de su propia salud, la persona que utiliza el equipo debe ser la responsable de la salud de este. En otras palabras, el mantenimiento diario es *responsabilidad del operador del equipo*. Este es el principio básico del mantenimiento autónomo hecho por los operadores. Pero el personal de mantenimiento, quienes son los "*doctores del equipo*", son los responsables de las *inspecciones periódicas* (chequeos de salud) y de las *reparaciones preventivas* (tratamientos a tiempo).

Así es como el mantenimiento preventivo disminuye el número de paros e incrementa la vida útil del equipo.

La práctica de la medicina preventiva es fácil de aplicar, además el costo de la prevención diaria y de los chequeos periódicos es menor comparado con lo caro que significa llegar a la enfermedad y requerir de hospitalización.

Similarmenete, es más barato reparar el equipo con bases preventivas que esperar a que este se encuentre completamente deteriorado.

Aquellas compañías quienes no practican el mantenimiento preventivo son como aquellas personas que sacrifican su salud y acortan su vida con sobretabajo y comen y beben sin moderación. Así pues, las fábricas que dejan de implementar el mantenimiento preventivo, en esencia, aceleran el deterioro de sus equipos.

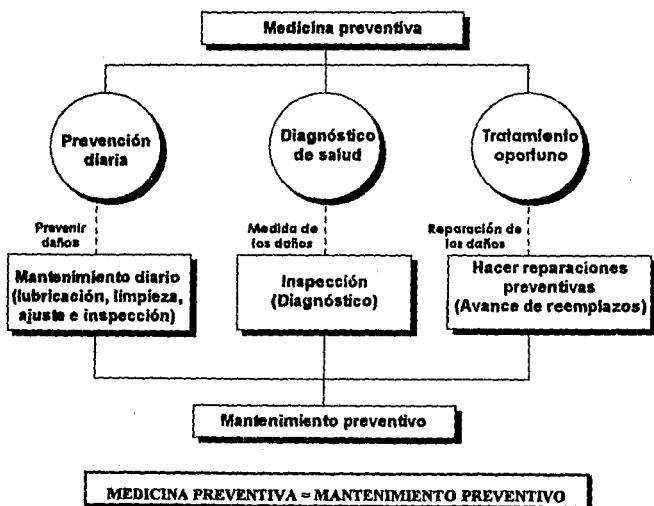


Figura 7.1. Medicina preventiva = Mantenimiento preventivo.



La causa del periodo de fallas tempranas son errores en el diseño y la manufactura del equipo. Para combatir estos, algún departamento de ingeniería o diseño debe realizar pruebas a tiempo, es decir, antes de recibir un equipo. Pero cuando ya se tienen estos problemas, será necesario mejorar el mantenimiento y dedicarse a descubrir y tratar las debilidades en diseño y manufactura.

Las fallas accidentales son debidas principalmente a errores en la operación, así que la medida más efectiva contra este mal es asegurarse de que los operadores utilicen el equipo adecuadamente, por medio de la capacitación apropiada.

Las fallas por desgaste son debidas a la limitada vida natural de las partes del equipo. La vida del equipo puede ser alargada por medio del mantenimiento preventivo y mejoras a este a través de cambios en el diseño. Esto reducirá el rango de las fallas por desgaste.

Si vemos de esta manera el ciclo de vida del equipo nos damos cuenta claramente que el mantenimiento preventivo por si solo no elimina del todo las fallas. Así el éxito del TPM depende de la cooperación de todos los departamentos.

Idealmente los paros deberían ser eliminados por medio del mantenimiento preventivo, pero la mayoría de los equipos en las fábricas están lejos de este ideal

Por lo regular nos preocupamos de fallas y defectos serios únicamente, esto es obvio, pero también es cierto que estos defectos son causados por algo que fue sencillo en su inicio. Los pequeños defectos como, suciedad, polvo, fricción, piezas flojas, rayaduras y dobladuras, (los cuales vemos como insignificantes) son el problema real.

Estos pequeños defectos pueden algunas veces no causar daño en un tiempo, pero de repente estos aparecen y crean fuertes fallas. Así que algo muy importante es suprimir estos defectos mientras aún son pequeños. *Este es el concepto fundamental detrás del mantenimiento preventivo.*

Para eliminar las fallas debemos encontrar defectos y tratar los equipos antes de que aparezcan. Las siguientes cinco concretas medidas ayudan a eliminar las fallas.

- 1) Mantener bien reguladas las condiciones básicas (limpieza, lubricación, apriete de tornillería, etc.)
- 2) Apegarse apropiadamente a los procedimientos de operación.
- 3) Restaurar deterioros.
- 4) Mejorar puntos débiles en diseño.
- 5) Mejorar habilidades en operación y mantenimiento.

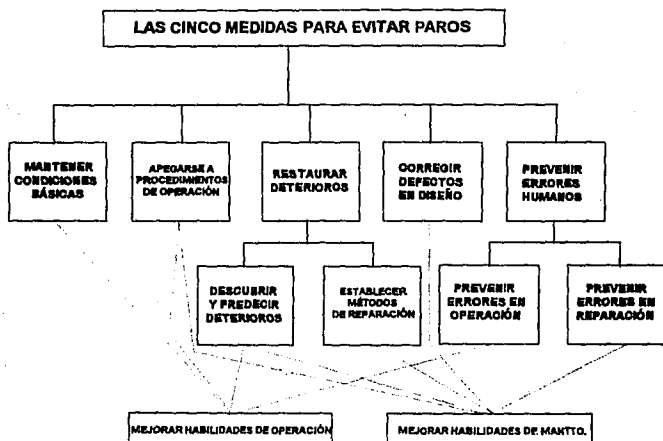


Figura 7.3. Las cinco medidas para evitar daños.

Para asegurarse de que la de que estos pasos se llevan adecuadamente, es necesario de que ambos departamentos, tanto producción como mantenimiento, estén conscientes de su papel y comprendan de que debe existir cooperación y entendimiento entre ellos.

#### 7.4 LAS CINCO ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DEL TPM.

Generalmente para el éxito en la implementación del TPM, se requiere:

- a) La eliminación de las seis grandes pérdidas para mejorar la efectividad del equipo.

- b) Un programa de mantenimiento autónomo.
- c) Un programa para el departamento de mantenimiento.
- d) Incrementar las habilidades del personal operario y de mantenimiento.
- e) Un programa inicial de manejo de equipo.

El desarrollo de estas actividades constituyen los requerimiento mínimos para el desarrollo del TPM.

El TPM es una filosofía más o menos reciente a la que se trata de encaminar todo departamento de mantenimiento en estos días, es importante conocerla por todo Ingeniero recién egresado para determinar todos los beneficios que puede obtener de ella en su nuevo desarrollo profesional dentro del mantenimiento.



## **CAPÍTULO 8**

# **CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO**

## 8.1. CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO<sup>[1]</sup>

El mantenimiento es una actividad sumamente importante en compañías que emplean procesos que involucran equipos industriales; pues tal y como ya se ha indicado, a medida que aumenta la mecanización y los avances tecnológicos, traen consigo una mayor complejidad en el equipo que se utiliza y el costo de mantenimiento tiende a aumentar en forma global como parte proporcional del costo total. Sin embargo, los costos de mantenimiento no se controlan en forma tan eficiente como otros costos incurridos durante la manufactura, de manera que la gerencia piense que el mantenimiento es uno de los eslabones más débiles en el control de costos.

### 8.1.1. Objetivos de costos de mantenimiento.

1. Mantener constantes los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo.
2. Hacer que los costos de mantenimiento sigan la tendencia de la actividad de producción.
3. Mantener los costos de mantenimiento dentro de un cierto porcentaje de las ventas netas.
4. Minimizar el trabajo de mantenimiento de mano de obra altamente especializado.

Como en el caso de los costos de otras funciones, los costos de mantenimiento no pueden controlarse por la simple comparación de los pesos gastados en un periodo con los pesos gastados en el periodo precedente, o presupuestados para el periodo actual. Las relaciones que asocian los costos de mantenimiento con otra variable, tal como las ventas, gastos generales totales de la compañía o mano de obra directa, pueden ser de utilidad pero no son suficientes.

Tanto la condición en la cual se mantienen las instalaciones como el nivel de actividad de la planta son factores vitales para el control de los costos de mantenimiento. Al establecer los objetivos de mantenimiento, las compañías distinguen, por lo general, entre mantenimiento que afecta la operación de la maquinaria instalada y el mantenimiento que afecta el aspecto exterior de las instalaciones. Dado que el mantenimiento del primer tipo es estratégico ya que afecta la capacidad de la compañía para producir bienes para la venta, generalmente recibe prioridad en la asignación de fondos de mantenimiento.

El mantenimiento que afecta el aspecto físico de una planta, sus instalaciones y sus edificios es algo que muchas veces se denomina mantenimiento intangible, porque su contribución a la producción y a las utilidades aparentemente no puede medirse; sin embargo, su nivel de fondos y su importancia, según la opinión de una gerencia consciente da la apariencia de ser un factor de relación entre el público y los empleados. Un comentario que habría de meditar y analizar bien es el siguiente: "Ya no aplazamos las tareas de mantenimiento. En un momento dado, teníamos como norma aplazar el mantenimiento del edificio y de las instalaciones, pero nos dimos cuenta de que es una política costosa. Ahora consideramos que el mantenimiento del edificio es un costo fijo y lo distribuimos en forma uniforme programando trabajos de pintura y otros trabajos afines cada año, en lugar de dejarlos acumular hasta que constituyan un trabajo de gran envergadura".

## 8.2. ÍNDICES DE CONTROL DE MANTENIMIENTO.

La importancia de la función de mantenimiento en la industria va en aumento, los gastos por este concepto representan el cinco por ciento de las ventas para la industria en general y mucho más de eso en industrias tales como la del acero y la del petróleo. El gasto creciente de dicho renglón ha hecho que se enfoque la atención a mejorarlo, medirlo y controlarlo; por lo que para ese efecto se han elaborado índices que sirven para relacionar dicho costo de mantenimiento con otros factores, y ver la forma de controlarlo y reducirlo. Algunos de esos índices son muy amplios y sujetos a la interacción de muchas variables no asociadas en forma directa al costo de mantenimiento. Otros, como los del valor del mantenimiento expresado como porcentaje del costo de ventas, poseen un valor limitado, ya que no reflejan de una manera apropiada cambios válidos en el costo de mantenimiento. Por el contrario, hay índices sumamente sensibles, como el porcentaje de desempeño estándar para un mecánico. Pero sea cual fuere su propósito y uso, los índices de desempeño miden sólo una parte del costo de mantenimiento, y a veces requieren de un considerable esfuerzo administrativo.

La dirección general y la de mantenimiento, continuamente buscan indicadores eficaces que les permiten medir el costo del mantenimiento y reflejen los esfuerzos hechos para controlarlo. Ningún índice

considerado aisladamente es eficaz, sino sólo en combinación con otros. Por otra parte, tiene un papel doble: indicar mejoramientos en el desempeño de mantenimiento, o sea la tendencia de las operaciones de mantenimiento, o la posición relativa con respecto a un punto de referencia.

## 8.2.1. CLASES DE ÍNDICES.

### 8.2.1.1. Indicadores amplios.

Razón entre el costo de mantenimiento y el de ventas. El gasto promedio por concepto de mantenimiento considerando el total de la industria es, como ya se indicó anteriormente, el cinco por ciento de las ventas, existiendo variaciones señaladas entre los diversos ramos y hasta dentro de estos mismos.

Razón entre el costo de mantenimiento y el valor de la instalación. El gasto medio por mantenimiento se relaciona más estrechamente con el valor de la inversión en fábrica y equipo que con el volumen de ventas.

### 8.2.1.2. Indicadores de carga de trabajo.

Estos índices muestran el tipo y magnitud del trabajo de mantenimiento autorizado. Los principales de ellos son:

*Trabajos pendientes en proceso.* Señala la cantidad total de trabajo aprobado para hacerse, expresado en semanas-cuadrilla. Se trata de órdenes de trabajo para las cuales se dispone de los materiales, herramientas y mano de obra necesarios para la reparación del equipo que está por parar. Tener demasiado trabajo o muy poco, no es bueno. Un cúmulo de trabajos pendientes óptimos, sería equivalente a dos o cuatro semanas-cuadrilla.

*Total de trabajos pendientes.* Este índice señala el número de semanas-cuadrilla, incluyendo los trabajos en vía de ejecución y los que han sido autorizados, pero que no pueden llevarse a cabo por falta de materiales, herramientas o mano de obra, o porque el equipo no puede parar.

*Mantenimiento preventivo.* Apunta el porcentaje de horas-hombre empleadas en mantenimiento preventivo, comparado con el total de horas de mantenimiento. Casi siempre es deseable contar con un

porcentaje pronunciado, digamos de 20 a 40 por ciento del total de horas-hombre empleadas en el mantenimiento preventivo.

*Mantenimiento diario.* Comprende el saldo de horas-hombre de reparación, distintas a las empleadas en trabajo preventivo. No debe incluir trabajos de construcción. El índice se expresa en forma de porcentaje total de horas-hombre, y el objetivo será reducir este porcentaje a límites prácticos.

*Órdenes abiertas.* Éstas también afectan la carga de trabajo y se expresan como un porcentaje de horas-hombre empleadas en órdenes abiertas, comparado con el total de horas de mantenimiento. El control suele mejorar cuando esta cifra se reduce al mínimo.

*Trabajo asignado, o trabajo de área.* Comprende las horas correspondientes a gente asignada a un área específica y que trabajan frecuentemente cumpliendo órdenes abiertas. Aquí también se logra un mejor control cuando el porcentaje se mantiene bajo y el tiempo se emplea en órdenes de trabajo definidas, calculadas, planeadas y programadas.

#### 8.2.1.3. Planeación e indicadores.

Estos indicadores, aun cuando están relacionados con factores de carga de trabajo, son los que muestran qué tan bien se está haciendo la planeación, y son los siguientes:

*Trabajos terminados según programa.* Se expresan como porcentaje de los trabajos programados. Este índice es importante para la programación del trabajo de la siguiente semana. A menos de que el porcentaje se mantenga alto, el trabajo pendiente se acumulará.

*Pronóstico de la eficacia.* Este índice expresa en qué forma se comparan las horas reales con el pronóstico de horas-hombre. Las horas pronosticadas pueden ser las horas estimadas, modificadas por un desempeño corriente de mano de obra.

*Planeación de horas de mantenimiento.* Se expresan como un porcentaje del total de horas-hombre, y señala el grado a que se planearon los trabajos. Mientras más sean los trabajos planeados, mejor se controlará el trabajo.

*Trabajo de urgencia.* Se define como todo trabajo que irrumpa en un programa diario. Este índice se expresa como un porcentaje de horas-hombre empleadas en trabajos de urgencia, relacionado al total de horas-hombre, de donde a medida que dicho porcentaje sea menor, menor es la planeación y las operaciones de mantenimiento preventivo.

*Horas extraordinarias.* Se expresan con un porcentaje del total de horas-hombre. Este índice refleja también la capacidad de planear y programar el trabajo. Debido al costo del tiempo extraordinario, conviene mantener la cifra al mínimo que resulte práctico, sin embargo, poco o nada de tiempo extraordinario puede ser síntoma de un exceso de personal. Por lo común, 1 ó 2 por ciento es considerado aceptable.

*Aplicación de normas.* Este índice se expresa con un porcentaje del total de horas, las que han recibido la aplicación de normas o estándares. Un porcentaje elevado, es señal de buen control; una amplia cobertura con normas, ayudará a la planeación del trabajo y a estimular un buen desempeño.

*Tiempo de paro.* Se expresa como porcentaje de horas-equipos perdidas en virtud del mal funcionamiento o del colapso de una máquina. Este indicador mide la calidad del trabajo de mantenimiento y la eficacia del programa de mantenimiento preventivo. Es necesario tener cuidado de excluir descuidos, negligencias, sabotajes, accidentes, interrupción de la energía eléctrica, etc. El tiempo de paro debido a deficiencias inherentes al diseño de la máquina, será incluido hasta que se hagan las correcciones debidas, o sea segregado.

#### 8.2.1.4. Indicadores de la productividad.

Las siguientes razones apuntan al aprovechamiento de la mano de obra, y son los siguientes:

*Personal de mantenimiento ocupado en forma productiva.* Se expresa como porcentaje del personal de mantenimiento a salario por hora, que trabaje en un determinado punto del tiempo. Suele determinarse mediante muestreos del trabajo, haciéndose las observaciones indistintamente, entre el personal de mantenimiento que realiza sus encomiendas de trabajo normales y cotidianas.

*Eficacia en el trabajo.* Se expresa como un porcentaje de estándar, cuando éste es el nivel del producto diario normal del operario. Aun cuando esta razón se puede determinar con un muestreo de trabajo, es difícil identificar los métodos deficientes y el trabajo innecesario. La aplicación de normas de trabajo a la labor de mantenimiento, con preferencia antes de realizar éste, constituye una medida apropiada de la eficacia del trabajo.

*Costo de la mano de obra de mantenimiento, comparado con el del material para la misma.* Esto se realiza como índice de la productividad de la mano de obra. Se hace la suposición de que una mejor productividad de la mano de obra resultará en una razón menor entre el costo de mano de obra y el del

material para mantenimiento. La desventaja de este indicador consiste en que la razón de mano de obra-material, varía tanto que no es sensible a los cambios en la productividad de la mano de obra.

*Costo de mantenimiento por unidad de producción.* Éste se expresa en costo por tonelada, o por miles de unidades. Representa el costo de mantenimiento requerido para producir una unidad de producto. Los cambios de un período básico aparecen como un aumento o disminución de este costo unitario.

*Número de gente de mantenimiento, comparado con el de operarios de la fábrica.* Esto se expresa como razón, el personal de fábrica puede ser el total, o el dedicado únicamente a producción. Este índice no es digno de confianza cuando tienen lugar cambios en el equipo, personal o métodos de producción. Los perfeccionamientos en el desempeño de la mano de obra de producción, en los métodos, automatización o cambios tecnológicos, tienden a reducir el número del personal de la fábrica y/o aumentar el de mantenimiento, aumentando, por consiguiente, la razón de gente de mantenimiento a gente de producción.

#### 8.2.1.5. Indicadores de costo.

Además de los amplios indicadores de costo mencionados, hay otros muchos que dan una cierta medida de los costos de mantenimiento, ellos son:

*Porcentaje de costo directo y general de mantenimiento, sobre el costo total de mantenimiento.* Se emplea cuando el mantenimiento directo incluye mantenimiento de equipo productivo o de operación y cuando el mantenimiento general incluye edificios, pisos, jardines, oficinas, etc. Desde luego, este porcentaje puede reducirse mediante incrementos en otras áreas de mantenimiento, por lo tanto, aumentando los costos totales de mantenimiento.

*Porcentaje de costos indirectos de mantenimiento, sobre el costo total de mantenimiento.* Se emplea cuando el mantenimiento indirecto incluye trabajo experimental o de desarrollo. También este porcentaje puede disminuir aumentándose otros costos de mantenimiento, incrementando así la base.

*Porcentaje de la nómina de mantenimiento.* Es la relación con la nómina total de la fábrica. Es similar a la razón entre el número de personal de mantenimiento y el personal total de la fábrica.

*El costo real de mantenimiento comparado con el presupuestado.* Proporciona una buena medida del desempeño presupuestario. Las variaciones grandes apuntan áreas que necesitan atención, pero, este índice sólo es tan exacto como lo sea el presupuesto.

*El costo de administración del mantenimiento, como porcentaje del costo total de mantenimiento.* Constituye un índice del control de los gastos generales del mantenimiento. No es digno de confianza si se lleva a cabo más planeación previa e ingeniería con el fin de mejorar la utilización del tiempo de los mecánicos de mantenimiento.

*El costo de mantenimiento como porcentaje del costo del trabajo en proceso.* Refleja los cambios en el costo del mantenimiento, mejor que si se relaciona éste al volumen de ventas, especialmente si las ventas son de temporada.

### 8.3. EMPLEO DE LOS ÍNDICES DE CONTROL.

Una forma práctica de emplear los índices de control consiste en preparar un perfil de varios índices; pero para ello es necesario seleccionar algunos dignos de confianza, prácticos, para cada uno de los cuales se hayan fijado puntuaciones óptimas, las cuales sirvan de metas u objetivos que se puedan cotejar periódicamente. En una situación típica pueden servir los siguientes indicadores, seleccionándose una puntuación óptima para cada uno. (Figura 8.1)

	FACTORES	INVESTIGACIÓN	META FUTURA
PLANEACIÓN	Efectividad de la mano de obra	65.0%	80.0%
	Porcentaje del total de horas-hombre de mantenimiento, sobre trabajo planeado y pronóstico semanal.	50.0%	85.0%
	Porcentaje del total de horas-hombre en trabajo de emergencia, por mes.	15.0%	4.0%
	Porcentaje del total de horas-hombre por tiempo extraordinario trabajado en un mes.	8.0%	2.0%



	FACTORES	INVESTIGACIÓN	META
			FUTURA
CARGA	Semanas-cuadrilla de órdenes pendientes corrientes.	5.0 sem.	3.0 sem
	Semanas-cuadrilla de total pendientes.	8.5%	5.0%
	Porcentaje del total de horas-hombre por mes, de mantenimiento preventivo.	10.0%	25.0%
	Porcentaje del total de horas-hombre por mes, de trabajo diario de mantenimiento.	90.0%	75.0%
COSTO	Costo de mantenimiento como porcentaje de la inversión en fábrica.	10.5%	6.0%
	Por ciento de aumento o disminución en el costo por unidad de producto elaborado en un período básico.	+15.0%	-10.0%
	Porcentaje del costo total en dólares de mantenimiento, por mantenimiento directo y general.	65.0%	85.0%
	Porcentaje del costo total de mantenimiento de mantenimiento, por mantenimiento indirecto.	35.0%	15.0%
PRODUCTIVIDAD	Función de mantenimiento expresada por el % de recursos humanos dedicados a actividades productivas.	55.0%	75.0%
	Porcentaje de eficacia pronosticadora.	40.0%	75.0%
	Porcentaje de tiempo de operación perdido en paros por mantenimiento.	12%	3.0%

Figura 8.1. Hoja de resumen de datos básicas.

Hay numerosos índices que reflejan en distinto grado la situación y cambio del costo y desempeño de mantenimiento. El problema consiste en determinar cuáles factores proporcionan el grado máximo de control con un mínimo de gastos de oficina. Los índices de control del costo de mantenimiento sirven de mucho si se emplean por la administración para identificar tendencias y alentar la investigación, así dichos índices constituyen instrumentos adicionales para guiar y estimular a la dirección de mantenimiento para que aproveche mejor sus recursos.

#### **8.4. PIEZAS DE REPUESTO Y MATERIALES DE MANTENIMIENTO.**

Al desarrollarse la maquinaria y equipos industriales y hacerse más complicados, es indispensable que la administración se percate de que no es posible resolver los problemas de mantenimiento con "clips" y "ligas". 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 de subestimar la importancia de ese control, que cuando no se ejerce como debe ser, origina costos exagerados con la consiguiente pérdida de utilidades; cuando se tiene una existencia demasiado baja de algún artículo necesario, puede causarse un grave perjuicio a la producción por paralización prolongada, además de 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 impuesto de bodega que a menudo hay que pagar, y riesgo de que caigan en desuso las piezas.

##### **8.4.1. INSTALACIÓN DE UN ALMACÉN ORGANIZADO.**

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. Cada pieza se identificará por la máquina a que corresponda y su número, nombre y cantidad se registrarán en una etiqueta que se adherirá, también se anotará en el registro de piezas de repuesto según la máquina o departamento a que corresponda, indicando el lugar donde 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.

Levantar un inventario físico de material de almacén necesita planeación y organización. La responsabilidad debe ser de alguien que esté familiarizado con la maquinaria y el equipo de la fábrica y que conozca el costo y disponibilidad de los diferentes artículos. Esa persona necesita el tiempo suficiente y la ayuda adecuada para llevar a cabo una labor minuciosa y precisa. Asimismo, 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 que este material, aun cuando se halla fuera del almacén, sigue bajo el control de este último 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 local de la fábrica y vendida o enviada a desperdicios.

Una vez que se ha realizado el inventario físico, el siguiente paso será decidir qué piezas y accesorios conviene seguir teniendo en existencia y que cantidades mínimas y máximas deben fijarse para cada artículo. En cuanto a esto 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 qué renglones llevar en existencia y sus 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 segunda semana y la entrega normal es de seis semanas, conviene tener en existencia un mínimo absoluto de cuatro bandas. En 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. También habría que precisar si una armadura de repuesto sería una inversión conveniente que echaría a andar el equipo nuevamente y casi tan aprisa 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 una pieza costosa, comparando con los perjuicios causados a la producción por no llevarla en existencia, y teniendo en cuenta el tiempo necesario para su instalación.

Una vez completada la lista de las piezas que deben tenerse en existencia, se pasará a elaborar 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 se podrá hacerse que los proveedores sean quienes conserven en existencia el artículo (a

consignación), ahorrándose con ello costos de inventarios a la 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, etc. Al colocar los artículos pertenecientes al siguiente departamento y los de los departamentos sucesivos es necesario comprobar qué chumaceras y otras partes son intercambiables, con el objeto de colocarlas en un mismo anaquel. Esto puede tardar algo, pero vale la pena el tiempo y el 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.

Pocas personas, inclusive supervisores de mantenimiento, se percatan de la frecuencia con que acuden los mecánicos al almacén, y del costo que representan estos viajes. Un examen de las órdenes de trabajo demostrará, muy probablemente, que 80 a 65 por ciento de los trabajos se llevan menos de dos horas en su ejecución y que la mayoría de los mismos requiere cuando menos de un viaje al almacén. Éste debería hallarse situado en el centro de la fábrica; pero, suponiendo que su ubicación actual exija caminar un excedente de 90 metros por minuto, el tiempo requerido por un mecánico para trasladarse al almacén, ascenderá 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 en un punto central.

#### 8.4.2. MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO.

La primera decisión que hay que tomar es respecto a lo que debe almacenarse. esto, desde luego, depende de las circunstancias particulares; pero hay varios principios que pueden servir de guía. El primero, que los artículos grandes, voluminosos y especiales, se almacenarán cerca del punto donde se vayan a usar. 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, como electroválvulas, tarjetas electrónicas, se guardarán también en el almacén.

En cuanto a tuercas, pernos, tornillos, fusibles eléctricos, bandas y otros artículos de uso común y constante, se ubicarán al frente del almacén, con objeto de que el almacenista no tenga que caminar mucho y que el mecánico que los solicita no pierda tiempo aguardando. 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 un 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, bombillos eléctricos, brochas, interruptores eléctricos, conexiones de tubería, etc. En algunos casos será aconsejable fijar un lugar específico para todas las partes de alguna unidad importante de equipo.

#### 8.4.3. CANTIDADES NECESARIAS.

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 mínimas y mantener la fábrica en funcionamiento. La mayor parte de 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 se llega al mínimo, hasta que una entrega normal restituya el nivel. La cantidad máxima se fija 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 necesario recordar que todo lo almacenado tiene que pagar su sitio de espacio de almacenaje, inversión de capital y pérdida de los intereses sobre ese capital invertido; además, los artículos, en un momento dado, pueden caer en desuso, haciendo que gran parte de la inversión se pierda. 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 de tamaño mediano o grande, y debe ser tomado en cuenta al decidir sobre existencias 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.

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 más 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 para plomería 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, regresándolas al inventario y reduciendo los saldos del mismo.

La mayoría de los fabricantes de maquinaria suministran, al serles solicitada, una lista de cantidades máximas y mínimas que recomiendan se tengan en existencia de las partes de repuesto. Conviene tomar en cuenta estas sugerencias; pero habrán de modificarse cuando sea necesario, pudiendo combinarse con las necesidades particulares.



Es conveniente utilizar una tarjeta completa de inventario como la que se muestra en la figura 8.2.; o bien, cualquier otra que contenga al menos un registro del número de pieza y de las cantidades máximas y mínimas a tener en existencia.

En todo programa de mantenimiento, es de absoluta necesidad contar con un inventario de partes y accesorios adecuado; pues 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 en forma óptima a los objetivos del mantenimiento, los materiales deben estar:

- a) En perfectas condiciones.
- b) Disponibles en el momento de utilizarse.
- c) 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.



# **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

En los capítulos anteriores se describieron diferentes enfoques para ayudar al Ingeniero recién egresado de la carrera a conseguir una administración más eficaz de la función de mantenimiento. Se expusieron conceptos y técnicas que han sido utilizados y se han probado con la experiencia. Con base a ellos los Ingenieros que piensan dedicar sus estudios al mantenimiento podrán planear, organizar y controlar esa función.

Desde luego que lo expuesto no es la última palabra sobre el tema, ya que se sigue estudiando y avanzando, las máquinas y las fábricas se tornan más complejas y la función de mantenimiento cobra cada día mayor importancia además de que se tienen nuevos y notables avances en el área de mantenimiento. Así, los siguientes adelantos se ven ya dentro del área de mantenimiento:

Los mecánicos de mantenimiento serán especialistas altamente adiestrados con una capacidad técnica a un título profesional universitario.

Más supervisores de mantenimiento son Ingenieros graduados.

El director de mantenimiento tiene rango de ejecutivo.

Las operaciones que comprenden sistemas sumamente técnicos y complejos son controlados por ingenieros de mantenimiento, integrándose el mantenimiento a la función de producción.

Las técnicas preventivas y correctivas de mantenimiento mejoran a través de procedimientos más refinados de comprobación y control, utilizando el control por computadoras de tiempo real, para eliminar o predecir fallos o paros de equipo.

Las máquinas se construyen de modo que se reduce al mínimo el mantenimiento, recurriendo para ello a un mejor diseño, componentes más confiables, ajustes automáticos, etc.

Los componentes modulares son parte de las máquinas mismas, a efecto de que pueden cambiarse con facilidad antes de que ocurra un fallo, y son desechados o reparados fuera de línea.

Se utilizan computadoras para controlar partes de repuesto, materiales y accesorios, así como para programar la fuerza humana de mantenimiento.

## CONCLUSIONES

En los capítulos anteriores se describieron diferentes enfoques para ayudar al Ingeniero recién egresado de la carrera a conseguir una administración más eficaz de la función de mantenimiento. Se expusieron conceptos y técnicas que han sido utilizados y se han probado con la experiencia. Con base a ellos los Ingenieros que piensan dedicar sus estudios al mantenimiento podrán planear, organizar y controlar esa función.

Desde luego que lo expuesto no es la última palabra sobre el tema, ya que se sigue estudiando y avanzando, las máquinas y las fábricas se tornan más complejas y la función de mantenimiento cobra cada día mayor importancia además de que se tienen nuevos y notables avances en el área de mantenimiento. Así, los siguientes adelantos se ven ya dentro del área de mantenimiento:

Los mecánicos de mantenimiento serán especialistas altamente adiestrados con una capacidad técnica a un título profesional universitario.

Más supervisores de mantenimiento son Ingenieros graduados.

El director de mantenimiento tiene rango de ejecutivo.

Las operaciones que comprenden sistemas sumamente técnicos y complejos son controlados por ingenieros de mantenimiento, integrándose el mantenimiento a la función de producción.

Las técnicas preventivas y correctivas de mantenimiento mejoran a través de procedimientos más refinados de comprobación y control, utilizando el control por computadoras de tiempo real, para eliminar o predecir fallos o paros de equipo.

Las máquinas se construyen de modo que se reduce al mínimo el mantenimiento, recurriendo para ello a un mejor diseño, componentes más confiables, ajustes automáticos, etc.

Los componentes modulares son parte de las máquinas mismas, a efecto de que pueden cambiarse con facilidad antes de que ocurra un fallo, y son desechados o reparados fuera de línea.

Se utilizan computadoras para controlar partes de repuesto, materiales y accesorios, así como para programar la fuerza humana de mantenimiento.

Toda mejoría de la técnica de mantenimiento y la necesidad de velocidades más altas, tolerancias más estrechas, una mayor mecanización y nuevos procesos, servirán para poner más de realce la importancia y responsabilidad de la función de mantenimiento y de los encargados de dirigirla.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) ASOCIACIÓN Nacional de Contadores de los E.U., CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, Infotec-Conacyt [tr. Roberto Italo Donadij]; México, 1980, 135 p.
- 2) ÁVILA, Espinosa Jesús, CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO, Sociedad Mexicana de Mantenimiento A.C., 7A. Edición, Libro gris, México, 1989.
- 3) ÁVILA, Espinosa Jesús, MANTENIMIENTO RUTINARIO, Sociedad Mexicana de Mantenimiento A.C., 5a. Edición, Libro verde, México, 1989.
- 4) BERANGER, Pierre, EN BUSCA DE LA EXCELENCIA INDUSTRIAL (Just in Time y Nuevas Reglas de Producción), Editorial CDN Ciencias de la Dirección, S.A., Madrid, 1988, 221 p.
- 5) CORRONS, Luis, TÉCNICAS DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN, Ediciones Deusto S.A., España, 1979, 435 p.
- 6) ISHIKAWA, Kaoru, ¿QUÉ ES EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD? La modalidad japonesa, [tr. Margarita Cárdenas], Editorial Norma, Colombia, 1986, 209 p.
- 7) JURAN, J.M., JURAN Y EL LIDERAZGO PARA LA CALIDAD (Manual para ejecutivos), [tr. Jesús Nicolau Medina], Ediciones Días de Santos, S.A., Madrid, 1990, 363 p.
- 8) NAKAJIMA, Seichi., INTRODUCTION TO TPM (Total Productive Maintenance), [s. tr], Editorial Productivity Press, Inc., U.S.A., 1988, 129 p.
- 9) NEWBROUGH, E.T. ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, (Organización, Motivación y Control en el Mantenimiento Industrial), [tr. Mario Bracamonte Cantolla], Editorial Diana, S.A., México, 1982, 413 p.
- 10) OHNO, Taiichi, EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA. Más allá de la Producción a Gran Escala, España, 1991, 180 p.
- 11) TAGUCHI, Genichi, INTRODUCTION TO QUALITY ENGINEERING, Designing Quality into Products and Processes, Editorial Nordica International Limited, Hong Kong, 1986, 191 p.
- 12) TAGUCHI, Genichi, QUALITY ENGINEERING IN PRODUCTION SYSTEMS, Editorial Mc. Graw Hill, U.S.A. 1989, 173 p.
- 13) TAGUCHI, Genichi, TAGUCHI TECHNIQUES FOR QUALITY ENGINEERING, Loss function, Orthogonal Experiments, Parameter and Tolerance Design, Editorial Mc. Graw Hill, U.S.A., 1988, 279 p.

14) TREGUE, Kerner, DETECCIÓN ANALÍTICA DE FALLAS, Editorial Asociados S.A. de C.V., México, 1969, 140 p.

15) UNAM, GUÍA DE CARRERAS, México, 1985, 458 p.