



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GENERAL DEL
MANTENIMIENTO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N
ALFONSO HERNANDEZ GOMEZ
HUMBERTO GONZALEZ AGUILAR

DIR ING. JOSE PAPTERRA CABALLERO



MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

P R O L O G O

EN ESTE TRABAJO HEMOS TRATADO DE RESUMIR CIERTOS PRIN
CIPIOS, METODOLOGIAS Y TECNICAS, CON EL FIN DE SISTE-
MATIZAR EL TEMA Y DE ESTE FACILITAR LA COMPRESION
DEL MISMO; TRATANDO DE ASENTAR LAS BASES NECESARIAS
PARA UNA POSIBLE APLICACION EN LOS CASOS PARTICULARES
QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LA REALIDAD.

PARA EL LOGRO DE NUESTRO OBJETIVO, HEMOS CONSULTADO
VARIAS FUENTES DE INFORMACION.

POR OTRA PARTE, CREEMOS QUE ESTE TRABAJO PUEDE LLENAR
UNA SENTIDA NECESIDAD EN ESTE CAMPO PUESTO QUE EXISTE
UNA CIERTA CARENCIA DE LITERATURA QUE TRATEN ESTE EN
EL SENTIDO ARRIBA SEÑALADO.

I N D I C E

	Página
I.- INTRODUCCION	1
I.1.- Averfa	2
I.2.- Teoría de la Fiabilidad	3
I.3.- Fiabilidad de Explotación	5
I.4.- Unificación	7
I.5.- Normalización	8
I.6.- Estructura de las Máquinas	10
I.7.- Clasificación de Métodos para la Creación de Maquinaria	12
II.- ASPECTO TECNICO	18
II.1.- Actividades Especificas del Mantenimiento	19
II.2.- Sistemas de Mantenimiento	22
II.3.- Mantenimiento Correctivo	23
II.4.- Mantenimiento Preventivo	25
II.5.- Planeación y Programación del Mantenimiento	28
II.6.- Técnicas de Programación del Mantenimiento	31
II.7.- Preparación de los Trabajos de Mantenimiento	53
III.- ASPECTO TECNICO	61
III.1.- Factores Económicos: Rentabilidad, Efecto Económico, Eficiencia, Longevidad y Depreciación	62
III.2.- Control y Costos del Mantenimiento	86
III.3.- Indices de Control	92
III.4.- Programación de los Gastos del Mantenimiento	98
III.5.- Presupuestos del Mantenimiento	110
IV.- ASPECTO ADMINISTRATIVO	113
IV.1.- Administración en el Mantenimiento	114

IV.2.- Fases de la Administración en el Mantenimiento.	116
IV.3.- Control de Inventarios en el Mantenimiento	133

BIBLIOGRAFIA

I.- INTRODUCCION

I.1.- AVERIA

I.2.- TEORIA DE LA FIABILIDAD

I.3.- FIABILIDAD DE EXPLOTACION

I.4.- UNIFICACION

I.5.- NORMALIZACION

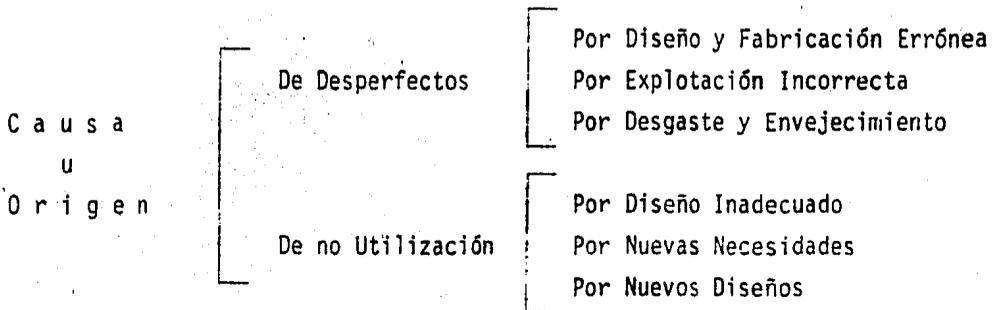
I.6.- ESTRUCTURA DE LAS MAQUINAS

I.7.- CLASIFICACION DE METODOS PARA LA

CREACION DE MAQUINARIA

I.1.- AVERIA

Se entiende por avería, a la alteración de la capacidad de trabajo o modificación en las propiedades de las máquinas o equipos, o en alguna de sus partes, por la cual deja de seguir total o parcialmente sus funciones. Las averías tienen distintas características y se clasifican según: su importancia, la relación con otras averías, la forma de aparición y la permanencia.



La mayoría de las averías que se atribuyen a la explotación incorrecta pueden referirse, con pleno fundamento, a defectos de diseño y a fabricación errónea.

En el diseño y fabricación correcta, se debe evitar la utilización de la máquina en regímenes peligrosos de sobrecargas, evitar la existencia de posibles conexiones incorrectas y reducir al mínimo la influencia de la calidad del mantenimiento, de la capacidad de trabajo de la máquina.

Cabe destacar la importancia que engloba el concepto avería para lo cual será necesario, tener conocimiento de la teoría de la fiabilidad para la explotación de la maquinaria.

I.2.- TEORIA DE LA FIABILIDAD

Los objetos de esta teoría son: la determinación de las exigencias a la fiabilidad desde las posiciones técnicas y económicas; el estudio de las singularidades estadísticas de la aparición de las averías; la aclaración de las causas de las averías (diagnóstico de las averías) la revelación de las piezas y conjuntos que son la causa más frecuente de las averías; el pronóstico de las averías; la determinación del grado de peligro de las averías y la complejidad de su eliminación, el estudio de la influencia que ejercen las averías en la economía de la explotación de las máquinas; la elaboración de los índices objetivos de la fiabilidad de las máquinas.

Unos apartados especiales de la teoría, componen los problemas de fiabilidad de los complejos de las máquinas (producción en cadena y continua, líneas de producción automáticas y semiautomáticas). A éstos se refieren los siguientes problemas:

De los complejos y control de su interacción, reservación (introducción de máquinas y cadenas de reserva), acumulación (introducción de acumuladores que garanticen el trabajo ininterrumpido del complejo en caso de avería breve de una de las máquinas).

La teoría de la fiabilidad se apoya en los métodos de la teoría de las probabilidades y de la estadística matemática, formulando las deducciones en forma de relaciones probabilísticas.

La fiabilidad de la máquina se caracteriza por el tiempo probable medio de trabajo ininterrumpido de la máquina (rendimiento probable medio de la máquina en una avería), en función del tiempo de explotación o por la frecuencia probable media de las averías, así como por la densidad de distribución de las averías durante el período de trabajo de la máquina.

La teoría de la fiabilidad, pronostica las averías que con más frecuencia se

encuentran en la práctica, puede servir de gran ayuda en las manos del diseñador y constructor de la maquinaria, a éste último le toca la parte principal del problema, la activa, es decir la eliminación de los sitios débiles de la construcción y elevar su fiabilidad en conjunto haciendo uso de todos los procedimientos modernos de fabricación y tecnológicos; en principio, es posible alcanzar que se eviten completamente las averías, a excepción de las que se producen por causas puramente casuales.

1.3.- FIABILIDAD DE EXPLOTACION

La fiabilidad de la máquina se compone de los siguientes aspectos; alta longevidad, funcionamiento sin averías, estabilidad de acción (capacidad de trabajo duradero sin bajar los parámetros iniciales), resistencia a la fatiga (capacidad de resistir las sobrecargas), pequeño volúmen de operaciones de mantenimiento, vitalidad (capacidad de continuar trabajando cierto tiempo en el caso de deterioros parciales, aunque sea con parámetros reducidos), capacidad de eliminación de deterioros (conservación de la capacidad de repararse), largos plazos entre las reparaciones, y pequeño de los trabajos de reparación.

Debido a la gran diversidad de aspectos que determinan la fiabilidad es difícil establecer un criterio único, lo más frecuente al determinar la fiabilidad es partir del concepto de avería de la máquina, es decir, cualquier parada forzada de la máquina.

La fiabilidad de la máquina se caracteriza por:

- Por la frecuencia de averías.
- Por la duración del trabajo ininterrumpido de la máquina entre las averías.
- Por la regularidad del cambio de la frecuencia de averías, en el curso de servicio de la máquina.
- Por el grado de gravedad de la avería, el volúmen, el costo y la duración de los trabajos indispensables para eliminar la avería.

Por el grado de gravedad la avería se divide en:

Tipos de Avería

Ligera
Mediana
Grave.

Avería Ligera:

Es el pequeño desarrollo que se elimina en el sitio con el personal de servi

cio, empleando herramientas improvisadas.

Avería Mediana:

Es el desarreglo y deterioro que obliga a parar por largo tiempo la máquina, a revisarla parcialmente y a intercambiar (o restaurar) las piezas deterioradas y que se efectúan con la ayuda de los servicios de reparación.

Avería Grave:

Son aquellas que afectan los órganos importantes de la máquina y que exigen una parada duradera para su reparación. Esta avería comprende el desgaste general de la máquina que requiere en una determinada fase la revisión completa de la máquina y el recambio de las piezas desgastadas.

Finalmente, debe entenderse como explotación incorrecta: El entretenimiento negligente de la máquina, el incumplimiento de las reglas de explotación, la inobservancia de los regímenes establecidos (sobrecargas), los errores en la sucesión de las operaciones de mando (conexiones incorrectas), la inobservancia de las técnicas de seguridad, etc.

I.4.- UNIFICACION

La unificación consiste en el empleo de los mismos elementos en las construcciones, cosa que contribuye a reducir las variantes de las piezas y a disminuir el costo de la fabricación, a simplificar la explotación y la reparación de las máquinas.

La unificación de los elementos constructivos permite reducir la nomenclatura de las herramientas para trabajar dichos elementos, de los instrumentos de medir y de los útiles de montaje.

La unificación de las piezas y conjuntos originales puede ser interior (en los límites del producto dado) y exterior (adaptación de piezas de otras máquinas de la misma fábrica u otras fábricas).

La unificación del tipo y del surtido de materiales, electrodos, dimensiones, tipo de piezas de sujeción y de otras normalizadas, de cojinetes de contacto rodante, etc., facilita el suministro a la fábrica constructora y a las empresas de reparaciones de materiales, piezas normalizadas y artículos comprados.

El grado de unificación se valoriza por el coeficiente Unf que se representa como la relación:

Entre el número de piezas unificadas y el número total de piezas de la máquina.

$$\text{Unf} = \frac{\text{Pun}}{\text{P}} \cdot 100 \%$$

I.5.- NORMALIZACION

La normalización es la reglamentación de la construcción y las dimensiones tipo de las piezas de maquinaria ampliamente empleadas (piezas de sujeción, manguitos, accesorios de tuberías, nipples, engrasadores, prensaestopas, piezas de mando, volantes de mando, etc.), de conjuntos y unidades (embragues, grifos, correderas, dispositivos de engrase, bombas, lubricadores, filtros, válvulas reductoras, conjuntos de accionamientos neumáticos e hidráulicos, etc.).

La normalización acelera el diseño, simplifica la fabricación, explotación y reparación de las máquinas. La elección correcta de la construcción de las piezas normalizadas, contribuye a la elevación de la fiabilidad de las máquinas.

La normalización da el mayor efecto, cuando se reduce el número de las dimensiones tipo empleadas de las piezas normalizadas, es decir, si se unifican aquellas. En la práctica en las oficinas de proyectos este problema se resuelve con la emisión de limitadores que establecen el mínimo de piezas normalizadas que satisface las necesidades de la clase de máquinas a proyectar.

Las ventajas de la normalización se realizan en plena medida con la fabricación centralizada de las piezas normalizadas en plantas especializadas. Esto descarga las fábricas de maquinaria del trabajo laborioso de la fabricación de piezas normalizadas y simplifica el suministro de piezas de repuesto a las empresas de reparaciones.

El grado de normalización se valoriza por el coeficiente:

$$N_{nor} = \frac{N_{nor}}{N_t} \cdot 100 \%$$

donde:

Nnor: Es el número de piezas normalizadas.

Nt : Es el número total de piezas de la máquina.

Para realizar con éxito la normalización, es necesario que las piezas normalizadas sean de calidad adecuada.

I.6.- ESTRUCTURA DE LAS MAQUINAS

Toda máquina o equipo grande, pequeña, compleja consta de varios grupos; aparatos, conjuntos, órganos, mecanismos, piezas y elementos.

Pieza:

Es la unidad estructural elemental de la máquina o equipo.

Conjunto o Bloque:

Es la unidad de montaje y comprende la unión de varias piezas vinculadas, que pueden ser inseparables (fijas) o separables (desmontables).

Grupo:

Es una de las partes principales e integrante de la máquina o equipos, se compone de la reunión de conjuntos u órganos y piezas acopladas para desempeñar funciones comunes de trabajo.

COMPOSICION DE UNA MAQUINA, DIVIDIDA POR ELEMENTOS:

Elementos o Partes de Aplicación Especial: Que sólo se acoplan a unos tipos determinados de máquinas: máquina agrícola, máquina de cortar metales, etc., como ejemplo de estos elementos pueden ser, válvulas embolos, husillos, porta herramientas, etc.

Elementos o Partes de Aplicación General: Que comprenden los elementos de las uniones inseparables y separables, partes de las transmisiones de fricción y embrague; árboles y ejes, cojinetes, resortes, piezas de armazón. También abarcan una infinidad de elementos de máquina que siendo de un mismo tipo, van acoplados a una diversidad de máquinas o equipos y desempeñan iguales funciones.

Elementos o Piezas Propiamente Dichas: Elementos de unión, así como los grupos o conjuntos que desempeñan simples funciones en la máquina o equipo.

En el diseño se debe estructurar el sistema, máquina o equipo, teniendo en cuenta el siguiente principio constructivo: La máquina debe estar dividida en partes definidas, según un determinado seccionamiento para agruparlos, para que formen una unidad, que reúna las condiciones óptimas, para cumplir con el fin a que están destinadas.

I.7.- CLASIFICACION DE METODOS PARA LA CREACION DE MAQUINARIA.

Los métodos que se dan a continuación, para el diseño de máquinas, algunos están estrechamente enlazados uno con otro, fijar una frontera rigurosa entre ellos es difícil, siendo posible la combinación y el empleo simultáneo de dos o varios métodos.

Métodos para la
Creación de Maquinaria

Método de Seccionamiento
Métodos de Variación de las Dimensiones Lineales
Método del Grupo Básico
Método de Conversión
Método de Modificación
Método de Agrupamiento
Método de Integrabilidad
Método de Series Unificadas

Método de Seccionamiento:

Este método reside en dividir las máquinas en secciones iguales y formar máquinas derivadas mediante la composición de secciones unificadas.

Se secciona con éxito muchos tipos de aparatos transportadores y elevadores, porejemplo, los transportadores de cinta y de cadena. El seccionamiento se reduce a la construcción del armazón de las máquinas de secciones y a la composición de máquinas de distinta longitud con nueva cinta portadora. Se secciona con particular sencillez las máquinas con cinta portadora de eslabones (elevadores de cangilones, transportadores de placas con cinta sobre la base de casquillos y rodillos), en las cuales la longitud de la cinta se puede variar mediante la extracción o adición de eslabones.

El rendimiento económico de la formación de máquinas por este procedimiento

sufre poco si se introducen algunas secciones no estandarizadas que pueden ser útiles para adaptar la longitud de la máquina a las condiciones locales.

También pueden seccionarse los filtros de disco, cambiadores de calor de plcas, bombas centrifugas, de torbellino e hidráulicas axiales.

En el último caso mediante un conjunto de secciones puede obtenerse una serie de bombas multietapa de distinta presión unificadas conforme a los órganos de trabajo principales.

Método de Variación de las Dimensiones Lineales:

Con el fin de obtener distinta productividad de las máquinas y grupos se modifica su longitud, conservando la forma de la sección transversal. Este método es aplicable a una clase limitada de máquinas principalmente rotativas, la productividad de las cuales es proporcional a la longitud del rotor (bombas de engranajes, rotativos, de aletas, compresores, máquinas de rodillo, etc.).

Método del Grupo Básico

Este método se basa en la aplicación del grupo básico que se transforma en máquinas de distinta designación agregando un equipo especial.

Este método tiene mayor empleo en la fabricación de máquinas de construcción de carreteras, grúas móviles. En el caso dado el grupo básico puede ser el chasis del automóvil que se fabrica en serie, montado sobre el chasis un equipo complementario se obtiene una serie de máquinas de distinta aplicación. El acoplamiento de un equipo especial exige la elaboración de mecanismos y conjuntos complementarios como son cajas de toma de fuerza, mecanismos elevadores y giratorios, embragues de fricción, frenos, etc.

Método de Conversión:

Con el método de conversión, la máquina básica o sus elementos principales se utilizan para crear conjuntos (máquinas combinadas) de distinta designación, a veces próximos por su proceso de trabajo otras veces distintos. Como un ejemplo de conversión, puede servirnos el paso de los motores de combustión interna de pistón de una especie de combustible a otra, de un tipo de proceso térmico a otro (el ciclo de encendido por chispa al ciclo de ignición por compresión).

Método de Modificación:

Se llama de modificación a la transformación de la máquina con el fin de adaptarla a otras condiciones de trabajo, operaciones y tipo de producción, sin variar la construcción fundamental. Como un ejemplo de modificación puede aportarse la adaptación de la máquina para el trabajo en distintas condiciones climatológicas.

La transformación en el caso dado se reduce principalmente al cambio de materiales en las máquinas que trabajan en un clima húmedo tropical, se emplean aleaciones resistentes a la corrosión en las máquinas que se explotan, en regiones de clima duro materiales resistentes al frío, los sistemas de lubricación para el trabajo a temperaturas-bajas.

Método de Agrupamiento:

El agrupamiento consisten en crear máquinas mediante la combinación de conjuntos unificados que representan grupos independientes colocados en distinto número y combinaciones en una bancada común.

Este principio adquirió la expresión más completa en la construcción de máquinas-herramientas para operaciones múltiples, tales máquinas se crean sobre la

base de bloques (módulos) unificados (bloques elaboradores, cajas combinadoras, mecanismos de sincronización, mesas giratorias, cajas de aplicación general, bancadas, montantes, grupos auxiliares, sistemas de suministro de líquidos, lubricantes, refrigerantes, mando eléctrico y accionamientos hidráulicos).

El producto por lo general, permanece inmóvil en el proceso de elaboración a éste se le acerca por distintos lados, los bloques ajustados de modo correspondiente, las operaciones de elaboración transcurren simultáneamente lo que acelera mucho el proceso tecnológico.

Las ventajas principales del agrupamiento son: La reducción de los plazos y el costo del diseñado y de la fabricación de las máquinas, la simplificación del entretenimiento y la reparación, la posibilidad del reajuste de las máquinas para elaborar diversas piezas.

El agrupamiento paracial es la utilización de conjuntos y unidades estandarizados fabricados en serie por la industria (reductores, bombas, compresores), así como la adaptación de los conjuntos y unidades de los productos que se producen en serie (cajas de cambio de velocidades, diferenciales, mecanismos de computación, embragues, acoplamiento de fricción).

Método de Integrabilidad:

La máquina, equipo o sistema, debe constituir una unidad integral, que debe facilitar el funcionamiento y debe ser completa en sí, para lo cual, además de las partes fundamentales a la máquina, se debe dotar de los dispositivos necesarios de control, protección y de las partes de reserva correspondientes. Los dispositivos de control por lo general son aparatos de medida que se utilizan para verificar el buen estado del sistema, a la iniciación o durante el trabajo que actúan en forma automática o simplemente dan indicaciones que facilitan el juzgamiento de la capacidad de trabajo del sistema y en otros casos dan avisos que permiten evitar descuidos graves que pueden llevar al equi

po a una catástrofe. Los dispositivos de protección o de seguridad son elementos que sirven para evitar que la avería de uno de los elementos o descuidos en la operación del equipo, den lugar a una avería mayor en toda la instalación o también para salvaguardar la seguridad de las personas tales como el freno automático de los ascensores para el caso del descuelgue del mismo, los fusibles de protección para corto-circuitos en las instalaciones eléctricas, válvulas de seguridad para las calderas, etc., las partes de reserva aunque participan del sistema de protección del equipo, se dirigen más bien a asegurar la continuidad de la marcha que ha de evitar una avería mayor, consiste por ejemplo, en dotar al cubilote un motor eléctrico en caso de corte de electricidad, o dotar de un motor y bomba en paralelo a otros, para permitir la sustitución inmediata en caso de avería en uno de ellos.

Método de Series Unificadas:

También es posible la formación de una serie de máquinas derivadas de distinta potencia o productividad mediante el cambio del número de órganos principales de trabajo y su empleo en diversas combinaciones, estas series se llaman familia gama o serie de máquinas, este procedimiento es aplicable a las máquinas cuya potencia o productividad depende del número de órganos de trabajo. Este método asegura las siguientes ventajas tecnológicas y de explotación:

- Simplificación, aceleración y abaratamiento de los procesos del diseño y fabricación de las máquinas.
- Posibilidad del empleo de los métodos de alta productividad del maquinado de las piezas unificadas.
- Disminución de los plazos de puesta en punto y asimilación de los prototipos experimentales (gracias al funcionamiento sincrónico de los órganos principales de trabajo).
- Control de la explotación.

- Reducción de los plazos de reparación del personal técnico de servicio y los plazos de reparación de las máquinas, así como la simplificación del suministro de piezas de repuesto.

II.- ASPECTO TECNICO

II.1.- ACTIVIDADES ESPECIFICAS DEL MANTENIMIENTO

II.2.- SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

II.3.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

II.4.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

II.5.- PLANEACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

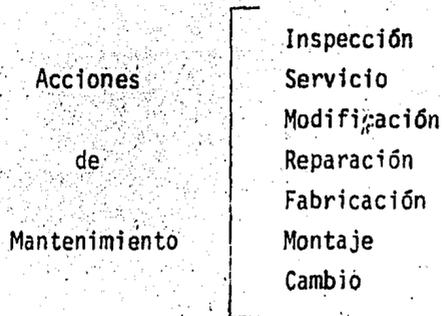
II.6.- TECNICAS DE PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

II.7.- PREPARACION DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

II.1.- ACTIVIDADES ESPECIFICAS DEL MANTENIMIENTO.

Actividades	De Investigación:	Etapas de búsqueda de materiales, Procedimientos, etc. que mejoren la fiabilidad.
	De Desarrollo:	Etapa de aplicación de los resultados de la investigación, para la mejora de los actuales.
	De Construcción y Diseño:	Las necesidades para cumplir con su misión, mediante el empleo de materiales y tecnología de elaboración correcta.
	De Conservación:	Utilizando métodos a propósito del almacenaje instalación, ubicación, lubricación, reglaje, reparación, etc.
	De Mantenimiento:	Con su correcta explotación, el entrenamiento sistemático preventivo y correctivo. Etapa de mantenimiento de Equipos e Instalaciones eficientes, con el fin de garantizar la continuidad de funcionamiento.

ACCIONES DE MANTENIMIENTO



- 1.- Inspección: Actividad consistente en efectuar revisión y control del funcionamiento y operación de los equipos, con el fin de determinar su estado físico y poder determinar las posibilidades de falla.

Esta puede ser:

- Ligera.- Superficial con poca instrumentación
- Profunda.- Se usa instrumentación y herramientas complejas
- Abierta.- Cuando el equipo se abre o desmonta
- Cerrada.- Cuando no se requiere la apertura o desmontaje del equipo, maquinaria, etc.

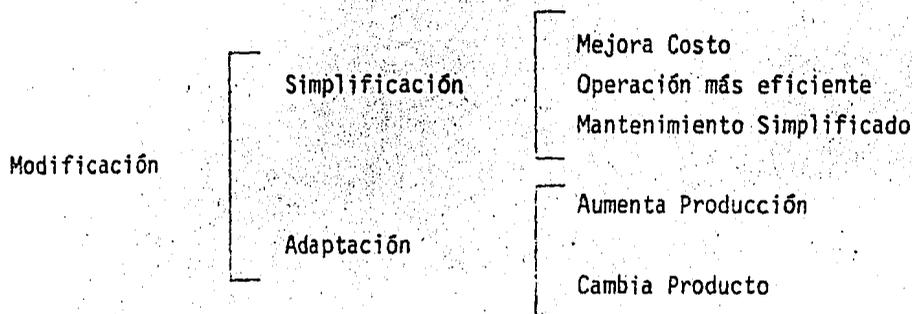
- 2.- Servicio: Son las actividades consistentes en mantener la apariencia y las propiedades físicas de los equipos e instalaciones.

Comprende actividades como:

- Limpieza
- Pintura
- Lubricación
- Desinfección, etc.

- 3.- Modificación: Son las actividades que consisten en alterar el diseño de los equipos e instalaciones, con el fin de simplificar la operación

el mantenimiento o para satisfacer las necesidades de producción.



- 4.- Reparación: Comprende a las actividades consistentes en; corregir defectos, substituir partes, etc., para que vuelva a funcionar o siga funcionando normalmente un equipo.
- 5.- Fabricación: Consiste en la manufactura de partes de repuesto de difícil adquisición, con el fin de reparar, modificar o dar servicio de mantenimiento a equipos o instalaciones.
- 6.- Montaje: Comprende a las actividades consistentes en instalar, poner en marcha o en operación normal equipos nuevos.
Como generalmente se realizan por técnicos especialistas o por los mismos fabricantes, éstos capacitan a la gente encargada de mantener en buen funcionamiento el equipo.
- 7.- Cambio: Significa reemplazo de partes o equipos que han agotado su vida útil por cuanto su reparación o recuperación deja de ser económica.

II.2.- SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Los factores determinantes de la actividad industrial son producir: en calidad, oportunidad, cantidad, regularidad y puntualidad requeridas, para lo cual es imprescindible alcanzar cierto grado de seguridad funcional. Uno de los requisitos primordiales para obtener la seguridad satisfactoria es; realizar el mantenimiento adecuado de máquinas, equipos e instalaciones.

Con el fin de establecer la continuidad operativa integral de la planta industrial que permita alcanzar el nivel de eficacia necesaria, es conveniente pues, ajustar los procedimientos de mantenimiento en relación: al equipo, a sus características, al estado y al tipo de averías que pueden presentar y en especial al grado de seguridad requerido.

Básicamente los tipos de mantenimiento se pueden agrupar en dos grandes sistemas, de acuerdo al momento de actuar; ya sea después de producida la avería o anticipadamente.

Mantenimiento:

Después: Correctivo

Antes: Preventivo

II.3.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Llamaremos Mantenimiento Correctivo, como su nombre lo indica, a la corrección o reparación de las anomalías que se presentan inesperadamente en equipos, maquinaria e instalaciones.

El Mantenimiento Correctivo, es el más usual en las empresas, ya que requiere de menor conocimiento, organización así como de un menor esfuerzo, pero no hay que perder de vista que las averías se presentan imprevistamente por lo cual puede demandar de un trabajo irregular y por lo general fuera de horas hábiles.

La aplicación del Mantenimiento Correctivo, en general se suscita por un hecho consumado, ya que se realiza para superar una situación creada bajo la influencia de varios factores.

Este mantenimiento se puede clasificar en:

Clasificación del
Mantenimiento
Correctivo

Mantenimiento Correctivo Periódico
Mantenimiento Correctivo Directo
Mantenimiento Correctivo Indirecto
Mantenimiento Correctivo de Servicios
Mantenimiento Correctivo de Emergencia

Mantenimiento Correctivo Periódico.- Es aquél que con cierta regularidad se hace para corregir el deterioro causado por el uso e inclemencia.

Mantenimiento Correctivo Directo.- Es aquél que comprende actividades de corrección de fallas en equipos de producción con el fin de que ésta se vea restablecida.

Mantenimiento Correctivo Indirecto.- Es aquél que se encamina principalmente a modificar equipos o partes de ellos para corregir fallas atribuibles a diseño o construcción y evitar con ello la corrección directa.

Mantenimiento Correctivo de Servicios.- Es aquel en que no es posible aplicar un mantenimiento preventivo, pues sería totalmente incosteable, por ejemplo reponer alumbrado, destapar drenajes, etc.

Mantenimiento Correctivo de Emergencia.- Trabajos urgentes y Costosos que se llevan a cabo en equipo de producción crítico.

II.4.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El Mantenimiento Preventivo, puede ser definido como la conservación planeada de la fábrica, equipos e instalaciones, como consecuencia de inspecciones periódicas en la que se descubren condiciones defectuosas, tratando de abarcar el conjunto de actividades programadas a equipos en operación y que permiten en la forma más económica continuar su operación en forma eficiente y segura y con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.

Siendo el Mantenimiento Preventivo en sí un instrumento de reducción de costos, que ahorra a la empresa dinero en conservación por operación.

Uno de los requisitos para que exista el Mantenimiento Preventivo o sea que no presenten fallas y paros de equipo, es que éste sea programado. Las ventajas del Mantenimiento Preventivo, son múltiples, variadas y benefician no sólo a la empresa pequeña sino a los grandes complejos industriales.

El Mantenimiento Preventivo, puede clasificarse en los siguientes conceptos:

Clasificación del Mantenimiento Preventivo	De Acuerdo a su Magnitud.	Mantenimiento Preventivo Normal Mantenimiento Preventivo Mayor
	De Acuerdo a su Amplitud.	Mantenimiento Preventivo de Inspección Mantenimiento Preventivo Superficial y Profundo
	De Acuerdo al Modo de Detectar la Avería.	Mantenimiento Preventivo Sintomático Mantenimiento Preventivo Predictivo
	De Acuerdo a la Oportunidad en que se realiza.	Mantenimiento Preventivo Progresivo Mantenimiento Preventivo Periódico Mantenimiento Preventivo Continuo

Mantenimiento Preventivo Normal.- Es programado y no necesita de presupuesto especial para realizarse. Se aplica de acuerdo a las necesidades vitales del equipo y de la producción.

Mantenimiento Preventivo Mayor.- Es programado casi siempre extemporáneamente y por períodos de tiempos largos, necesitándose generalmente de un presupuesto especial para ser realizado.

Mantenimiento Preventivo de Inspección.- Son las actividades programadas en forma rutinaria, que no necesitan que el equipo sea puesto fuera de servicio para su aplicación. Su objetivo principal, es la detección de posibles fallas o simplemente determinar la confiabilidad del equipo.

Mantenimiento Preventivo Superficial y Profundo.- Son determinados por la minuciosidad con que se hacen y directamente proporcional al tiempo de paro que es necesario para su realización.

Mantenimiento Preventivo Sintomático.- Es mantener al equipo en función de los síntomas registrados durante la operación.

Mantenimiento Preventivo Predictivo.- Consiste en detectar las averías, las fallas por revelación antes de que sucedan, sin perjuicio en la producción, usando aparatos de diagnóstico o por medio de la Probabilidad y Estadística.

Mantenimiento Progresivo.- Es el de proporcionar el mantenimiento al equipo por etapas, subdividiéndolo en máquinas, secciones, mecanismos y partes.

Mantenimiento Periódico.- Es dar el mantenimiento al equipo en forma integral, después de un lapso determinado.

Mantenimiento Continuo.- Es proporcionar en forma permanente y con un nivel óptimo el mantenimiento al equipo.

Las actividades del Mantenimiento Preventivo, comprenden también trabajos de:

- Seguridad
- Fabricación
- Modificación

Trabajos de Seguridad.- Son todas las actividades para corregir averías o para corregir instalaciones que pueden ocasionar un riesgo a las personas y/o maquinaria.

Trabajos de Fabricación.- Comprende la elaboración de partes de repuestos o la recuperación de las que son retiradas de los equipos.

Trabajos de Modificación.- Comprende la alteración de los diseños originales de un equipo, con el fin de simplificar las actividades de mantenimiento y de alargar la periodicidad de sus intervenciones.

En cada empresa debe establecerse el Sistema de Mantenimiento, de acuerdo a la naturaleza de sus actividades y giro productivo y éste puede realizarse con personal propio o ajeno en tal caso, el Servicio de Mantenimiento se realiza durante fechas preestablecidas.

II.5.- PLANEACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

La Planeación la definiremos como: El conjunto de actividades y esfuerzos previos para determinar la acción a seguir con el fin de lograr los objetivos.

Dentro de las etapas que se tienen que contemplar en esta fase, están:

- 1) El establecimiento de los principios que servirán para orientar las acciones y llevar a cabo las decisiones. Es necesario definir las políticas de mantenimiento, para cada departamento, área, grupo de equipo y equipos en especial. Dentro de estas políticas se establecen las actividades generalizadas que se especifican para cada uno de los sectores, recurriendo a la información proporcionada por: archivos, informes, manuales, inspecciones, innovaciones, etc.
- 2) La elaboración de los procedimientos para el establecimiento de las actividades con la secuencia, que de acuerdo al objetivo deban ser establecidas, con el fin de que éste sea logrado de manera óptima.
- 3) Programar las actividades con la secuencia establecida en la etapa anterior; ésto determina la asignación de fechas y horas de comienzo, duración y terminación de cada una de ellas.
Considerando los tiempos individuales de cada actividad y su participación en relación con las demás, se puede determinar el tiempo total de duración del trabajo.
- 4) La última etapa corresponde a la elaboración de presupuestos, por medio de la determinación de recursos con el fin de que las actividades se realicen. Sólo puede determinarse con mayor exactitud cuando los recursos, humanos y materiales, han sido definidos. Esta es la etapa de organización en la misma, deben ser calculados los presupuestos, en base a la duración total, -

estableciendo el costo por unidad de tiempo.

Se define la Programación como la determinación anticipada del lugar y el momento en que deben iniciarse y terminar las operaciones y/o las actividades de preparación y ejecución necesarias para la fabricación de un artículo ó de un servicio.

Etapas de la Programación:

- 1.- Determinar o estimar el tiempo calendario, que se emplea en cada actividad del plan.
- 2.- Fijar la secuencia de las actividades.
- 3.- Elaborar la programación en forma gráfica o de otra manera, asignando personas, materiales, máquinas, equipos y demás recursos necesarios.

Información Necesaria para Programar:

El alcance y eficiencia de una programación del mantenimiento, quedan limitados por el acierto de la orden de trabajo y los procedimientos de control y de manera muy especial por el grado y exactitud de la planeación hecha. Los programadores dependen por completo de los planeadores, para tener una información precisa. Si ambos, cuentan con una buena información, los programas resultarán acertados; pero si dicha información es incorrecta o insuficiente, el programa será inútil.

La importancia de contar con una información que sirva de base, contribuye a la tendencia natural de identificar la Programación del Mantenimiento.

La experiencia ha demostrado que un sistema por bueno que sea no garantiza un magnífico control de la programación. Los mejoramientos son el resultado de cambios en la forma de pensar de la dirección y de las estipulaciones de políti

ca administrativa, el sistema no es más que un instrumento para llevar a la práctica y cumplir lo que la dirección se propone.

El suministro de información a los programadores, deberá simplificarse lo más que se pueda, para que el tiempo empleado en preparar y analizar los informes sea el menor posible.

II.6.- TECNICAS DE PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

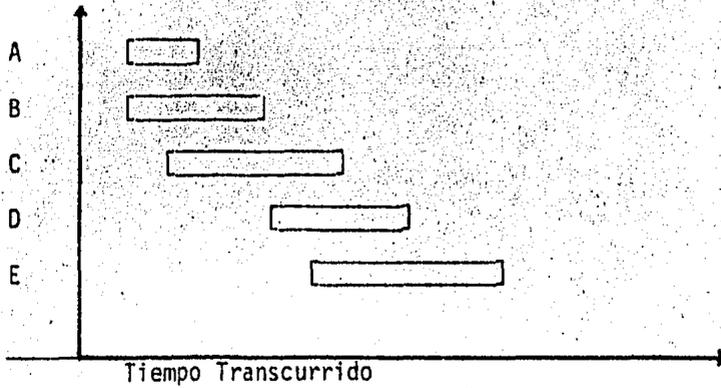
La Gráfica de Gantt

Las Gráficas de Gantt muestran las actividades requeridas, el tiempo durante el cual se prolongará cada una de éstas y la fecha en que debe empezar cada actividad para que se complete cada una de aquellas que se consideran como prerrequisito o para que haya progresado lo suficiente, de manera que puedan empezarse las actividades siguientes. Conforme progresa el trabajo las barras de actividad se van llenando para que en cualquier momento se pueda determinar si se está cumpliendo o no con el programa de mantenimiento proyectado.

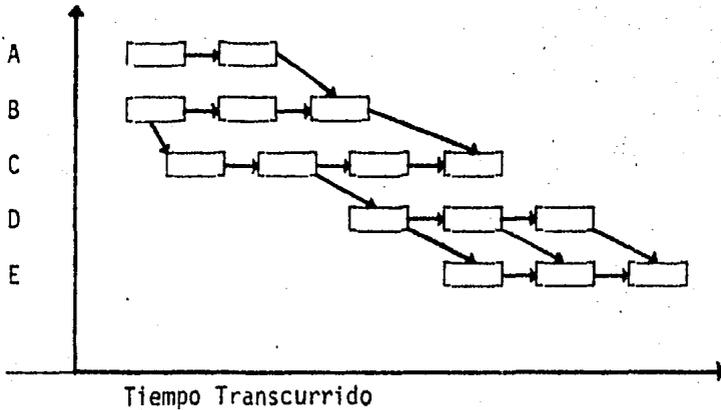
En la forma en que se usa la Gráfica de Gantt o diagrama de barras, ésta tiene dos limitaciones:

- En primer lugar, no indica claramente los detalles relativos al progreso de las actividades. Esto es particularmente problemático en actividades que se prolongan por períodos más o menos largos.
- La segunda deficiencia, y más importante, es que éstas gráficas no dan una indicación clara con respecto a qué porciones de cualesquiera de las actividades son específicamente prerrequisitos de actividades subsiguientes o de actividades dependientes que puedan traslaparse. Estas deficiencias de los diagramas de barras se pueden eliminar en gran medida por medio de los procedimientos mostrados en las Fig. [1] y [2], en las cuales las actividades se descomponen en sub-partes y la interdependencia se muestra por medio de flechas conectoras.

Este procedimiento conduce directamente a la formación de redes.



- Fig. [1] Gráfica de actividad - Tiempo Transcurrido.



- Fig. [2] Gráfica de actividad-Tiempo Transcurrido, en que se muestra la interdependencia por medio de flechas.

Redes Actividad - Evento

Una red actividad - evento, presenta una imagen de las interrelaciones existentes entre las actividades y eventos que abarca un proyecto o un trabajo, siendo un evento el comienzo o terminación de una tarea y representado por consiguiente un punto en el tiempo y una actividad el trabajo requerido para llevar a cabo un

evento. Es obvio que las actividades requiere el paso del tiempo. En una red actividad evento, como se muestra en la fig. [3], los eventos se representan comúnmente por medio de círculos u óvalos y las actividades por medio de flechas. Por lo tanto los eventos están relacionados uno con el otro a través de las actividades.

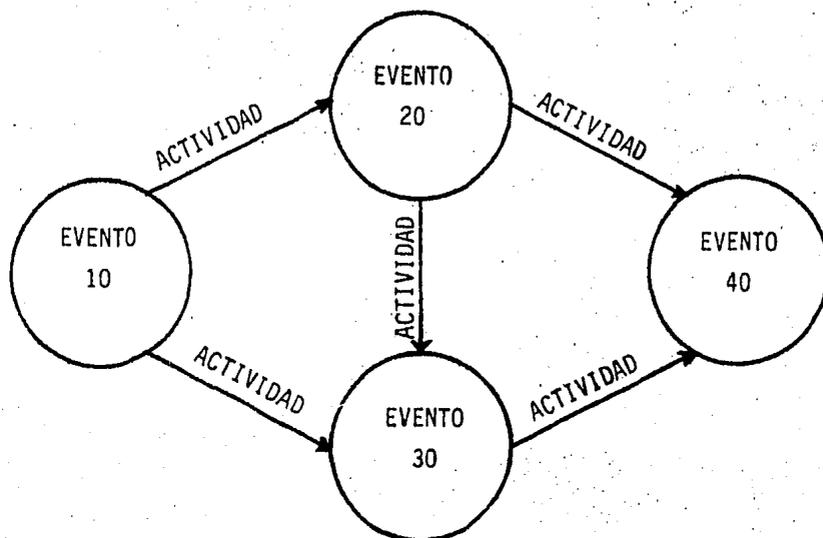


Fig. [3]. Gráfica de actividad - evento.

Los eventos se numeran 10, 20, 30 y así sucesivamente al dibujar la red por primera vez, por si se hace necesario alterar la red por la adición de más eventos, a éstos se les pueda asignar los números 11, 21, 31, etc.

A las actividades generalmente se les conoce por medio de los eventos que conectan: actividad 10 - 20; actividad 20 - 30; etc.

CPM y PERT

Se han desarrollado y se están usando algunas variantes de las redes actividad-evento. Probablemente los dos más comunes sean los métodos conocidos como CPM

(Método del camino crítico) y el PERT (Técnica de evaluación y revisión de programas). Básicamente, estas variantes difieren sólo en la forma en que se utilizan y en los valores que se asignan a las actividades. El CPM se aplica principalmente a proyectos cuya naturaleza es más bien determinística, como los trabajos de construcción, en los cuales las estimaciones de costos y tiempo se pueden predecir con mucha certeza, debido a la experiencia acumulada. El PERT, por otro lado, tiene a aplicarse a proyectos que sólo se hacen una vez, como los trabajos de investigación y desarrollo, en los cuales hay involucrados esfuerzo intelectual y construcción de prototipos originales, así que las estimaciones de tiempo y costos deben ser bastante inciertas. En consecuencia, se pueden emplear métodos probabilísticos en relación con el PERT.

Cuando los tiempos que se requieran para desarrollar las actividades se deban basar únicamente en estimaciones, es práctica común obtener estas estimaciones de tiempos en personas que estén familiarizadas o involucradas en cada una de las actividades. En tales casos, algunas darán estimaciones bastante optimistas, en tanto que otras podrán anticipar muchas posibles dificultades y darán estimaciones bastante pesimistas.

Puntos de referencia para la elaboración del CPM y PERT:

En el CPM:

- Es necesario la elección de eventos particulares y bien definidos que suceden en la red de actividades.
- Los eventos se enlazan con actividades que muestran las interrelaciones.
- Para trazar una gráfica CPM, es necesario calcular el tiempo de todas las actividades.
- Los aspectos críticos de cada actividad se señalan mucho antes de que ocurran.
- Entre dos actividades pueden calcularse valores en función del capital reque-

rido; así es posible decidir qué actividades deben o no acelerarse en su ejecución.

En el PERT:

- El PERT, como el CPM, exige la selección de acontecimientos u eventos particulares y perfectamente definidos que se producen en la red de actividades.
- Los acontecimientos se enlazan con actividades que muestran las relaciones de dependencia recíproca entre ellos.
- El trazado de una gráfica PERT, exige un cálculo del tiempo de todas las actividades y revela la incertidumbre que pueda haber.
- También en este método los aspectos críticos de cada acontecimiento se señalan mucho antes de que ocurran.
- Proporciona la probabilidad de cumplir con la fecha de terminación del proyecto.

Procedimiento para aplicar el CPM a un proyecto o trabajo:

- 1.- Elaborar una lista de todas las actividades a desarrollar.
- 2.- Determinar el tiempo estimado de ejecución de cada actividad.
- 3.- Hacer la matriz de secuencia.
- 4.- Construir la red.
- 5.- Resolver la red.
- 6.- Interpretación de resultados.

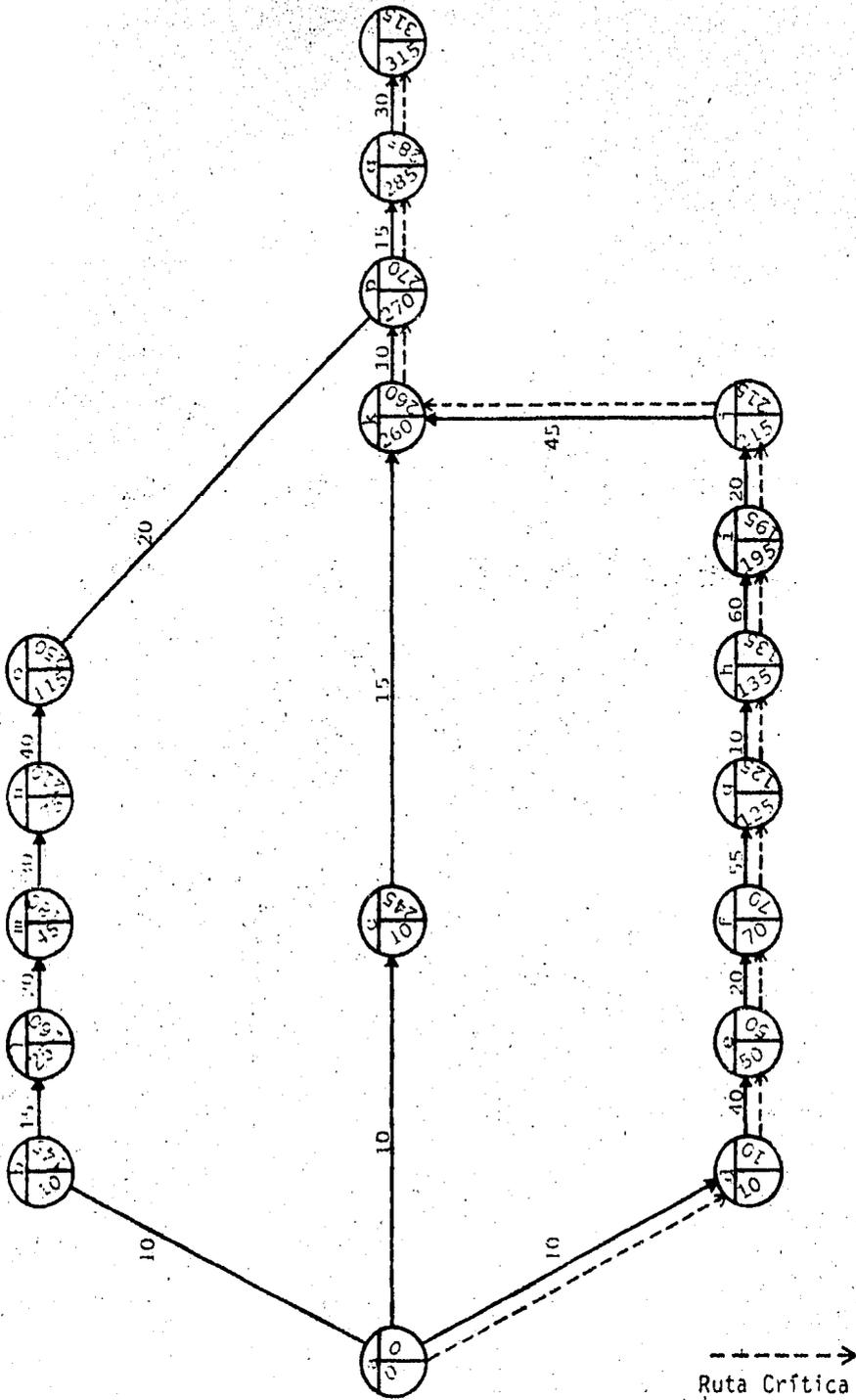
7.- Elaborar la gráfica de Gantt o diagrama de barras.

Lo anterior lo ilustraremos con el siguiente ejemplo:

Sea un compresor recíprocante de un sólo pistón con motor integral, al que se le va a dar mantenimiento. En el cual se trata de determinar el tiempo mínimo necesario para completar su mantenimiento.

1.- Lista de Actividades	2.- Tiempo Estimado (Min.)
a) Paro del compresor y desenergizar	10
b) Desconectar motor	15
c) Vaciar aceite de carter	15
d) Sacar válvula de succión y descargar	40
e) Abrir cilindro	20
f) Sacar pistón	55
g) Sustituir sello de flecha	10
h) Reemplazar anillos y montar pistón	60
i) Tapar Cilindro	20
j) Montar Válvulas	45
k) Poner aceite al carter y a los lubricantes	10
l) Quitar motor	20
m) Limpiar motor	30
n) Montar motor	40
o) Conectar y energizar	20
p) Prueba en vacío	15
q) Prueba con carga	30

4 y 5.- Construcción y Solución de la Red:

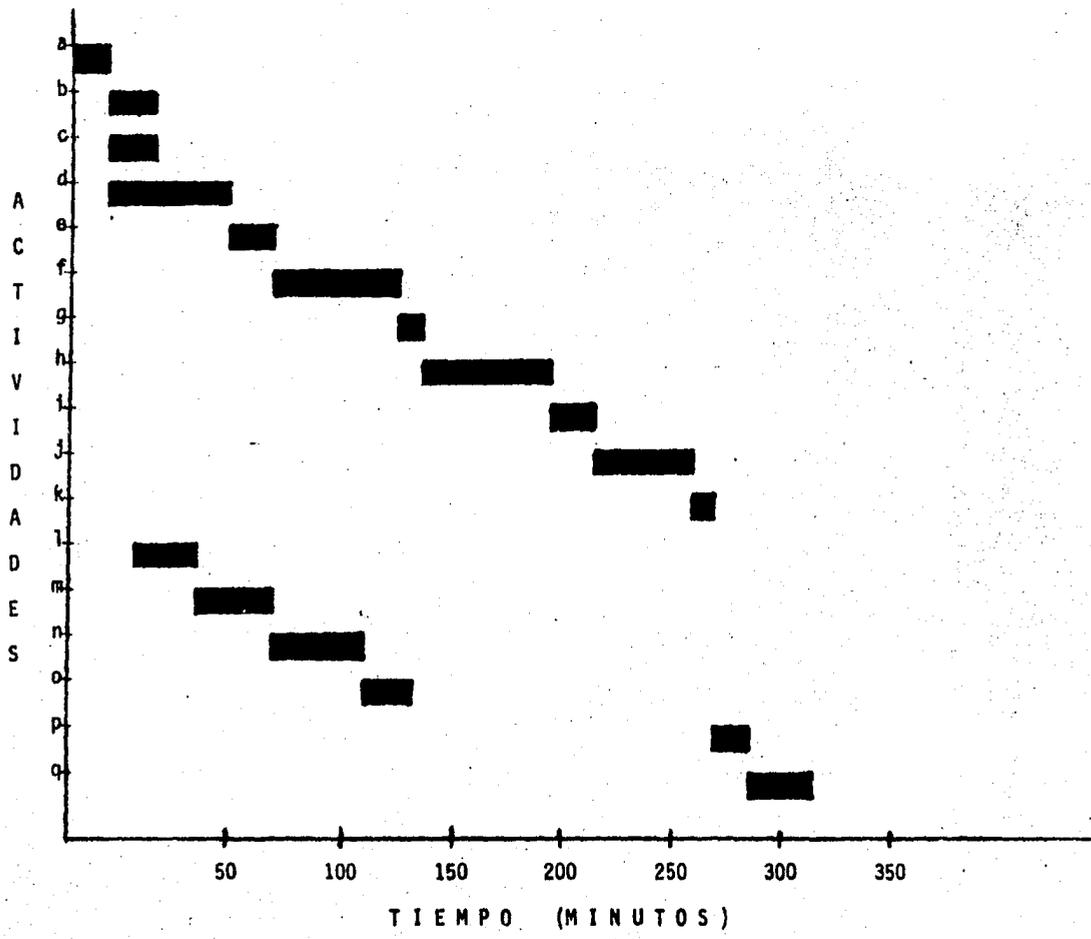


6.- Interpretación de resultados:

- Ruta: a,b,l,m,n,o,p,q = 180 min.
- Ruta: a,c,k,p,q = 80 min.
- * Ruta: a,d,e,f,g,h,i,j,k,p,q = 315 min.
- * Ruta Crítica

Es evidente, por lo tanto, que el camino a,d,e,f,g,h,i,j,k,p,q, determina el tiempo mínimo en el cual se puede completar el mantenimiento y se conoce como Camino Crítico.

Una vez determinado el Camino Crítico, es aparente en muchos casos poder obtener economías canalizando recursos o cambiando procedimientos, con el fin de acortar el tiempo requerido para completar un trabajo de mantenimiento. El finalizar un trabajo y que marche eficientemente en una fecha más temprana, puede dar como resultado ingresos mayores y más tempranos.



7.- Gráfica de Gantt:

Sistema ICGM para Determinar Prioridades

Este método se basa en establecer la prioridad con que se dará el servicio de mantenimiento de acuerdo a ciertos límites señalados por el presupuesto, para hacer esta labor se cuenta con el método de los Índices ICGM.

ICGM (Índice de Clasificación para los Gastos de Mantenimiento)

Los ICGM sirven para clasificar cuantitativamente los gastos de mantenimiento, procedentes de valores numéricos computados por:

- 1) Cada pieza o unidad en la organización, y
- 2) Cada trabajo o proyecto de mantenimiento a realizar.

Mediante el empleo del ICGM, consistente en una Clave de Equipo, que vincula capacidad, beneficio y confiabilidad, el costo calculado de reparación y un Factor de Trabajo que toma en cuenta el aumento de costo diferido, el de producción perdida, el de calidad, el de trabajo extraordinario y el riesgo en cuanto a seguridad; gran parte de las conjeturas quedan eliminadas al planear se las prioridades en los gastos de mantenimiento. Ello da como resultado mejores decisiones y una planeación más atinada.

El sistema ICGM debe ser adaptado a cada rama industrial y a cada empresa según el momento. Los procesos, equipos, recursos, políticas y metas, varían y deben analizarse para una adecuada aplicación de dicho sistema.

Los ICGM se determinan multiplicando la "Clave de Equipo" por el "Factor de Trabajo".

Clave de Equipo

La importancia relativa de cada pieza del equipo se establece mediante el empleo de factores básicos seleccionados. Las consideraciones básicas para la

clasificación de equipos son: 1) Monto de la capacidad mecánica usada, 2) Rentabilidad, y 3) Importancia del equipo en relación a otro que afecte.

La Clave de Equipo debe tomar, por lo tanto, en cuenta:

Clave de Equipo

Porcentaje de Utilización
Porcentaje de Rentabilidad
Factor de Proceso.

A cada uno de estos factores corresponde una escala numérica. Estas escalas serán según la rama industrial, la empresa o las circunstancias. Como la Clave de Equipo es el producto de dichos tres factores, y cada uno de éstos tiene una participación igual.

1) Porcentaje de Utilización o Monto de la Capacidad Mecánica Usada.

Para establecer la Clave del Equipo, una de las consideraciones básicas, que hay que tomar en cuenta es el grado de utilización de éste; ya que un equipo que trabaja toda la jornada tiene más importancia que el que sólo se usa rara vez.

Este factor, es el porcentaje de tiempo disponible, entendiéndose por tiempo disponible las 24 horas del día por 7 días, y así contar con un patrón comparativo.

Este factor, es importante ya que nos relaciona la demanda del trabajo, cuando el equipo se utiliza bastante y minimiza esa demanda cuando el equipo está ocioso. Para cuando el equipo se utiliza en trabajos temporales o cíclicos, el factor de capacidad mecánica debe aplicarse con cierta anticipación para completar en cuestión, mientras se dispone del tiempo ocioso, y tener el equipo para cuando se le utilice.

Los puntos de % de capacidad asignados a varios % de utilización son los siguientes:

% de Capacidad

Puntos

100

10

90	9
80	8
70	7
60	6
50	5
40	4
30	3
20	2
10	1
Más de 0	0

2) Porcentaje de rentabilidad (Utilización y Beneficio).

La importancia de este factor aplicado a cada pieza de la maquinaria, que participa en los procesos de fabricación. El conjunto de piezas del equipo contribuirá cada una de ellas con una parte del total de utilidades, que tienen que ostentar un factor de diez.

Será proporcional el factor de rentabilidad a obtener, en relación con la capacidad de la fábrica.

El porcentaje de puntos por la utilidad de fábrica podría ser de la siguiente manera:

% de Pesos de Utilidad Recibida	Puntos
10 ó más	10
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1
0	0

3) Factor de Proceso.

Este factor tiene por objeto conceder la importancia al equipo que afecta a otro, como el empleado en un proceso de línea (Línea troqueladora, calderas, generadores, etc.).

Importancia en puntos por otras máquinas afectadas.

Otras Máquinas Afectadas.	Puntos Cantidad involucrada hasta un máximo de 100
Más de 10	10
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1
0	0

Ejemplo:

En una fábrica dedicada a la fabricación de cojinetes, posee una cortadora que abastece a todo el proceso funcionando 23 horas por día, 6 días a la semana por lo que tendrá una capacidad de:

$$(6 \times 23) + (7 \times 24) \times 100 = 80 \%$$

Trayendo consigo un número de puntos de capacidad igual a 8.

Si la cortadora produce el 0.4% de beneficio de la fábrica será 0.4% los puntos de rentabilidad.

En el proceso la cortadora es muy importante ya que afecta a 8 máquinas más por ser un proceso en línea, por lo tanto el factor será de 8.0.

Finalmente la clave de equipo, correspondiente a la cortadora será de:

$$(8 \times 0.4 \times 8) = 25.6$$

Ejemplo de una tarjeta de Clave de Equipo:

CLAVE DE EQUIPO					
Porcentaje de Capacidad		Porcentaje de Rentabilidad		Factor de Proceso	
Porcentaje de Capacidad	Puntos	Porcentaje de Pesos de Utilidad por Fábrica	Puntos	Otras Máquinas Afectadas	Puntos
				Más de 10	Cantidad Máxima de 100
100	10	10	10	10	10
90	9	9	9	9	9
80	8	8	8	8	8
70	7	7	7	7	7
60	6	6	6	6	6
50	5	5	5	5	5
40	4	4	4	4	4
30	3	3	3	3	3
20	2	2	2	2	2
10	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
Puntos de Factor de Capacidad		Puntos de Factor de Rentabilidad		Puntos de Factor de Proceso	
				Clave de Equipo	

Factor de Trabajo

Además de clasificar el equipo, es indispensable determinar la importancia de los trabajos particulares de mantenimiento.

A fin de programar, antes que todo, los trabajos apropiados, es esencial fijar el Factor de Trabajo.

La comprensión y preparación del Factor de Trabajo, para las tareas típicas de mantenimiento, será de suma utilidad para el Jefe de Mantenimiento en la fijación de categorías simplificadas.

La clasificación del Factor de Trabajo, comprende una apreciación de:

Factor
de
Trabajo

Costo de Mantenimiento Diferido
Costo de la Producción Pérdida
Costo de Calidad
Costo de Mano de Obra Excesiva
Clasificación de Seguridad

1) Costo de Mantenimiento Diferido

Este factor nos indica hasta cuanto ascenderá el costo creciente de mantenimiento diferido, en que se espera gastar si no se ejecuta completamente la reparación de cierto equipo.

El mencionado costo aumentado abarcará el pago de mano de obra directa, material, así como los servicios contratados que son casi una certidumbre comparados con la mano de obra directa que se emplearía y el costo de material que se puede calcular y que corresponde a la situación que se trate.

En ocasiones cuando no haya otra alternativa, que la de parar la máquina para dar el mantenimiento, los costos de producción que se pierdan por el tiempo tomado en la reparación, habrá que ser incluido en el costo de mantenimiento diferido.

2) Costo de la Producción Perdida

Quando la producción se ve perjudicada por no terminarse lo más rápido el trabajo de mantenimiento, el costo por hora de operación deberá tomarse en cuenta al evaluar la importancia del trabajo también este costo deberá calcularse aproximadamente en proporción con el daño probable.

Por ejemplo, si una máquina es suspendida por un paro repentido, se tomará en cuenta para el cálculo de gastos, el costo probable de paro se tomará en cuenta solamente el exceso de costo que podría evitarse con una pronta reparación.

3) Costo de Calidad

Este factor podría ser tomado en cuenta a la par con el costo de producción ya que si ambos se ven involucrados, al evaluar el daño a los productos conviene considerar el daño probable con base en el costo de reposición menos el valor salvado. Este factor evalúa únicamente el costo de tiempo continuo de paro, no el daño que pueda sobrevenir por la interrupción.

4) Costo del Exceso de Mano de Obra (o Mano de Obra Ociosa)

En el caso en que una máquina se encuentre averiada y aún se siga trabajando con el gasto de mano de obra. O en otro de los casos en que no se pueda operar, puede provocar que sus operadores permanezcan ociosos, lo anterior deberá estimarse para apreciar el trabajo de mantenimiento. Este factor indicará a cuanto ascenderá la cifra aproximada que cubra el salario de los operadores, así como su importancia durante la reparación, costo que habrá que cargarse a la cuenta de costo de mano de obra por mantenimiento.

5) Clasificación de Seguridad

Dentro de este punto debemos considerar la seguridad de los individuos para evitar posibles riesgos a los trabajadores, ningún accidente humano se puede evaluar económicamente ya que es imposible evaluar la vida humana.

Por eso es tan importante la supervisión y la buena realización de los traba

jos de mantenimiento, con esto podemos tener una valoración lógica y sistemática del peligro para los diferentes casos que tengamos. El riesgo a la seguridad personal en relación a los trabajos de mantenimiento se evalúan considerando dos factores, estos son: la probabilidad de un accidente y la gravedad del daño.

La suma de la clasificación correspondiente a cada uno de estos cinco factores, da el Factor de Trabajo, que junto con la Clave de Equipo determina el ICGM.

Método Simplificado del ICGM

Para este método sólo se considera la importancia del Trabajo y del Equipo.

Clave de Trabajo

Todo el trabajo de mantenimiento, construcción y reparación hecha por el Departamento de Mantenimiento, es clasificado en 10 clases. El trabajo de más importancia se clasifica con el No. 10 y el de menor importancia con el No. 1 y son los siguientes:

- | | |
|---|--|
| 10) Emergencia por Mantenimiento Correctivo o por Condición Insegura. | Trabajos de mantenimiento en equipo fuera de servicio con falla imprevista causando pérdida de producción y/o de calidad en el producto. Trabajos para normalizar un equipo productivo dentro de su estandar de operación. Trabajo de seguridad donde condición insegura con peligro potencial de accidente o siniestro. |
| 9) Mantenimiento Preventivo Derivado | Trabajos de mantenimiento preventivo derivados de inspecciones y que tiendan a eliminar posibles fallas o correctivos inminentes de corto plazo. Trabajos en sistemas de alarmas automáticas. |

- 8) Servicio a Producción Trabajos no de mantenimiento, pero que son necesarios para cubrir un programa de producción. Adaptaciones de equipo para producir un determinado producto.
- 7) Mantenimiento Preventivo Trabajos de mantenimiento preventivo puro. Inspecciones o análisis de máquinas para detectar desviaciones al estándar de operación que pueda provocar un mantenimiento correctivo a largo plazo o producir mala calidad del producto. Trabajos de recuperación de partes de repuesto.
- 6) Mantenimiento Preventivo Trabajos de mantenimiento preventivo que son originados de una rutina de inspección o análisis de máquina, que para realizarse es necesario que el equipo pare pero no es crítico y puede programarse a mediano plazo.
- 5) Auto Mantenimiento Trabajos de mantenimiento en herramientas o equipos para mantenimiento.
- 4) Mejoras en Producción o Calidad Trabajos aprobados no de mantenimiento pero convenientes de realizarse debido a la mejora en producción o calidad que representa. Generalmente representa una inversión capitalizable.
- 3) Reducción de Costos Trabajos aprobados no de mantenimiento pero convenientes de realizarse debido a la reducción de costos de operación que se obtendrían. Generalmente representa una inversión capitalizable.

2) Mantenimiento y Servicios Auxiliares Trabajos de mantenimiento e instalaciones conectadas directamente con Producción. Trabajos de estética o mejoramiento.

1) Limpieza Todo trabajo relacionado con el aseo y limpieza de instalaciones cuando se relaciona con Producción, puede considerarse en otra clasificación.

Clave de Equipo

Cada máquina, edificio y pieza de equipo de servicio es colocado en una de las 10 categorías de clave de equipo. Importantes equipos llevan un valor de clave 10 y los menos importantes clave 1.

10) Servicios Equipo mayor de servicios que influyen en más de una línea de producción incluye tableros y líneas de distribución eléctricas. (Los servicios que afectan sólo una unidad de producción llevará la clave de esa unidad). Afecta total o parcial pero a gran escala.

9) Equipo Clave de Producción Equipo para el cual no se tiene repuesto incluye todos sus accesorios que están en las mismas condiciones, afecta producción total. Ejemplo. Compresor de nitrógeno, columna de destilación.

8) Equipo Múltiple de Producción Directa Equipo o unidades para las cuales se tiene disponible equipo de repuesto, incluyendo los auxiliares que estén en las mismas condiciones. Afecta producción parcial. Ejemplo.

- Caldera No. 1 (Cuando existen varias)
- 7) Sistema de Manejo Directo Esta categoría incluye todas las líneas necesarias de servicio a la producción, como tuberías, transportadores, montacargas. Afecta parcial de inmediato.
- 6) Equipo Móvil Auxiliar de la Producción Incluye todas las facilidades de servicio necesarias como montacargas, transportadores, etc., que estén indirectamente ligados a los procesos. Ejemplos: Elevador, grúa, malacates, etc. Afecta parcial o gradualmente con el tiempo. Puede cubrirse con exceso de mano de obra.
- 5) Equipo de Producción sin Repuesto Incluye todas las instalaciones necesarias de servicio, afecta calidad temporalmente. Ejemplo: Tanque de Combustible, Tanques de Almacenamiento.
- 4) Equipo de Producción con Repuesto Incluye todas las instalaciones necesarias de servicio, afecta calidad. Ejemplo: Compresores, Bombas ó Equipos Duplex.
- 3) Sub-Productos Incluye todas las instalaciones necesarias de servicio a otros equipos. Ejemplo: Soportes de Equipos o Tuberías, Bases, etc.
- 2) Edificios y Caminos Aquellos necesarios a la producción.

Ejemplo: Drenajes, Andenes, Almacenes, etc.

- 1) Edificios, Caminos y Oficinas Aquellos que no influyen directamente en la producción. Ejemplo: Servicios Sanitarios, Jardines, Calles, etc.

De acuerdo con el método simplificado del ICGM, en el cual éste se determina multiplicando la Clave de Trabajo por la Clave de Equipo. El trabajo más importante del ICGM lleva el Número 100, y el menos importante el número 1. La prioridad se asigna a los trabajos con base en el número ICGM más alto, sin embargo, habrá que tener un criterio para éste, porque por ejemplo un número ICGM muy alto puede justificar una autorización para trabajar tiempo extra.

II.7.- PREPARACION DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

En un proceso de fabricación o producción, hacer observaciones metódicas de un trabajo, es decir hacer un análisis profundo y su crítica permite obtener mejoramiento y a menudo ahorro de consideración.

Todo ello mediante.

- El mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- La adecuada racionalización y distribución de los puestos de trabajo.
- El adiestramiento de los operarios en los procesos lógicos y simplificados de trabajo.

El personal de mantenimiento dedicado a hacer preparaciones de trabajos, debe poder reconstruir mentalmente lo que tiene que ser una ejecución correcta del trabajo pedido, y no hacer un análisis detallado del proceso, pero también, debe poder estudiar en el piso las condiciones detalladas de la ejecución de un trabajo y descubrir los puntos claves y todas las dificultades que los ejecutantes puedan encontrar.

Efectuar una preparación ordenada de los trabajos, tiene como objetivos:

- 1) Reducir el tiempo improductivo de los equipos por causa del mantenimiento.
- 2) Reducir el tiempo de mano de obra directa por la realización de los trabajos.

Es bien conocido que con el método de "muestreo" o de "observaciones" instantáneas las operaciones improductivas en un trabajo de mantenimiento, representan por lo menos un 50% del resto de operaciones y que se desea reducir y eliminar del tiempo de inmovilización del equipo son:

- Tiempo de busca de herramienta.
- Tiempo de confección o adaptación de herramienta.
- Tiempo de desplazamiento a diferentes lugares como: almacenes, talleres, etc.

- Tiempo de espera por instrumentos para el mantenimiento.
 - Tiempo de espera por las refacciones o partes de repuesto.
 - Tiempo de espera por instrucciones.
- 3) Es necesario efectuar el trabajo en la calidad requerida, es decir, cada actividad o trabajo tiene sus requisitos de calidad y seguridad.
 - 4) Simplificar el trabajo, que consiste en: eliminar lo inútil y mejorar lo necesario.

Siempre es conveniente realizar una preparación del trabajo a no realizarla.

- 1) La supervisión de ejecución se amoldará y se volverá un tanto tolerante, cuando se tenga conocimiento para poder valorar el trabajo de las personas destinadas a hacer la preparación de los trabajos.
- 2) La urgencia de ciertos trabajos de mantenimiento, parece a simple vista prohibir la preparación del trabajo, pero al establecer un sistema como éste se reducirán las emergencias y con ello los problemas.
- 3) El mantenimiento se caracteriza por una gran cantidad de trabajos de corta duración, y éstos no son necesarios prepararlos, sino que su ejecución generalmente la realiza el personal del turno.

Es necesario definir el tiempo de duración límite para clasificar los trabajos en que no es necesario la preparación formal.

- 4) En general los trabajos de mantenimiento son poco repetitivos, siendo ésto para el preparador una dificultad, pero durante la práctica se ha estimado que de un 30% a un 40% de los trabajos, se repiten con cierta frecuencia, con ello se demuestra la justificación para destinar un grupo de personas a hacer preparaciones de trabajo.
- 5) La capacitación y perfeccionamiento del personal dedicado a preparar los trabajos, hace que el personal ejecutante lleva a cabo los trabajos con gusto, calidad y tiempo, además el personal preparador adquiere habilidad en equipos, actividades, etc.

Procedimiento para hacer una Preparación de un Trabajo

El buen mantenimiento mediante la asignación de labores correctas depende en gran parte de los datos que se poseen sobre los trabajos hechos anteriormente. La asignación de la labor en una forma clara y concreta contribuyen a evitar instrucciones contradictorias, el registro de cada tarea realizada es la base del control del mantenimiento, por consiguiente la regla fundamental es que no debe hacerse ningún trabajo de mantenimiento sin una orden escrita, salvo en los casos de súbita urgencia, la emisión de una orden de trabajo debe proceder a la asignación de cualquier labor a un operario. En caso de urgencia, pueden enviarse a operarios a realizar una tarea mediante una simple orden verbal, pero debe extenderse enseguida la orden correspondiente, avisando a las personas afectadas por la separación de los operarios de los trabajos que se están efectuando y por la detención de la rutina.

Las ordenes de trabajo pueden originarse:

- 1) Como una consecuencia de la rutina regular de inspección y de las necesidades de mantenimiento reveladas por la inspección.
- 2) En una petición del departamento de producción solicitando se realicen determinados trabajos de mantenimiento.
- 3) En las modificaciones decididas por la dirección o por los Departamentos de Producción o de Ingeniería.-

Para evitar choques, todos los trabajos debe decidirlos una misma persona con la debida autoridad que será el Jefe de Mantenimiento. La regla general es que las solicitudes de los departamentos deben despacharse por intermedio de ese punto central, Pueden hacerse excepciones cuando el operario de mantenimiento tenga una asignación permanente para cuidar un grupo de máquinas (y la solicitud sólo sea una regulación de poca importancia).

Modelo de una Orden de Trabajo

El modelo de la figura (II.7.1) representa un ejemplo de orden de trabajo común,

la orden se extiende por duplicado, el jefe del departamento que solicita se haga el trabajo, enviándose el original al jefe de mantenimiento y quedándose aquél con la copia, después de aprobada el original se convierte en una orden para ejecutar la labor, una vez que se ha terminado el trabajo, se envía la orden al departamento de costos. El tiempo y los materiales empleados pueden anotarse directamente en la orden.

Solicitud No. _____			
ORDEN DE TRABAJO A MANTENIMIENTO			
DEPARTAMENTO _____ SE SOLICITA LA EJECUCION DE LOS SIG. TRABAJOS:			
Descripción:	Para el Departamento de Mantenimiento		
	Fecha	Operario	Horas
Fecha _____	Firma _____	Depto. _____	

Fig. (II.7.1.) Orden de Trabajo de Mantenimiento

En la figura (II.7.2.) puede verse la ruta seguida por una orden de trabajo, tanto para labores importantes como de poca importancia o urgentes.

En la figura (II.7.3) representa un modelo diseñado para usarse cuando el trabajo exige a menudo varios operarios en la cuadrilla y es una combinación

de orden de trabajo y del tiempo empleado. El modelo también muestra unos puntos que se sugieren deben comprobarse antes de extender la orden:

- 1) Se dispone de la maquinaria necesaria y pueden utilizarla sin riesgo los operarios de mantenimiento.
- 2) Se dispone en el almacén del material necesario.
- 3) Qué herramientas deben emplearse.
- 4) Hay que entregar dibujos con la orden de trabajo.
- 5) Existe alguna dificultad para terminar el trabajo.

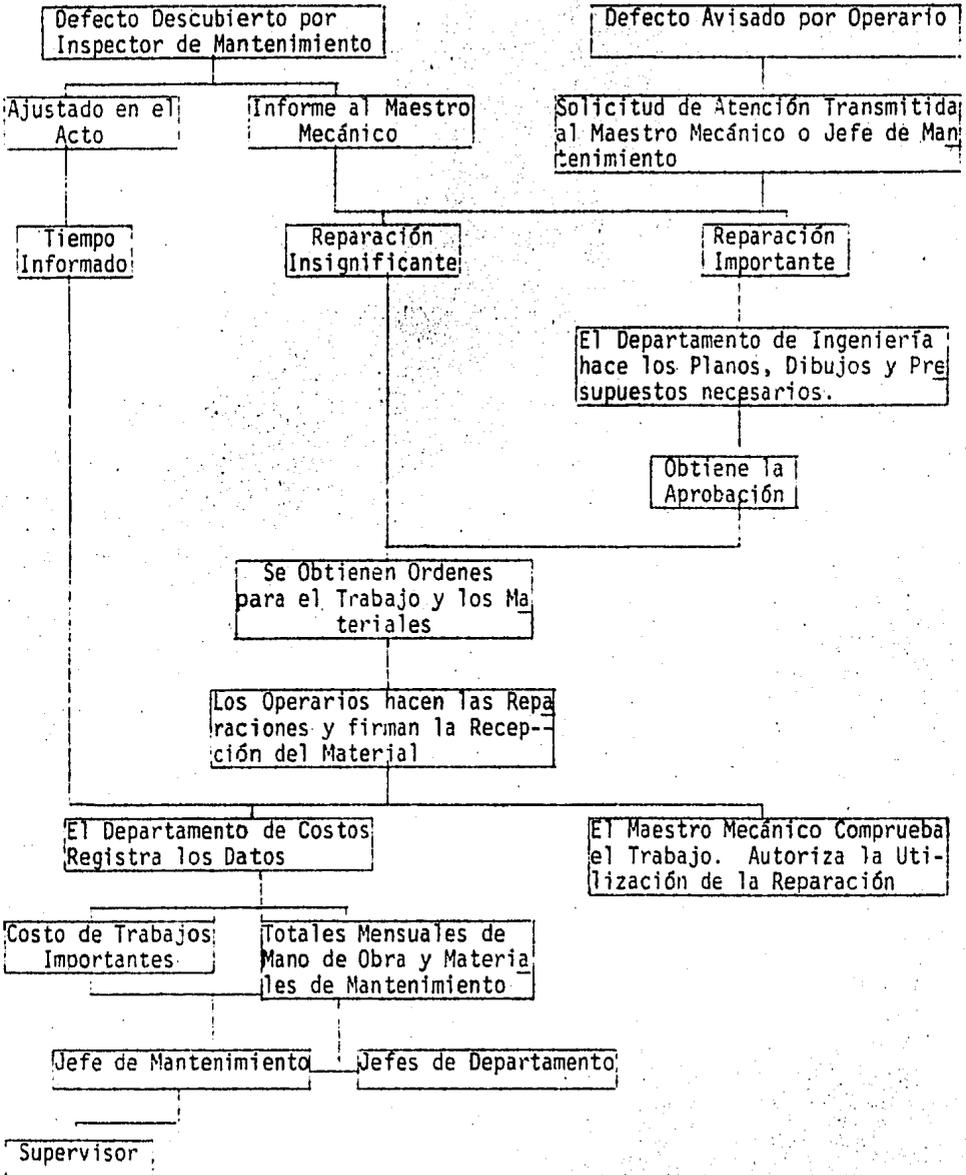
El espacio reservado en la figura (II.7.3) ha demostrado ser bastante amplio para todos los trabajos regulares. Obsérvese que la designación de la maquinaria y la indicación de su situación evita la necesidad de más explicaciones con la orden sobre donde debe realizarse el trabajo. Las solicitudes del material se hacen para emparejarlos con la orden de trabajo, se une a esta y hacen necesarias otras explicaciones. Los materiales en existencia regular en almacén deben designarse por medio de una clave para facilitar su identificación y su entrega en el almacén.

Solicitud de Materiales

Para retirar materiales del almacén, debe extenderse siempre una solicitud apropiada. En la mayoría de los casos es posible fijar por adelantado los materiales que se necesitan para un trabajo determinado, pero hay que tener en cuenta que la necesidad de otros materiales sólo se revelará después de desmontar la máquina que haya que reparar. Las solicitudes deben de tener espacios para anotar el número de cuenta y de la máquina a la que haya que cargar el material. Por lo general bastan dos copias, entregándose el original al operario con la orden de trabajo y reteniéndose la copia para uso de la oficina. La autoridad para extender solicitudes de materiales para reparaciones, recaerá por lo general, en el maestro mecánico o jefe de mantenimiento. En los trabajos importantes de modificaciones e instalaciones, el jefe de mante

nimiento autorizará la preparación de una nota de materiales que servirá para hacer la solicitud. Cuando los materiales pesados se entregan directamente a los que han de utilizarlos, sin pasar materialmente por el almacén, hay que registrar, sin embargo, su llegada y su empleo. A menudo bastará una solicitud sencilla que indique el proveedor, el número de la factura de éste y el valor; este paso asegura la corrección de los asientos en los registros de costos de mantenimiento y de los almacenes. La figura (II.7.2) indica gráficamente el procedimiento representativo.

Fig. (II.7.2.) Ruta de una Orden de Mantenimiento



Cuenta No.	Máquina No.	Situación	Orden de Trabajo	V.B. al Informe	Extendido Disponible	Trabajo No.					
DESCRIPCION DEL TRABAJO		Oficial	Hrs. Calculadas		Pedido por						
		Ayudantes	Hrs. Efectivas		Terminado						
		No. de Reloj	Mañana		Tarde		Horas Extraordinarias		Horas		Tarifa
Inicio	Acabado		Inicio	Acabado	Inicio	Acabado	Ordinarias	Extraordinarias			
Solicitud Mats. No.											
Herramientas											
Dibujo No.											
Autorizado por:											
Tiempo Informado por		Trabajo Comp. Incomp.									

Fig. (II.7.3) Orden de Trabajo y Cronometraje de Tiempo Combinado

III.- ASPECTO TECNICO

III.1.- FACTORES ECONOMICOS: RENTABILIDAD, EFECTO ECONOMICO, EFICIENCIA, LONGEVIDAD Y DEPRECIACION

III.2.- CONTROL Y COSTOS DEL MANTENIMIENTO

III.3.- INDICES DE CONTROL

III.4.- PROGRAMACION DE LOS GASTOS DEL MANTENIMIENTO

III.5.- PRESUPUESTOS DEL MANTENIMIENTO

III.1.- FACTORES ECONOMICOS: RENTABILIDAD, EFECTO ECONOMICO, EFICIENCIA, LONGEVIDAD Y DEPRECIACION.

Los factores económicos deben desempeñar un papel primordial en todas las actividades industriales, en base al logro del objetivo fundamental: Aumento del efecto económico del equipo.

Determinando el efecto económico por la magnitud de la eficiencia de la máquina o equipo y por la suma de los gastos de explotación en todo el período de trabajo de la misma.

El diseño y la explotación económicamente orientada, debe tomar en cuenta, todo el complejo de factores, que determinan el rendimiento económico haciendo incidir correctamente la significación relativa de estos factores.

Rentabilidad de la Máquina o Equipo

La rentabilidad q de la máquina se determina por la relación entre la eficiencia E_f de la máquina (rendimiento) en un determinado período de tiempo expresado en pesos y la suma de los gastos G en la explotación durante el mismo período.

$$q = \frac{E_f}{G}$$

Se entiende por eficiencia, el costo de la producción que elabora una máquina (el costo de los productos terminados, de los productos semiacabados, de las operaciones intermedias, del trabajo útil de la máquina).

La suma de los gastos, en el caso general, consta del costo de la amortización de la máquina, AM ; de la energía consumida, E_c ; de los materiales consumidos, Mc ; de la mano de obra, Mo ; del mantenimiento, Man ; de los gastos de accesorios, Gac ; de la reparación, Rep ; del aumento de amortización de toda la fábrica, Af ; en síntesis:

$$G = Am + Ec + Mc + Mo + Gac + Rep + Af + Man \quad [1]$$

La magnitud q debe ser mayor que la unidad, de lo contrario la máquina trabaja con pérdidas y no tiene sentido su existencia.

Efecto Económico

El efecto económico anual Q del trabajo de la máquina (renta anual) es igual a la diferencia de la eficiencia y de la suma de los gastos anuales:

$$Q = E_f - G = E_f \left(1 - \frac{G}{E_f}\right) = E_f \left(1 - \frac{1}{q}\right) \quad [2]$$

Donde q es la rentabilidad.

El efecto económico sumario ΣQ en todo el período de servicio de la máquina (renta general) es igual a la diferencia de la eficiencia sumaria de la máquina ΣE_f y de la magnitud total de los gastos ΣG durante el período de servicio:

$$\Sigma Q = \Sigma E_f - \Sigma G$$

o bien:

$$\Sigma Q = \Sigma E_f - (\Sigma Am + \Sigma Ec + \Sigma Mc + \Sigma Mo + \Sigma Man + \Sigma Gac + \Sigma Rep + \Sigma Af) \quad [3]$$

La magnitud ΣQ depende de la duración de explotación.

Sea H el plazo de funcionamiento de la máquina, es decir, la duración total en años de servicio de la máquina, h duración de funcionamiento real de la máquina en años, en todo el período de su servicio. Suponiendo que la máquina trabaja hasta el agotamiento total del recurso físico, es evidente que h representa la longevidad de la máquina, ésto es, el tiempo total posible de su funcionamiento sin fallas durante todo el período de su servicio.

$$Nut = \frac{h}{H} \quad [4]$$

Representa el coeficiente de utilización de la máquina, que caracteriza la intensidad de su funcionamiento y aprovechamiento durante el servicio.

Algunos componentes de la ecuación [3] ($\Sigma \text{Rep}, \Sigma A_f$) son proporcionados al plazo de funcionamiento de la máquina, es decir: $\Sigma \text{Rep} = H \text{Rep}; \Sigma A_f = H A_f$; otros $\Sigma E_f, \Sigma E_c, \Sigma M_o, \Sigma M_a_n, \Sigma M_c, \Sigma G_a_c$, son proporcionales a la duración del trabajo efectivo de la máquina (es decir, con la suposición hecha, a la longevidad de la máquina) y correspondientemente iguales a:

$$\Sigma E_f = h E_f ; \Sigma E_c = h E_c$$

El costo de la amortización de la máquina, en todo el período de servicio, es igual al costo de la máquina:

$$\Sigma A_m = C \text{ ————— } [5]$$

Sustituyendo en la ecuación [3] los valores de los componentes tendremos que:

$$\Sigma Q = h E_f - [C + h (E_c + M_c + M_o + M_a_n + G_a_c) + H (\text{Rep} + A_f)]$$

Designemos los gastos proporcionales a la longevidad de la máquina h , por G' y los gastos proporcionales al plazo de funcionamiento H , por G'' , entonces:

$$\Sigma Q = h E_f - (C + h G' + H G'') = h E_f - [C + h (G' + \frac{H}{h} G'')]]$$

ya que de acuerdo con la ecuación [4] $\frac{H}{h} = \frac{1}{\text{Nut}}$, entonces:

$$\Sigma Q = h (E_f - G' - \frac{G''}{\text{Nut}}) - C \text{ ————— } [6]$$

El efecto económico sumario en función del plazo de funcionamiento H es igual a:

$$\Sigma Q = H [\text{Nut} (E_f - G') - G''] - C \text{ ————— } [7]$$

El plazo de cubrimiento de los gastos de la máquina H_{cu} se determina como el plazo de servicio, para el cual el efecto económico sumario es igual al costo de la máquina ($\approx Q = C$). Sustituyendo la expresión en la ecuación [7], tendremos:

$$H_{cu} = \frac{2 \cdot C}{Nut (E_f - G') - G''} \quad [8]$$

Al determinar el plazo de cubrimiento de los gastos se pueden menospreciar los gastos en reparaciones.

Coefficiente de los Gastos de Explotación

Se define como coeficiente de los gastos de explotación a la relación de la suma de los gastos en todo el período de servicio de la máquina a su costo.

$$K = \frac{\approx G}{C} = \frac{C + h (G' + G'' / Nut)}{C} = 1 + (G' + \frac{G''}{Nut}) \quad [9]$$

La ecuación [6] puede representarse en la forma siguiente:

$$\approx Q = h E_f - K C \quad [10]$$

La relación, en por ciento, entre el costo de la máquina y el costo de todos los gastos es igual al recíproco del coeficiente de los gastos de explotación:

$$c = \frac{C}{\approx G} = \frac{1}{K} \cdot 100 \% \quad [11]$$

El coeficiente K , como regla, es considerablemente mayor de la unidad y puede alcanzar las magnitudes $10 + 100$.

Como se observa en la expresión [9] el coeficiente de los gastos explotación

sube a medida que aumenta la longevidad h , correspondientemente baja la parte del costo de la máquina en la suma general de los gastos.

Influencia de los Factores de Explotación en el Efecto Económico. Por la ecuación [6] se ve que el efecto económico sumario es decir, la renta total en el curso de trabajo de la máquina es proporcional a la longevidad h de la máquina, éste es tanto mayor cuanto mayor es la eficiencia anual de la máquina E_f y cuanto menor es el costo de la máquina C y los gastos G' y G'' .

Eficiencia

La eficiencia se expresa por el costo de la producción o por el trabajo útil que cumple una máquina en la unidad de tiempo. La magnitud de la eficiencia dependen de la productividad de la máquina, es decir, el número de operaciones (o unidades de trabajo) que produce ella en la unidad de tiempo y del precio de las operaciones (de las unidades de trabajo). El aumento de la eficiencia es un problema complejo, cuya solución depende en mucho de la explotación correcta. La productividad de las máquinas para elaborar se aumenta con la intensificación de las operaciones tecnológicas, aplicando aditamentos y equipo especial.

Los procedimientos para aumentar la productividad de las máquinas son:

- Aumento del número de operaciones realizadas simultáneamente sobre la pieza.
- Aumento del número de piezas que se elaboran a un mismo tiempo.
- Automatización del proceso tecnológico.

Rendimiento Operativo de la Máquina

El rendimiento Rop de una máquina es el cociente entre las horas de funciona-

miento H_f (según el programa de producción) y las horas de funcionamiento más las horas de detención por defectos propios H_{dp} de la máquina.

$$Rop = \frac{H_f}{H_f + H_{dp}}$$

Entendiéndose por horas de detención por defectos propios de la máquina a detenciones imputables al estado y la atención de la misma, por lo tanto, son las correspondientes a las horas de reparación que se superpusieron con las horas de producción programada.

Criterios de Reemplazo, Reparación Mayor, Reconstrucción, Modernización

El Lucro cesante L_c es la diferencia entre ganancia anual G_a de la máquina en uso funcionando en condiciones óptimas y la misma afectada por el rendimiento operativo Rop .

$$L_c = G_a - Rop = G_a \left(1 - \frac{H_f}{H_f + H_{dp}} \right)$$

Cuando el Lucro cesante L_c debido a las horas de detención por defectos proprios de la máquina H_{dp} más el costo anual de las reparaciones C_{ra} es igual o mayor que el costo de reposición, reparación, reconstrucción, moderniza- ción, etc.; A_n será:

$$L_c + C_{ra} \geq A_n (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5)$$

Donde:

- A_1 = Costo de Reposición Anual de la Máquina Nueva.
- A_2 = Costo de Reposición Neto Anual de la Máquina Moderna.
- A_3 = Costo de Reparación Mayor.

A_4 = Costo de Modernización.

A_5 = Costo de Reconstrucción.

Divididos por el periodo de amortización contable.

Será necesario adoptar alguna de las siguientes medidas según circunstancias:

1.- Reemplazar la máquina o equipo en uso por otra nueva cuando:

$$A_n = A_1$$

2.- Reemplazar la máquina o equipo en uso por otro más moderno, cuando:

$$A_n = A_2$$

3.- Efectuar reparación mayor cuando:

$$A_n = A_3$$

4.- Modernización, cuando:

$$A_n = A_4$$

5.- Reconstruir, cuando:

$$A_n = A_5$$

Puede convenir reemplazar cuando:

$$A_5 \text{ o } A_3 > A_1 \quad \text{y} \quad A_5 \text{ o } A_3 > A_2$$

Puede convenir efectuar reparaciones mayores, cuando:

$$A_3 < A_1, \quad A_3 \ll A_2, \quad A_3 \ll A_4, \quad A_3 \ll A_5$$

Puede convenir modernizar, cuando:

$$A_4 \geq A_3 \text{ o } A_5 \quad \text{y} \quad A_4 < A_1 ; \quad A_4 \ll A_2$$

Puede convenir reconstruir, cuando:

$$A_5 \ll A_1 , \quad A_5 \ll A_2$$

Longevidad

La longevidad de una máquina, lo mismo que la eficiencia depende mucho de las condiciones y del nivel técnico de la explotación. El cuidado minucioso de la máquina, el manejo calificado, la profiláctica a su debido tiempo y la prevensión de sobrecargas puede aumentar la longevidad de la máquina. No obstante lo que decide la longevidad es la construcción correcta de la máquina. Como regla general, el efecto económico depende en mayor grado de la magnitud de la eficiencia y longevidad de la máquina. Estos factores deben de estar en el centro de atención, cuando se diseñan las máquinas. Tanto gran significación tiene la fiabilidad que determina con la longevidad el volúmen y el costo de las reparaciones que se realizan durante el curso de servicio de la máquina.

En la práctica los gastos en la reparación, puede alcanzar una magnitud muy grande, sobrepasando en algunos casos varias veces el costo de las máquinas. A veces, los gastos en la reparación absorben una gran parte de los beneficios producidos por la máquina, lo que hace no rentable la explotación de la misma.

Influencia de la Longevidad en el Volúmen de la Producción

Examinando el problema sobre la magnitud de la producción que da un grupo de máquinas que se encuentran en explotación a un mismo tiempo.

El volumen sumario de producción que da una máquina en todo el período de su servicio H , en expresión monetaria es igual al producto de la eficiencia anual E_f por la duración efectiva de su trabajo.

$$\Sigma S = E_f H \text{ Nut}$$

En la suposición de que la máquina trabaja el recurso total de longevidad ($H \text{ Nut} = h$):

$$\Sigma S = E_f h \text{ -----} [12]$$

El volumen anual de producción del grupo de máquinas que actúan, es igual al producto de su eficiencia anual de cada máquina por el coeficiente de utilización Nut y el número N de máquinas que se encuentran a un mismo tiempo en funcionamiento.

$$\Sigma \text{Saño} = E_f \text{ Nut } N \text{ -----} [13]$$

El número de máquinas que actúan en cada intervalo dado de tiempo, es igual al producto del número n de producción anual de máquinas por el plazo H de servicio de las mismas.

$$N = n H$$

Sustituyendo esta expresión en la fórmula [12] tendremos que:

$$\Sigma \text{Saño} = E_f n H \text{ Nut} = E_f n h \text{ -----} [14]$$

Por consiguiente, tanto el número sumario de producción dada por la máquina durante el plazo de su servicio la ecuación [12], como el volumen anual de producción del grupo de máquinas que trabaja a un mismo tiempo (ecuación [14]) son proporcionales al producto de la eficiencia anual por la longevidad de la misma.

El aumento de la longevidad, por ejemplo, dos veces, condiciona al aumento del

volúmen de producción anual en el doble. Al aumentar simultáneamente dos veces la eficiencia el volúmen de producción crece cuatro veces. Si el volúmen de producción anual está prefijado, el aumento de la longevidad y eficiencia permite reducir proporcionalmente el producto nh de la producción anual de las máquinas, con ventaja esencial en el costo sumario de la producción y de la mano de obra, con un aumento general del efecto económico.

Criterios de Longevidad

La longevidad de la máquina es el tiempo total que ésta puede funcionar a un régimen nominal en condiciones de explotación normal sin reducción esencial de los parámetros fundamentales previstos, teniendo en cuenta todas las reparaciones siendo su costo sumario económicamente admisible.

A veces se emplea el concepto de recurso de longevidad, es decir, el tiempo de trabajo de la máquina en horas hasta la primera reparación general.

La longevidad efectiva puede desviarse considerablemente de la nominal según sean las condiciones de trabajo, ésta disminuye al sobrecargar sistemáticamente la máquina, al trabajar en regímenes de velocidad elevada, al elevar los esfuerzos de trabajo, en condiciones climatológicas desfavorables, en condiciones aliviadas de trabajo la longevidad de la máquina aumenta.

La influencia que ejercen las condiciones de trabajo en la longevidad puede tenerse en cuenta introduciendo el coeficiente de régimen N_{reg} .

La longevidad real, es:

$$h' = \frac{h_{nom}}{N_{reg}}$$

donde h_{nom} es la longevidad nominal (teórica).

La magnitud del coeficiente de régimen puede determinarse de manera cierta sobre

la base del estudio diferenciado de las condiciones y de los regímenes de explotación y de su influencia en la longevidad, lo que comprende un problema de teoría estadística de la durabilidad. Al faltar datos más precisos, puede tomarse como la aproximación más burda.

Para las condiciones medias de explotación:	N reg = 1
para las pesadas :	N reg = 1.2 - 1.5
para las ligeras :	N reg = 0.7 - 0.8

Plazo de Funcionamiento

El plazo de funcionamiento o duración de servicio de una máquina es la duración total de su permanencia en explotación hasta agotar por completo el recurso de longevidad.

Para las máquinas de acción aperiódica el plazo de funcionamiento se determina como el cociente de la división de su longevidad h , expresada por el número de operaciones (de unidades de trabajo), entre el número medio de éstas por año.

Por ejemplo, el plazo de funcionamiento de un automóvil, calculado para un recorrido sumario de L Km. es:

$$H = \frac{L}{N \text{ reg } 1} \text{ [años]}$$

donde N_{reg} es el coeficiente de régimen, 1 es el kilometraje medio que recorrió el automóvil al año.

Para las máquinas, cuya longevidad se calcula en unidades de tiempo, el plazo de funcionamiento es igual al cociente de la división de la longevidad h por el coeficiente de utilización N_{ut} que caracteriza el grado medio utilización efectiva durante el período de funcionamiento de la máquina.

Teniendo en cuenta el coeficiente de régimen:

$$H = \frac{h}{N_{\text{reg}} N_{\text{ut}}}$$

Resumiendo todo lo anterior, podemos decir que el aumento de la eficiencia y de la longevidad de las máquinas es el procedimiento más efectivo y ventajoso para aumentar el volumen de producción industrial y elevar su efecto económico.

El aumento de la longevidad permite reducir proporcionalmente la producción anual de máquinas sin bajar el volumen de producción industrial, disminuyendo el costo total de la fabricación de las máquinas, reduciendo los gastos de explotación y elevando el efecto económico sumario.

Es justa también la deducción inversa: el aumento de la longevidad de las máquinas con el mismo volumen de producción de máquinas, las mismas capacidades y gastos de producción en la fabricación de las mismas, permite aumentar proporcionalmente el pertrechamiento de la economía nacional con máquinas y elevar el volumen de producción industrial.

Es evidente que el aumento de la longevidad, como procedimiento para aumentar los efectivos de la zona de máquinas, elevar el volumen de producción y la saturación energética de la economía nacional es incomparablemente más ventajoso que el simple aumento de la producción de máquinas sin ir acompañado del aumento de su longevidad.

El aumento de la producción de máquinas se consigue introduciendo nuevas empresas, ampliando las áreas y la maquinaria de las empresas existentes o (el procedimiento más racional en el sentido económico), aumentando el volumen de producción de la maquinaria disponible por medio de la intensificación del proceso de producción. En los casos 1o. y 2o. suben los gastos en la fabricación de las máquinas. En todos los casos crecen los gastos de explotación en virtud del aumento del número de máquinas que funcionan.

El aumento de la eficiencia y la longevidad de las máquinas, como regla, va

acompañado sólo de un aumento relativamente pequeño del precio de las máquinas y al mismo tiempo, reduce los gastos de explotación. El resultado final es el mismo: aumento del número efectivo de la zona de máquinas actuantes y aumento del volumen de producción industrial, pero con gastos menores y con un crecimiento considerable general del efecto económico. La política razonable de la construcción de máquinas consiste en combinar el aumento de la producción numérica con la elevación de la eficiencia y longevidad de las máquinas, y en los casos necesarios, moderar la producción numérica, dando preferencia al procedimiento más ventajoso de aumentar la eficiencia y la longevidad de las máquinas.

Depreciación de la Maquinaria

La depreciación expresa la transferencia del valor gastado o consumido de la fábrica y las instalaciones al producto manufacturado. Así, se convierte en un elemento del costo de producción, que subirá o bajará por tanto, según la calidad del trabajo de mantenimiento realizado.

El jefe de Mantenimiento debe estar familiarizado con el factor de la depreciación, porque reúne y registra los datos sobre ampliaciones, reparaciones y sustituciones de equipo y maquinaria y esta información la utiliza el Departamento de Contabilidad para hacer sus asientos. Además de todo esto, a menudo tiene que valuar maquinaria y determinar su probable duración.

La siguiente tabla nos muestra una clasificación de las causas de la depreciación:

A) Causas Tangibles

I.- Materiales

- 1.- Desgastes y Roturas a causa de su funcionamiento
 - a) Normas de Conservación
- 2.- Decrepitud
 - a) Acción del Tiempo y de los Elementos

II.- Funcionales

- 1.- Inadecuada o Sobrepasada por la Producción
- 2.- Obsoleta o Anticuada

III.- Contingenciales

1.- Accidentales

- a) Por Negligencia
- b) Por los Elementos
- c) Por Defectos Estructurales

Fuego
Rayo
Viento
Agua
Temperatura

2.- Inconvenientes Naturales

- a) Putrefacción por Parásitos
- b) Putrefacción por Corrosión por el Agua
- c) Atascamiento en las Tuberías de Agua
- d) Por Electrólisis
- e) Por Cristalización

Por Minerales
Por Vegetales
Por Animales

3.- Disminución del Suministro

- a) Del Gas Natural
- b) De Agua

B) Causas Intangibles; Derechos

- 1.- De Plazo Limitado
- 2.- Abandonados

Factores que Contrarrestan la Depreciación:

Existen ciertos factores que tienden a disminuir o contrarrestar la depreciación y hay que tener en cuenta al determinar la vida probable de los bienes de la compañía. Estos Factores son:

- 1.- Cuidado prodigado a la fábrica y a la maquinaria por el personal.
- 2.- Las normas y la práctica seguidas en materia de mantenimiento.
- 3.- Los cambios, alteraciones y los perfeccionamientos encaminados a impedir la obsolescencia. La baja renovación del personal, en especial si se ayuda con un programa de instrucción y con la fijación de responsabilidades, prolonga la vida de equipo y maquinaria. Las inspecciones planeadas y el mantenimiento riguroso tiene un efecto análogo. Las mejoras continuas pueden impedir mucho la obsolescencia imprevista. De aquí que haya que dedicar mucha atención a estos factores al fijar, la duración probable y los tipos o porcentajes de depreciación.

Determinación del grado de Obsolescencia:

- 1.- Al evaluar la obsolescencia, se prescinde de todos los demás factores de la depreciación. El supuesto fundamental es la comparación entre la maquinaria antigua en perfecto estado de nueva y la maquinaria más moderna existente.
- 2.- Esta maquinaria está parcialmente obsoleta; significa que si se instalara en su lugar un nuevo tipo de maquinaria se obtendría cierta reducción anual en la suma algebraica de las cargas fijas y los gastos de explotación.
- 3.- Esas economías potenciales pueden resumirse o llevarse a la base de un valor actual. El cálculo del valor actual dependerá de dos factores: el tipo de interés o el rendimiento y el número de años. Puesto que la maquinaria recientemente instalada será asimismo sustituida por otra más

perfecta, no es bueno suponer que las economías se proseguirán a perpetuidad. El tiempo probable para la obsolescencia completa, oscilará por lo general, entre quince y treinta años.

- 4.- Utilizando el multiplicador (M) para el valor actual, los símbolos C y C' para los costos de construcción, efectivo para la maquinaria antigua, y estimado o calculado para el nuevo tipo; O y O' para los gastos de explotación o circulantes y los fijos estimados, de la siguiente fórmula para calcular la obsolescencia:

$$\% \text{ de Obsolescencia} = \frac{C - C' + M(O - O')}{C} \times 100$$

La porción $M(O - O')$ del numerador es por lo general un factor positivo en tanto que $C - C'$, suele ser, pero no lo es por necesidad un factor negativo. Si el total del numerador es negativo, no resultaría ningún ahorro del cambio, indicando la ausencia de obsolescencia. Si el total es igual o mayor que C, la maquinaria está completamente obsoleta; si es menor que C, la fórmula dará el porcentaje de obsolescencia.

Base para la Depreciación

La base de depreciación es el valor real, o sea, el inicial de la unidad en el activo con los ajustes o regulaciones a que se sujeta para admitir su disminución periódica y eventualmente su cancelación completa. Existen cuatro bases principales de depreciación que se aplican a los bienes o propiedades industriales, y son:

- 1.- El costo, bien el total o el ajustado o regulado por la adición del valor de reventa, menos los gastos de remoción.
- 2.- El costo más el mantenimiento (consignado o estimado) menos el valor neto de su recuperación.

- 3.- El costo de la sustitución o reproducción.
- 4.- El valor actual (determinado por lo general por medio de un avalúo).

En la figura III.1.1, se indica la deducción de la base de depreciación, pudiendo observarse los elementos del costo, la inversión bruta y la neta, y la parte del efectivo que ha de recuperarse con las ganancias por cargos de depreciación a ellas.

Inversión Catalogada	Precio de Compra o Precio de Construcción	Inversión Inicial Bruta	Necesidad Total en Efectivo	Valor en Reventa		Valor de la Recuperación Neta	
Inversión no Catalogada	Costo de Transporte			Costo de Desmontar	Inversión Neta		Valor Neto en Reventa
	Instalación Cimentación (Líneas eléctricas Tuberías)						Parte del Valor Efectivo que ha de ser Recuperado o Saldado a través de la Sustitución
Elementos Complementarios y Auxiliares (Motores, Ejes, etc.)				Cargado a Gasto Corriente	Inversión Neta		Parte del Valor Efectivo que ha de ser Recuperado o Saldado a través de la Sustitución
Costo de los Accesorios (Soporte, Herramientas, Plantillas, Dispositivos, etc.)							
Costo Incidentales (Tales como los Ensayos después de la Instalación, Adiestramiento Previos, etc.)							

Fig. III.1.1 Deducción de la Base de Depreciación.

Bases de Depreciación:

Base de costo total o ajustado.- Con arreglo a esta base los cálculos son sencillos, hay que estimar la duración útil, el valor de reventa y el costo de la remoción. En muchos casos en especial cuando se trata de maquinaria pesada, el valor de reventa es menor que los gastos de remoción, dando un valor neto de reven

ta negativo, ya que esta clase de maquinaria se quita a menudo por su pérdida de utilidad, su insuficiencia, etc., y no por el desgaste del uso. Así, las compañías insisten en que las economías o las ganancias obtenidas con una máquina tienen que devolver su costo inicial instalada varios años antes de que la depreciación acumulada para su retiro sea igual a dicho costo.

Base del Costo más el Mantenimiento.- Este método tiene mérito teórico de reconocer que los gastos en reparaciones importantes, necesarias a intervalos espaciados con el fin de conseguir la duración esperada, deben distribuirse uniformemente. Pero el método es inadecuado para los efectos fiscales y es casi imposible determinar con exactitud el costo de mantenimiento total durante la vida completa de la maquinaria y el valor final de recuperación o salvamento. Los cargos anuales obtenidos repartiendo un total dudoso sobre un período inseguro de vida no contribuyen a que se confíen en este método.

La práctica corriente es manipular por separado los cargos por mantenimiento, acumulándolos cuando se crea necesario. La separación del mantenimiento de la planta en partidas para cada unidad depreciable, permite obtener un cargo total por mantenimiento y depreciación que puede defenderse.

Base del Costo de la Sustitución o Reproducción.- El método de basar los cargos de depreciación en el costo estimado de la sustitución o reproducción de la unidad depreciable, más bien que en el costo real, tiene la ventaja de que se alcanza el fin real perseguido por la depreciación, que es proveer lo necesario para el reemplazo final de los bienes cuando se hayan desgastado, hechos obsoletos, o bien inútiles por cualquier otra causa.

Base del Valor Actual.- Esta base, llamada también base del valor justo del mercado, es necesario emplearla para los fines del impuesto sobre las rentas o ganancias en varios casos especiales, entre ellos algunos relacionados con los bienes industriales.

Método para Proporcionar la Depreciación

Se emplean numerosos métodos y sistemas para proporcionar la cantidad total que hay que depreciar entre los diferentes ejercicios contables de la vida calculada de los bienes. A continuación veremos algunos métodos que se emplean comúnmente:

- 1.- Anualidad
- 2.- Interés Compuesto
- 3.- Fondo de Amortización
- 4.- Saldo Reducido
- 5.- Suma de los Dígitos del Año
- 6.- Proporcional o de Línea Recta
- 7.- Producción o Servicios Prestados
- 8.- Hora - Máquina

A continuación veremos como se aplican estos métodos. Los tres primeros han tenido sólo aplicaciones limitadas en la fabricación.

- 1.- Método de la Anualidad.- Este método en la teoría de que para obtener el rendimiento, deben computarse los intereses sobre el capital invertido en el activo de fábrica, y que la consignación para la depreciación y sus intereses de cada año debe hacerse bajo la forma de cargos anuales iguales. Como este método sólo provee los intereses sobre el valor depreciado del activo, es evidente que el cargo por los intereses de cada año será menor que el del año anterior, en el importe de los mismos sobre la depreciación complementaria consignada en el año anterior.
La principal objeción que se hace de este método, aparte de la complejidad de los cálculos, es que el cargo por depreciación es mayor cada año y es máximo en el último año de la vida calculada de la unidad. Desde el punto de vista práctico, es un método que carga en el período inicial menos depreciación que hacia el final de la vida de los bienes no puede considerarse seguro. Por otra parte, además de ser muy complicado, el concepto fundamen

tal de introducir intereses en el costo es muy discutido. Puesto que los intereses intervienen también en los métodos 2 y 3, resumiremos aquí los argumentos contrarios al uso del interés en el cálculo del costo.

Si los intereses (rendimiento sobre el capital) han de ser un cargo contra el costo y se han de recuperar en el precio cargado, los beneficios resultantes deben desembolsarse en forma de dividendos, después de pagar los intereses sobre los préstamos tomados. Las cantidades recuperadas anualmente en concepto de depreciación deben utilizarse para mantener y restaurar el activo a su valor inicial como capital, o desembolsarse como una distribución de capital. Los fondos de depreciación pueden tenerse en reserva sobre los períodos intermedios, pero deberían entonces producir otros réditos igualmente disponibles para distribuirlos. Un cargo fijo por interés sobre la maquinaria no es una teoría práctica; los negocios quieren ganar lo más que sea posible, sin llegar a estimular la competencia por las ganancias excesivas. Cuando las actividades mercantiles son escasas, los intereses fijos en el costo son un obstáculo para competir. La introducción del interés en el costo complica la contabilidad, la hace menos clara y aumenta los gastos administrativos y de dirección.

2.- Método de Interés Compuesto.- El Manual del Contador, explica el método del interés compuesto y expone como sigue lo que lo diferencia del método de la anualidad y que consiste en el tratamiento del elemento hipotético del interés o los ingresos. En el método de la anualidad, los intereses calculados sobre el valor restante en los libros se incluyen cada año en el cargo por depreciación y se acreditan a los ingresos. En el método del interés compuesto, los intereses sobre el valor restante en los libros se acreditan efectivamente al importe bruto de la depreciación, o, para ser algo más precisos, los intereses calculados sobre los fondos liberados del activo que se depreciase, añaden cada ejercicio al plazo periódico que, incluyendo esos intereses, se acumulará hasta formar la cantidad total que hay que depreciar durante la vida del activo.

3.- Método del Fondo de Amortización.- Este método consiste en establecer un fondo de amortización acreditándolo con plazos de igual cantidad en períodos iguales a los que se abonan intereses a un tipo dado, con el fin de hacer que los plazos del fondo de amortización más los intereses sobre el mismo formen una suma igual a la inversión, menos un valor residual o de recuperación, si da lugar, al

expirar la vida útil de la unidad.

Este método se emplea a menudo como un artificio para asegurar el pago a su vencimiento de las obligaciones a largo plazo emitidas para hacer ampliaciones. La tendencia moderna es a emitir obligaciones seriadas con sus vencimientos divididos en porciones anuales. Este sistema permite utilizar directamente la parte de los rendimientos correspondientes a la depreciación para extinguir la deuda y elimina la necesidad de un fondo de amortización.

4.- Método del Saldo Reducido.- El método consiste en deducir al final de cada período un porcentaje del valor restante procedente del anterior, suficiente para reducir la unidad a su valor residual o de recuperación al final de su vida útil calculada.

Este método tiene una objeción. Debido a la aplicación de un porcentaje constante, pone el recargo más pesado en los primeros años o ejercicios de la vida de la unidad, y deja una cantidad casi despreciable a cargar en los últimos años. Con todo, este procedimiento es hasta cierto punto compensador por el hecho de que, en los últimos años, se cuenta con que los gastos de mantenimiento serán mucho mayores que en los primeros y, por consiguiente, el costo de la depreciación, más el mantenimiento, en los diferentes períodos será más parejo.

5.- Método de la Suma de los Dígitos del Año.- Este método como el del Saldo Reducido, permite cancelar la depreciación por cantidades reducidas. La cantidad cancelada cada año se obtiene multiplicando la depreciación total por una fracción cuyo numerador es el dígito de los que representa la vida del activo tomando en orden inverso, y cuyo denominador es la suma de los dígitos que representan los años de vida del activo.

Los dígitos que representan la vida de un activo son: 1, 2, 3, 4,10. Su suma es 55, que es el denominador de todas las fracciones. Los numeradores son 10, 9, 8, 7,1, respectivamente. La tabla siguiente muestra cómo se aplican en un caso en que la depreciación total fuera \$ 8,500.00:

Año	Fracción		Depreciación Total		Cargo Anual por Depreciación.
1	10 ÷ 55	X	\$ 8,500.00	=	\$ 1,545.45
2	9 ÷ 55	X	8,500.00	=	1,390.90
3	8 ÷ 55	X	8,500.00	=	1,236.36
4	7 ÷ 55	X	8,500.00	=	1,081.81
5	6 ÷ 55	X	8,500.00	=	927.27
6	5 ÷ 55	X	8,500.00	=	772.72
7	4 ÷ 55	X	8,500.00	=	618.18
8	3 ÷ 55	X	8,500.00	=	463.63
9	2 ÷ 55	X	8,500.00	=	309.09
10	1 ÷ 55	X	8,500.00	=	<u>154.54</u>
					\$ 8,500.00
					=====

6.- Método de Depreciación Proporcional o de Línea Recta.- Este método divide el valor neto depreciable en minuendos iguales para cada año o ejercicio de vida probable. Si se representa gráficamente los valores depreciados, la curva edad-valor resultante es una línea recta. Este método se recomienda por sí mismo a la mayoría de los contadores y ejecutivos por su extrema sencillez. Se le ataca por considerarlo inexacto y de poca confianza, pero la depreciación acumulada es sólo una estimación sujeta, aún después de la terminación más minuciosa, a numerosas circunstancias que no pueden tenerse en cuenta en el momento de hacer el cálculo de ella. Por lo tanto, es conveniente simplificar el método de cálculo lo más posible. Si durante la vida del activo que se deprecia, surgen hechos que obliguen a revisar la vida que originalmente se tomó como probable, será necesario ajustar el valor depreciado que se encuentre en los libros y el tipo de depreciación corriente a cargar el costo. Ese ajuste a la realidad lo facilita la sencillez del método proporcional o de línea recta.

7.- Método de la Producción o de los Servicios Prestados.- Este método trata de establecer una relación entre los costos y los resultados. El objetivo es

por lo general desarrollar cifras de costo que contengan únicamente la depreciación utilizada. Los costos así aliviados del elemento de la depreciación no ganada pueden estimular la aceptación de negocios marginales con el fin de mantener la actividad de la fábrica. Las bases principales de producción para el prorrateo, son:

- 1.- El número total de unidades de productos o de servicios
- 2.- El tiempo total de marcha
- 3.- El volúmen de ventas
- 4.- Los trabajos empezados

La primera de esas bases implica una estimación del número total de unidades de producto que hay que fabricar; lo que resulta a veces difícil, si no imposible. Por esta razón, es más sencilla la base del tiempo de marcha o de actividad que la de producción material. El volúmen de las ventas no es una base satisfactoria, ya que a menudo es más difícil aún calcularlo que el de la producción. La base de los trabajos empezados es útil cuando las unidades de producción son grandes, como edificios, barcos, locomotoras y partidas especiales de maquinaria o instalaciones que implican gastos considerables.

La base de los servicios prestados depende del cálculo o estimación de la vida total útil de la unidad.

8.- Método de la Hora-Máquina.- Este método dará en la mayoría de los casos resultados muy satisfactorios. Cuando se desea simplificarlo, pueden agruparse las máquinas en conjuntos o departamentos. En los casos en que la depreciación es directamente afectada por el uso a que se dedica la unidad, es a menudo conveniente o necesario calcular su depreciación basándose en la utilización de ella.

Un ejemplo es el caso de un horno de una fábrica de hierro maleable, incluida la chimenea, etc. Es casi obvio que ese horno durará mucho más si sólo se enciende un día sí y otro no, que si se utilizara a su plena capacidad con dos caldos diarios.

En ese caso, o en el de maquinaria u otra clase de activo que se estropean en

proporción a las horas que está efectivamente en uso, es a veces conveniente computar la depreciación tomando como base el número de horas que se utiliza. Esto se hace calculando el número probable de horas, períodos o ejercicios que la máquina o la unidad puede utilizarse antes de que quede fuera de uso por desgaste, teniendo en cuenta al hacer el cálculo diversos factores que afectan a la depreciación. Una vez que se haya determinado el número total de horas, períodos o ejercicios, se fija una cuota por cada unidad de ésta, que reduzca la máquina a su valor residual o de desecho al expirar ese número de horas de uso. Después, por cada hora que la máquina esté en uso durante un período o ejercicio, debe cargarse a los costos una cantidad que represente la cuota por hora-máquina y acreditarse al fondo de depreciación o de reserva.

Puesto que este método deprecia la propiedad en proporción a la intensidad con que se usa, es especialmente aplicable a las fábricas en las que su volumen anual de ventas es muy variable. Acumula reservas de depreciación principalmente en los períodos de mucha actividad, cuando los rendimientos son mayores y se puede soportar mejor el cargo por depreciación. Se observa que este método resulta, en efecto, en cargos por depreciación proporcionales a la producción.

Es propio y prudente utilizar un método de depreciación que aumenta las reservas para depreciación en las épocas de mayor actividad. Esas reservas permiten gastos extraordinarios en mantenimiento y hacer trabajos de renovación en las épocas de menos actividad y ayudan a estabilizar el personal.

Elección del Método Prorratio.- Desde el punto de vista de la explotación industrial, el método ideal para distribuir los cargos de depreciación sería el que aplicara a cada unidad de producción la proporción justa del total que le correspondiera. Además, la vida en servicio de una unidad de bienes materiales debe distribuirse uniformemente sobre su producción. Estos dos principios se aplican no sólo a la depreciación, sino también a los gastos en reparaciones, restauraciones, mantenimiento, etc., que la acompañan. Una vez establecido no es fácil cambiar un sistema de depreciación y por consiguiente, debe desarrollarse desde el punto de vista de largo plazo, teniendo en cuenta la duración del valor de la propiedad y las condiciones variables durante este plazo de vida.

III.2.- CONTROL Y COSTOS DEL MANTENIMIENTO

El control tiene como objetivo principal efectuar una medición de resultados actuales o pasados y compararlos con los esperados, ya sea total o parcialmente, con el fin de corregirlos, mejorarlos y elaborar nuevos planes.

Del mismo modo que cualquier otro tipo de actividad, el mantenimiento en la industria ha de poder medirse, tanto por lo que respecta a su efectividad como a su costo, a fin de que ante el análisis de estas mediciones se puedan tomar las medidas pertinentes para mejorar la efectividad y obtener el máximo provecho del costo considerado imprescindible.

La medición ha de expresarse en valores que no dependen de un criterio personal sino de una base científica, con la cual, además de controlar la actividad considerada, podrán hacerse comparaciones entre industrias de semejante especialidad cuando se examinen los propios procesos industriales o de carácter común a toda industria a efectos de valores económicos.

En toda medición hay cuatro aspectos fundamentales, que si se establecen con claro criterio selectivo proporcionarán una medición real y eficaz.

Estos cuatro aspectos son:

- 1.- Determinación concreta de lo que se quiere medir.
- 2.- Clara determinación de la base de comparación de la medición.
- 3.- Definición de la unidad que se empleará para efectuar la medición en comparación con la base a lo que se refiere el aspecto (2).
- 4.- Disposición de datos, equipos y métodos para poder hacer esta medición de comparación.

En la industria, estas unidades de medición incluyen los índices, porcentajes y escalas de comparación, pueden ser el resultado de cálculos previos o de experiencia sobre hechos reales y análisis estadísticos. La comparación puede hacerse individualmente o por gráficas.

Para determinar estas unidades de medición en el mantenimiento industrial es

necesario el conjunto de datos básicos que a continuación presentaremos, de los cuales unos se refieren a la propia actividad de mantenimiento (empleo de materiales y mano de obra) y otros al costo de esta actividad. Los datos que se relacionan no son exclusivos: cada industria deberá completarlos si lo consideran necesario, pero la recopilación, puede considerarse de modo general, suficientemente amplia para la medición de la cantidad, eficiencia y costo del mantenimiento.

Antes de entrar en la relación de datos básicos, se hará referencia a dos reportes que es aconsejable emplear para la recopilación del costo de mantenimiento, que viene representadas en las siguientes figuras (III.2.2 y III.2.3).

El reporte de Costos de Mantenimiento puede reducirse a un reporte de doble cara o combinarse con el reporte de inventario de los equipos.

Relación de los Datos Básicos:

- 1.- Número de obreros empleados en trabajos de mantenimiento no deben incluirse la supervisión ni los de almacén.
- 2.- Número total de obreros de la industria.
- 3.- Número total de horas-obrero del servicio de mantenimiento disponibles por semana, mes o año, no debe incluirse la supervisión ni los del almacén.
- 4.- Número total de horas-obrero productivas realmente trabajadas por semana, mes o año, o sea excluyendo paros por falta de materia prima, exceso de producción, averfas.
- 5.- Número de horas-obrero técnicamente asignadas a determinados trabajos de mantenimiento, en el caso de organización con medición de tiempo.
- 6.- Número total de horas-obrero semanales, mensuales o anuales del servicio de mantenimiento empleadas exclusivamente en trabajos preventivos.
- 7.- Número de horas-obrero realmente empleadas en determinados trabajos de mantenimiento, en el caso de organización con medición de tiempo.
- 8.- Número de horas-obrero semanales, mensuales o anuales del servicio de mantenimiento correspondientes a personal que trabaja a prima o incentivo.
- 9.- Número de horas-obrero semanales, mensuales o anuales empleadas en reparación de rotura.

- 10.- Número de horas-obrero de mantenimiento por día, semana, etc., realmente trabajadas.
- 11.- Número de horas-obrero diarias, semanales, etc., "de presencia" en el trabajo.
- 12.- Número de horas de trabajo de una máquina o instalación en una semana, mes o año.
- 13.- Número de horas por avería de una máquina o instalación por semana, mes o año.
- 14.- Número de reparación de rotura de un equipo o grupo de equipos en determinado período de tiempo (día, semana, mes, año o años).
- 15.- Número de reparaciones de rotura de un equipo o grupo de equipos durante el período en que se ha producido determinado número de piezas o artículos por dicho equipo o grupo de equipos.
- 16.- Número de roturas producidas por falta de mantenimiento de un equipo, en un día, semana, mes, año o años.
- 17.- Costo directo del mantenimiento o sea suma del valor de la mano de obra y materiales empleados en el mantenimiento en un trimestre, semestre o año.
- 18.- Costo directo y concreto de las reparaciones de rotura, incluyendo el valor de la mano de obra y materiales empleados por este concepto en un trimestre, semestre o año.
- 19.- Costo indirecto del mantenimiento, o sea: costo de la supervisión, de las personas empleadas en el almacén, de existencias en el almacén, de los talleres de mantenimiento, de la maquinaria de reserva para cubrir las pérdidas de producción por averías y su reparación y gastos generales, en un trimestre, semestre o año.
- 20.- Costo de mantenimiento, o sea: la suma de los costos (17) directo y (18) indirecto del mantenimiento antes indicados en el período de tiempo considerado.
- 21.- Costo del tiempo de paro por roturas, o sea: el valor de la producción pérdida de las horas-obrero que interrumpen su trabajo y del incremento de gastos generales.
- 22.- Pérdida por desperdicio debido a deficiente mantenimiento en un determinado período de tiempo.
- 23.- Porcentaje de producción aceptable de un total en que una parte ha sido desperdicio por deficiencia de mantenimiento.

- 24.- Costo total de la producción en una determinada unidad de tiempo.
- 25.- Valor total real de los edificios, maquinaria e instalación de la industria.
- 26.- Valor total "al día" y "como nuevos" o sea valor de sustitución, de los edificios, maquinaria e instalaciones de la industria.
- 27.- Cantidad de pedidos de mantenimiento completados en determinada unidad de tiempo.
- 28.- Cantidad de pedidos de mantenimiento con antigüedad superior a una semana.
- 29.- Cantidad total de pedidos de mantenimiento pendientes de realización.

III.3.- INDICES DE CONTROL

Dentro del mantenimiento son denominados como "Indices de Control" a los resultados que se obtienen al hacer las mediciones del desarrollo de un plan y al combinarlos entre sí para formar factores indicadores y que en base a ellos sea tomada la acción correctiva.

Con estos datos puede determinarse los "Indices de Control" más apropiados para las industrias de pequeño volumen pocos serán los datos necesarios, pero las industrias medianas y grandes no podrán prescindir de los datos reseñados y, aún, según sea el grado de organización técnica y de costos de que dispongan, deberán completar la información con la reseña de los siguientes conceptos:

A. Índice del Personal de Mantenimiento

$$Ae_n \% = \frac{(1) \text{ Número de obreros de mantenimiento } \times 100}{(2) \text{ Número total de obreros de la industria}}$$

A este índice nos hemos referido al tratar de la mano de obra en el mantenimiento.

B. Índice del Personal de Mantenimiento (otra variante)

$$Be_n \% = \frac{(3) \text{ Número total de horas-obrero de mantenimiento } \times 100}{(4) \text{ Número total de horas-obrero de producción}}$$

Estos dos índices son los que dan la más directa visión de la cantidad de mantenimiento que se realiza o que podría realizarse en la industria considerada. El índice B es el que liga el mantenimiento con la producción real.

C. Índice de la Eficiencia del Mantenimiento (debe ser lo más próximo a 100).

$$Ce_N \% = \frac{(12) \text{ Horas de trabajo de una máquina o inst. } \times 100}{(12) \text{ Idéntico } + (13) \text{ Horas de paro por avería}}$$

Pone en relieve los paros por defectuoso mantenimiento preventivo.

D. Índice de Periodicidad de Reparaciones

$$D_1 \text{ Expresado en unidades de tiempo entre dos reparaciones consecutivas} = \frac{1}{(14) \text{ Reparaciones de rotura por unidad de tiempo}}$$

$$D_2 \text{ Expresado en número de piezas o artículos producidos entre dos reparaciones consecutivas} = \frac{1}{(15) \text{ Reparaciones de rotura durante un determinado número de unidades fabricadas}}$$

E. Índice de Frecuencia de Roturas (debe ser lo más próximo a cero)

$$Ee_n \% = \frac{(16) \text{ Roturas producidas por falta de mantenimiento} \times 100}{(14) \text{ Total de reparaciones de rotura}}$$

F. Índice de la Extensión del Mantenimiento Preventivo (debe ser lo más próximo a 100)

$$Fe_n \% = \frac{(5) \text{ Horas-obrero en trabajos preventivos} \times 100}{(3) \text{ Horas-obrero del servicio de mantenimiento}}$$

Cuanto más se aproxima a 100 indica que es más completo el control de la reparación, es decir: que el mantenimiento se efectuará cuando nosotros lo determinemos y no cuando lo exija la máquina o instalación.

Este índice debe ir acompañado del índice de costo del mantenimiento preventivo para juzgar si interesa la inclusión de todos los equipos productivos en este tipo de mantenimiento programado.

G. Índice de la Eficiencia del Personal de Mantenimiento (debe ser lo más próximo a 100)

$$Ge_n \% = \frac{(6) \text{ Horas-obrero asignadas} \times 100}{(7) \text{ Horas-obrero realmente empleadas}}$$

H. Índice de Programación del Trabajo de Personal (debe ser lo más próximo a 100)

$$He_n \% = \frac{(8) \text{ Horas-obrero a prima o incentivo} \times 100}{(3) \text{ Horas-obrero de mantenimiento}}$$

La proximidad a 100 indicará que se dispone de completo control de trabajo del personal de mantenimiento.

I. Índice de Reparaciones de Roturas (debe tender a cero)

$$Ie_n \% = \frac{(9) \text{ Horas-obrero en reparaciones de rotura X 100}}{(3) \text{ Horas-obrero de mantenimiento}}$$

Este índice complementa al (F) en la extensión del Mantenimiento Preventivo.

J. Índice de Eficiencia del Servicio de Mantenimiento

$$Je_n \% = \frac{(27) \text{ Pedidos de mantenimiento completados por unidad de tiempo X 100}}{(29) \text{ Pedidos pendientes}}$$

K. Índice de la Capacidad de Servicio de Mantenimiento

$$Ke_n \% = \frac{(28) \text{ Pedidos de mantenimiento de antigüedad superior a una semana}}{(29) \text{ Pedidos pendientes}}$$

Estos dos pedidos miden los conceptos expresados y, por tanto, permiten corregir cualquier exceso de pedidos que redundaría en un mantenimiento excesivo y costoso.

L. Índice del Rendimiento del Personal de Mantenimiento (debe ser lo más próximo a 100)

$$Le_n \% = \frac{(10) \text{ Horas-obrero de actividad X 100}}{(11) \text{ Horas-obrero de presencia}}$$

M. Índice de Costo Horario de Mantenimiento

$$Me_n \text{ Pesos/Hora} = \frac{(20) \text{ Costo del mantenimiento}}{(3) \text{ Horas-obrero de mantenimiento}}$$

Dará promedios útiles para presupuestos de mantenimiento.

N. Índice del Porcentaje del Costo de Reparación de Rotura

$$Ne_n \% = \frac{(18) \text{ Costo de reparación de rotura X 100}}{(17) \text{ Costo directo del mantenimiento}}$$

Complementa a (F) e (I) para determinar si conviene ampliar el Mantenimiento Preventivo.

O. Índice del Costo de Reparación de Rotura

$$Oe_n \text{ Pesos/Rotura} = \frac{(18) \text{ Costo de reparación}}{(14) \text{ Número de roturas}}$$

P. Índice de Costo de Mantenimiento Referido a] de la Producción

$$Pe_n \% = \frac{(20) \text{ Costo de mantenimiento} + (21) \text{ Costo de paro} \times 100}{(24) \text{ Costo total producción}}$$

Q. Índice de Repercusión de Rotura en el Costo del Artículo (debe tender a cero)

$$Qe_n \% = \frac{(18) \text{ Costo roturas} + (21) \text{ Costo de paro}}{(24) \text{ Costo total producción}}$$

Indicará la repercusión que en el costo final representan las roturas debidas a un mantenimiento no planeado por lo tanto, determinará la aplicación del mantenimiento preventivo.

R. Índice de Desperdicio por Defecto de Mantenimiento

$$Re_n \% = \frac{(22) \text{ Pérdida por desperdicio} \times 100}{(24) \text{ Valor total de la producción}}$$

S. Índice de Mantenimiento Referido al Costo del Equipo

$$Se_n \% = \frac{(20) \text{ Costo del mantenimiento} \times 100}{(26) \text{ Valor "Al Día" y "Como Nuevo"}}$$

Este índice (una vez corregida la variación del costo de la mano de obra y materiales a través de los años) medirá, por comparación, el incremento de la eficiencia de mantenimiento preventivo. Por otra parte, dará idea de la necesidad de sustituir una instalación vieja cuyo mantenimiento resulta molesto.

Cuando las exigencias de mantenimiento precisan largos paros de maquinaria productiva, este tipo de índice será incompleto. En este caso, puede ser más conveniente emplear un índice que, además de costo de mantenimiento, en sí tenga en cuenta el costo de producción perdida y el del desperdicio producido, como se indicará en el ejemplo.

T. Índice de la Eficiencia Completa del Mantenimiento

Partimos del supuesto que el Jefe de Mantenimiento es responsable de los tres siguientes conceptos:

- (1) Costo de mano de obra y material de mantenimiento. Índice S.
- (2) El tiempo de producción perdido por motivos de mantenimiento. Índice C.
- (3) Desperdicio del proceso por motivos de mantenimiento. Índice R.

La fórmula que ligará estos tres conceptos es la siguiente:

$$Te_n \% = \frac{K}{S + C + R}$$

El coeficiente K se determina haciendo $T = 100$ para el año base y empleándolo para obtener los nuevos valores I en los años siguientes, con los correspondientes nuevos valores S, C y R en el denominador.

El índice T cumple en unir todas las influencias económicas que están bajo el control del jefe de Mantenimiento. Un incremento de este índice indica que se sigue una política económicamente acertada en el mantenimiento, una disminución señala lo contrario.

En esta fórmula se ha dado igual valor a los tres conceptos, pero si consideramos que por razones del beneficio o de gastos generales no debe existir esta igualdad, pueden hacerse intervenir coeficientes X, Y, Z, que afectan en la forma deseada, y entonces la fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$Te_n \% = \frac{K}{X \cdot S + Y \cdot C + Z \cdot R}$$

Por otra parte, el índice T, en cualquiera de las dos últimas formas expresadas, también puede ser útil en los siguientes puntos:

- Si el índice permanece estacionario durante varios años, pueden hacerse, por vía de prueba, reducciones controladas del programa de mantenimiento, midiendo el efecto en las otras variables de "Tiempo muerto" y desperdicio. Esto representa correr a conciencia un peligro, pero puede asegurarnos de cuál es el mejor nivel del mantenimiento.
- Permite comparar y evaluar otros sistemas y procesos.

- Se dispone de índices para comprar diferentes equipos o maquinaria productiva y aún para extender la comparación a otras industrias semejantes.
- Suministra cifras de conocimiento imprescindibles para tomar decisiones no basadas en la improvisación o corazonada sino en hechos reales, estudiados científicamente.

U. Índice de la Reducción de Costo de Mantenimiento

$$U = \frac{\text{Índice F}}{\text{Índice P}}$$

Este índice debe tender a un crecimiento demostrativo de que aún cuando se ha extendido el mantenimiento preventivo, los resultados obtenidos disminuyen el costo del mantenimiento.

III.4.- PROGRAMACION DE LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO

Cuanto más extenso es el mantenimiento preventivo tanto más fácil es establecer un presupuesto anual de los gastos necesarios para mantener en buenas condiciones los edificios, maquinaria e instalaciones así como la distribución de estos gastos en forma regular o según convenga en el curso del año.

Para preparar este presupuesto, cuando el mantenimiento es en su mayor parte preventivo se utilizan los índices de gasto anual de mantenimiento que se encuentran en diversas publicaciones técnico-económicas en especial en las compañías aseguradoras.

Estos índices tienen en cuenta tanto la clase de máquina o instalación, como su forma de utilización en el sentido de que se emplean en uno, dos ó tres turnos de trabajo diario, es decir 8, 16 ó 24 horas por día. En esta programación ha de contarse con una partida de imprevistos, tanto más importantes cuanto menos preventivo sea el conjunto de mantenimiento.

Al formular el programa se deben incluir los gastos de modernización de instalaciones, que se realizarán conjuntamente con el mantenimiento. Conociendo el costo real de la reparación en el período que se desea controlar (generalmente de trimestres) se puede establecer las bases para ajuste de presupuestos futuros. Es decir se podrán analizar las causas por las que el gasto de mantenimiento sobrepasó o no alcanzó lo previsto y se podrá examinar la política de renovaciones de elementos viejos, tanto desde el punto de vista antieconómico de su mantenimiento como por la necesidad de sustituir elementos anticuados, que están en condiciones de inferioridad ante los equipos modernos. En esta comparación pueden emplearse fichas, si bien para las industrias medianas o pequeñas será suficiente un resumen.

Resumiendo, podemos decir que una política de control de costos de mantenimiento o reparación, tanto para cada equipo como para todo el conjunto de la industria, se compondrá de:

- Programación del gasto anual de mantenimiento.
- Conocimiento del costo real del año considerado y de años anteriores como

referencia y comparación.

- Revisión de los gastos de mantenimiento en relación con posibles sustituciones.

Sustitución de Elementos Antiguos

A pesar de que los edificios, maquinaria e instalaciones de la industria se conservan en adecuadas condiciones, es imposible impedir que el tiempo vaya disminuyendo su valor (valor integrado por costo, transporte e instalación) por un conjunto de causas que, dejando aparte el desgaste que con el mantenimiento remediaremos, vamos a señalar:

- A.- La aparición de nueva maquinaria que puede efectuar el trabajo de las antiguas en forma más eficiente; que precisa menos mano de obra, menos mantenimiento, con mayor capacidad de producción o mayor calidad.
- B.- Modificaciones en la calidad y características de los artículos producidos, obligadas por razón de competencia o por una nueva orientación de mercado, que las máquinas antiguas no están en condición de satisfacer.
- C.- La existencia de nueva reglamentación laboral, de seguridad o higiene, que afecta a la utilización de la maquinaria e instalaciones antiguas (captación de polvo, eliminación de ruidos, emplazamientos ahora inadecuados en zonas residenciales, etc.).

Por otra parte, si los equipos actuales exigen un plan de mantenimiento muy extenso, además del costo directo de reparación hay los costos indirectos que pueden ser tan importantes y aún superiores.

Esta disminución del valor de equipo existente a medida que va quedando fuera de actualidad, limita su vida útil o sea el número de años que se espera podrán seguir de actualidad y sirve de base para la amortización.

La determinación de esta vida útil se basa tanto en razones de la experiencia recogida en tablas estadísticas, como en el desarrollo de la industria así como en determinadas limitaciones fiscales que se oponen a la aplicación

de vidas excesivamente cortas.

Teniendo en cuenta lo expuesto, podemos sacar la conclusión de que la renovación de equipos deberá apoyarse en las tres bases siguientes:

- 1.- Rebajar los costos de fabricación y a la vez obtener un adecuado interés para el capital que se emplea en la adquisición de los nuevos medios. Es esta razón fundamentalmente económica y, por tanto, su consideración es más sencilla ya que puede hacerse un estudio matemático basado en datos concretos.
- 2.- Conservar o adaptarse a un mercado en evolución, es razón comercial y en su estimación entran un conjunto de circunstancias, algunas de las cuales no podrán ser matemáticamente exactas. Corresponde a las causas del grupo B citado.
- 3.- Necesidad impuesta por razones obligadas del carácter de las que hemos comentado en el grupo C, en cuya consideración ha de intervenir alguna de las otras causas, a fin de que el gasto no productivo vaya compensado con todas o algunas de las ventajas que según A y B podrán obtenerse de la inversión.

Haciendo un breve desarrollo del primer concepto, puede aplicarse no sólo a la sustitución de maquinaria o instalaciones antiguas, sino también a la elección del equipo más apropiado si se funda la renovación en motivos de orden económico, su realización debe producir un interés para el capital invertido y ha de permitir que este capital se recupere en un plazo adecuado.

La cifra del interés debe fijarse partiendo de que ha de ser igual, como mínimo, al interés corriente de las inversiones inmobiliarias consideradas seguras. Pero como en los años siguientes al primero, este interés debe calcularse por el valor rebajado del nuevo equipo, ya que el capital que se va recuperando del ahorro que produce el nuevo queda disponible para otras inversiones, debe determinarse el interés anual medio que se tardará en recuperar el capital.

Si dicho interés se representa por I , una de las fórmulas adecuadas para la determinación de este interés medio I_m , es la siguiente:

$$I_m = \frac{I(A+1)}{2A}$$

Aplicando esta fórmula se obtiene para periodos A de recuperación del capital entre uno y 10 años, los siguientes valores para I_m que van tendiendo al límite $0.5(I)$.

A	I_m en función de I	I = 5%	I = 7.5%	I = 10%
1	I	5	7.5	10
2	0.750 (I)	3.75	5.625	7.5
3	0.660 (I)	3.30	4.95	6.6
4	0.625 (I)	3.125	4.6875	6.25
5	0.600 (I)	3.00	4.5	6.0
6	0.583 (I)	2.915	4.3725	5.83
7	0.571 (I)	2.855	4.2825	5.71
8	0.562 (I)	2.81	4.215	5.62
9	0.555 (I)	2.775	4.1625	5.55
10	0.550 (I)	2.75	4.125	5.50

En cuanto a la recuperación del capital que se invierte en el equipo que sustituirá al caducado, se debe planear en forma que sea mucho más rápida que la corriente empleada en la amortización. No es normal que se intente efectuar esta recuperación en menos de cinco años, en equipos cuya vida fácil a efectos fiscales sea superior a los diez años.

Para determinar este periodo de recuperación es necesario entrar en determinadas consideraciones, tales como la clase de industria y del proceso que efectuará el nuevo equipo; considerar si este proceso puede o no ser permanente, ya que en este último caso deberá recuperarse en plazo tan corto, como de uno o dos años, por ejemplo, si éste fuese el periodo de vida física que se asigna al nuevo equipo, entendiendo no la vida física sino la de utilización.

Con estos cortos períodos de recuperación del capital, puede entrar en juego el valor posible en venta del equipo al final del período útil, deducido el costo por desmontaje para entrega al comprador. No obstante, es preferible hacer los cálculos sin tomar en cuenta este valor de recuperación, ya que en general resultan erróneas las previsiones para el valor venta, unos años antes de que pueda realizarse.

Al examinar la conveniencia de sustituir un equipo antiguo por otro nuevo, lo que interesa es buscar un menor costo de fabricación teniendo en cuenta todas las circunstancias que la puedan afectar, como son el asegurar tanto el interés como la recuperación del capital, así como los gastos de todas clases, como se presentan a continuación:

Capital (C)

Equipo Actual: Es el valor neto en venta, o sea recuperable, del equipo, in dependientemente del valor contable.

Equipo Nuevo: Es el costo total montado y en condiciones de trabajo, o sea añadiendo al valor de compra los transportes, montaje e instalación.

Interés (I)

Es el interés medio a obtener del capital que se invertirá. Para determinar lo hay que tener en cuenta las condiciones antes indicadas, partiendo del in terés básico I que se desea obtener anualmente durante los años A de vida útil del equipo, o sea de recuperación del capital.

Constituirá una parte del gasto fijo de la estimación o estudio de la conveniencia de la renovación, es decir: permanecerá invariable, sean muchas o pocas las unidades o artículos producidos.

Tributos y Seguros (Tm)

Es el porcentaje anual del capital, previsto para cubrir en promedio, los gas tos de impuestos de todas clases y los seguros de incendios, etc., durante

los años de vida útil del equipo.

Como en el caso de interés medio, el porcentaje medio puede calcularse partiendo del porcentaje básico estimado T para cada uno de los años A de la vida útil, o sea:

$$T_m = \frac{T(A+1)}{2A}$$

Los tributos y seguros también constituyen una parte del gasto fijo no proporcional con la producción.

Recuperación Anual del Capital

Es el porcentaje anual previsto para recuperar el capital invertido, sin tener en cuenta el interés antes indicado.

Anteriormente se ha dicho que se debe ir a rápidas recuperaciones del capital en casos de renovación de equipos de trabajo. A continuación se indican estos porcentajes calculados para plazos de recuperación de unos diez años:

Número de años de Recuperación	Interés anual de Recuperación
A	R %
1	100
2	50
2.5	40
3	33.33
4	25
5	20
6	16.67
7	14.28
8	12.5
9	11.11
10	10

Este concepto, como el del interés I_m y el de seguros e impuestos también debe considerarse gasto fijo dependiente de la producción.

Gastos Anuales de Mantenimiento (M)

Es el importe anual previsto de los gastos de reparación para mantener el equipo en buenas condiciones de trabajo, se considera gasto variable proporcional a la producción.

Energía Eléctrica y Otros Servicios (E)

Es el importe anual de estos conceptos que también se consideran proporcionales a la producción siendo, por tanto, variables.

Materia Prima (M.P.)

Es el importe anual de todas las materias primas empleadas por el equipo.

Desperdicio (D)

Es el valor obtenible del desperdicio producido.

Mano de Obra Directa (MOD)

Es el importe anual total de la mano de obra directamente empleada en el funcionamiento del equipo. Una parte puede considerarse como gasto fijo, ya que las plantillas no pueden variar automáticamente según necesidades y la otra parte será proporcional a la producción.

Mano de Obra Indirecta (MOI)

Es la repercusión anual del costo de la mano de obra que, sin trabajar directamente con el equipo, contribuye al correcto funcionamiento del mismo.

Espacio Ocupado (EO)

Es el costo anual del espacio ocupado, incluidos los gastos generales de alumbrado, calefacción, etc., que normalmente se distribuyen por superficie.

Producción (P)

Es el número de unidades, sean de peso, volumen o cantidad, producidas por el equipo actual y el nuevo en un año.

Estos datos pueden resumirse en grupo de gastos fijos anuales que serán:

$$\text{Gasto Fijo} = \text{Capital} \times (\% \text{ Interés} + \% \text{ Tributos y Seguros} + \% \text{ Recuperación}) \\ + \text{Gasto Fijo de Personal.}$$

$$\text{G.F.} = \text{C.} \times (\text{I} + \text{T} + \text{R}) + \text{G.F. de la MOD y de la MOI}$$

Y el gasto total anual es la suma de este gasto fijo con las variables, o sea:

$$\text{G.T.} = \text{G.F.} + \text{M} + \text{E} + \text{MP} - \text{C} + \text{G.V. de la MOD y de MOI}$$

Para comparar ambos equipos debemos tener en cuenta su producción, comparando los respectivos costos por unidad producida, o sea, los correspondientes cocientes G.T./P.

En los datos anteriores, se ha dejado aparte el gasto fijo, ya que para la correcta comparación de los dos equipos, antiguo y nuevo, pese a que respecto al gasto total pueda ser favorable la sustitución, pueda no serlo para otras condiciones, si los gastos fijos de los nuevos equipos son muy elevados.

A continuación damos un ejemplo en que intervienen el valor recuperable de tres equipos viejos que serían sustituidos (en igualdad de producción) por un equipo nuevo. Se exige el interés básico del 7.5% durante un período de recuperación del capital fijado en 5 años, o sea: con un interés medio del 4.5 % fijo y con un 5% básico en la asignación por tributos y seguros de modo que resultara un promedio del 3% por este concepto.

Para la producción fijada el nuevo equipo resulta más económico, en estas condiciones la sustitución es claramente recomendable. Pero si la producción de la industria varía mucho de un año a otro, puede convenir hacer la gráfica de variaciones del costo de la fabricación con los equipos antiguos y nuevos. Este supuesto se refleja en la gráfica del ejemplo donde se observa por debajo de las 75.199 unidades es económicamente más interesante conservar los equipos antiguos.

La sustitución de equipos antiguos debe, por lo tanto, basarse en un cuidadoso estudio de todas las variantes que la afectan, evitando que por error de planteo u optimismo en la estimación de producciones, los nuevos equipos resulten más costosos que los antiguos adecuadamente mantenidos.

I. Datos	Unidad	Equipo Viejo	Equipo Nuevo
1.- Costo Inicial Instalación	Pesos	360,000	760,000
2.- Pendiente de Amortización	Años	4	-
3.- Costo Inicial Pendiente Amort.	Pesos	144,000	760,000
$\frac{(1) \times (2)}{10}$			
4.- Recuperable en Venta	Pesos	80,000	-
5.- Recuperación Capital	Años	5	5
6.- Interés Deseado	%	7.5	7.5
7.- Interés Medio	%	4.5	4.5
$I_m = \frac{I (A + 1)}{2A}$			
8.- Seguros y Tributos Básico T.	%	5	5
9.- Seguros y Tributo Medio	%	3	3
$T_m = \frac{T (A + 1)}{2A}$			
10.-Mantenimiento	%	4	3.5
11.-Energía Eléctrica y Otros	Pesos/Unidad	0.40	0.32
12.-Materias Primas/120,000 Unidades	Pesos/Año	6 000,000	5 700,000
13.-Venta Desperdicio/120,000 Unidades	Pesos/Año	400,000	50,000
14.-Mano de Obra Directa	Pesos/Unidad	0.90	0.60
15.-Mano de Obra Indirecta	Pesos/Año	68,000	68,000
16.-Superficie Ocupada	Pesos/Año	40,000	35,000
17.-Producción Normal al Año	Unidades	120,000	120,000

II.- Importes Anuales en Pesos

a) Interés Medio	(3) X (7)/100	6,480	34,200
b) Seguros y Tributos	(3) X (9)/100	4,320	22,800
c) Recuperación Capital	(3) / (5)	28,800	152,000
d) Conservación	(3) X (10)/100	5,760	26,600
e) Energía Eléctrica y Otros	(17) X (11)	48,000	38,400
f) Materias Primas	(12)	6 000,000	5 700,000
g) Venta Desperdicio	(13)	- 100,000	- 50,000
h) Mano de Obra Directa	(17) X (14)	108,000	72,000

i) Mano de Obra Indirecta	(15)	68,000	68,000
j) Superficie Ocupada	(16)	40,000	35,000
k) Total Gastos Fijos	a+b+c+d+i+j	153,360	338,600
l) Total Gastos Variables con 100% Producción	e+f - g+h	6 056,000	5 760,400
11) Idéntico con 90% de Pro <u>ducción</u>	0.90 X L	5 450,400	5 184,360
12) Idéntico con 80% de Pro <u>ducción</u>	0.80 X L	4 844,800	4 608,320
13) Idéntico con 70% de Pro <u>ducción</u>	0.70 X L	4 239,200	4 032,280
14) Idéntico con 60% de Pro <u>ducción</u>	0.60 X L	3 633,600	3 456,240

III.- Importe Anual Total de la Producción

m) Con 100% de Producción	K + L	6 209,360	6 099,000
m1) Idéntico con 90% de Pro <u>ducción</u>	K + L ₁	5 603,760	5 522,960
m2) Idéntico con 80% de Pro <u>ducción</u>	K + L ₂	4 998,160	4 946,920
m3) Idéntico con 70% de Pro <u>ducción</u>	K + L ₃	4 392,560	4 370,880
m4) Idéntico con 60% de Pro <u>ducción</u>	K + L ₄	3 786,960	3 794,840

Obsérvese que entre el 60% y el 70% hay la Producción Crítica, o sea aquella producción por la que los costos de fabricación son iguales para los equipos viejos y el nuevo y por debajo de la cual, el nuevo equipo produce a mayor costo.

IV.- Determinación de la Producción Crítica.

Se parte de igualar los valores del costo de la producción con los equipos viejos y con el nuevo determinando el porcentaje crítico X, de la producción base al 100%, o sea:

$$K \text{ viejos} + \frac{X}{100} \cdot L \text{ Viejos} = K \text{ nuevos} + \frac{X}{100} \cdot L \text{ nuevo}$$

$$X = \frac{100 X (K \text{ nuevo} - K \text{ viejos})}{L \text{ viejos} - L \text{ nuevo}}$$

$$X = \frac{100 X (338,600 - 153,360)}{6,056,000 - 5,760,400} = \frac{185,240}{295,600} = 62.666 \%$$

$$\text{Producción Crítica} = \frac{62.666}{100} \times 120,000 = 75,199 \text{ unidades}$$

Costo de la Producción Crítica:

$$K + \frac{X}{100} \cdot L = 3,948,412 \text{ Pesos/Año}$$

Este punto puede determinarse gráficamente, como se indica en la figura.

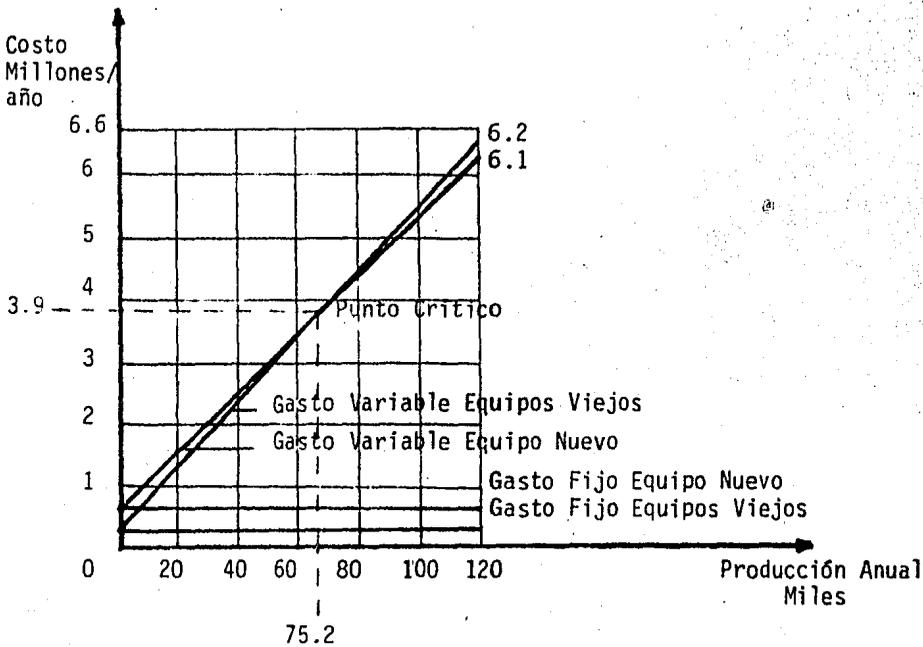
V.- Variación Gasto Anual Según la Producción.

Las cifras corresponden a la diferencia de las partidas (m) entre los equipos viejos y el nuevo:

	Disminución Anual con Nuevo Equipo	Incremento Anual con Nuevo Equipo
Con 100% Producción	110,360	-
Con 90% Producción	80,800	-
Con 80% Producción	51,240	-
Con 70% Producción	21,680	-
Con 62.666% Producción	-	-
Con 60% Producción	-	7,880

El nuevo equipo, además de la mejora de calidad, que obliga a la sustitución de los equipos viejos, dá un beneficio adicional anual, o sea reduce el costo del artículo mientras la producción no descienda del 62.666% de la básica de 120,000 unidades por año y además de cubrir el interés del 7.5% del capital a invertir, se recuperará el capital en 5 años.

Por otra parte, obtenemos en ventas 80,000 pesos de los equipos viejos que disminuirán el capital necesario para la compra del nuevo equipo.



Gráfica: Estudio Económico. Sustitución de 3 máquinas de una antigüedad de 6 años por una máquina nueva que mejora la calidad ocupando menos mano de obra y produciendo menor desperdicio.

III.5.- PRESUPUESTOS EN EL MANTENIMIENTO

Los presupuestos son un instrumento que utiliza la dirección industrial para la planeación de actividades futuras. Los presupuestos en la industria aparecieron como parte del movimiento de la administración científica e inicialmente fueron sólo un medio para la autorización sistemática de los gastos.

El objetivo del presupuesto como fase administrativa es:

- 1º.- Planeación: Un plan sistemático de actividades para un período de operación definido. El objetivo de planeación del presupuesto representa un curso de acción.
- 2º.- Control: Una norma o patrón para medir resultados que manifiestan variaciones a éstos. Y como objetivo de control, el presupuesto es un medio para la realización de un fin y no es un fin en sí. Los presupuestos se hacen para utilizarse y son en realidad herramientas para la dirección de una empresa o departamento.

Son requisitos para elaborar un Presupuesto:

- 1º.- Líneas de autoridad y responsabilidad establecidas, es decir, debe ser tarea cooperativa y siempre se encuentra centralizada en una persona o comisión: para mantenimiento la responsabilidad será del jefe, pero con participación activa de los departamentos que lo forman.
- 2º.- Política económica claramente definida, y el Mantenimiento Preventivo a sí lo exige, pues persigue el fin económico y todas sus actividades se basan en ello.
- 3º.- Disponibilidad de informes de costos con el fin de poder hacer las comparaciones.

Se deben tener informes exactos y reales de los costos y no deben éstos adivi-

naciones o suposiciones.

Los índices de control vistos anteriormente nos orientan a establecer parámetros aplicables a un control presupuestario.

Es necesario contar con presupuestos con el fin de poder establecer el costo del producto que se va a vender y en base a éste, definir el precio de venta.

El precio de venta incluye:

- Costos de Producción
- Costos de Distribución
- Costos de Administración
- Utilidad

Dentro de la empresa básicamente vamos a encontrar los siguientes presupuestos:

- 1°.- El Presupuesto de Producción, que elabora el programa de unidades del producto que se va a fabricar; éste comprende los materiales directos (materias y auxiliares) y la mano de obra.
- 2°.- El Presupuesto de la Planta y del Equipo, que marca las exigencias de espacio y maquinaria necesarios para cumplir con el programa de producción y ventas.
- 3°.- El Presupuesto de Gastos de Fabricación, que incluye los gastos fijos que se originan para cumplir con el programa de producción. Estos gastos no varían con las variaciones de la producción.
- 4°.- El Presupuesto de Mantenimiento y que son todos los gastos originados para llevar a cabo la conservación de instalaciones y equipos de la empresa.

El objetivo de un presupuesto en mantenimiento, es básicamente considerar los aspectos siguientes:

- 1) Presupuestar el costo del equipo por concepto de mantenimiento, sometido a una operación normal y para todas las situaciones que a ellos competen.
- 2) Presupuestar el costo de operar los equipos de servicios y que representan un auxilio en la operación de los equipos productivos.

Para elaborar un presupuesto de mantenimiento se tiene que definir:

- 1) Ventas y su programa por un periodo definido.
- 2) Producción para cumplir con el programa de ventas.
- 3) Equipos necesarios para cumplir con el programa de producción.
- 4) Necesidades de mano de obra, materiales y gastos fijos para sostener los equipos con el objetivo del mantenimiento.

IV.- ASPECTO ADMINISTRATIVO

IV.1.- ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO

IV.2.- FASES DE LA ADMINISTRACION EN EL
MANTENIMIENTO

IV.3.- CONTROL DE INVENTARIOS EN EL MANTE
NIMIENTO

VI.1.- ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO

Introducción.

Según Henry Fayol:

"Es un proceso social que lleva consigo la responsabilidad de la satisfacción de objetivos institucionales por medio de una estructura y a través del esfuerzo humano coordinado".

Toda empresa para conseguir su objetivo, tiene que desarrollar sus recursos (humanos, físicos y técnicos), en forma equilibrada, lo cual se consigue con la estructuración de cada uno de aquellos hasta formar un organismo, en el cual cada una de sus partes tiende a obtener el objetivo del conjunto. Esta organización debe planearse, a fin de definir el problema, que éste quede claro y así se conocerán las soluciones al mismo, las mismas al ser analizadas: mostrarán la acción a tomar, darán lugar a la decisión y se podrá construir un programa pormenorizado, del cual deben desprenderse los presupuestos que periódicamente nos van a servir de herramientas de control.

Una vez definido el objetivo y planeado a fondo como conseguirlo, el siguiente paso es: organizar los recursos, estructurarlos en un organismo funcional; para lo cual es necesario acomodar los recursos en la forma prevista, dividiendo el trabajo para lograr determinar la cantidad de puestos y sus categorías; y así mismo, fijar las labores adscritas a cada uno.

A continuación se escogen los individuos, éstos ocuparán dichos puestos, fijándose que los atributos de estas personas llenen lo más posible con las características de cada puesto; de aquí resulta que se está en posibilidad de prever la enseñanza o capacitación, que se le debe suministrar al personal para nivelarlo a las necesidades de los puestos. Después de capacitado, debe delegarsele la autoridad necesaria para que pueda llevar a cabo su labor.

Una vez estructurados y acomodados los recursos de la empresa, el siguiente paso es: conseguir que cada uno de los ocupantes de los diferentes puestos dise

ñados sientan deseos e interés por poner en obra lo ordenado; por lo tanto, es necesario motivarlos y obtenido esto, se facilitará la comunicación con ellos, con lo cual estarán informados y conocerán las funciones a desarrollar. El administrador debe comprobar que el mensaje sea recibido, puesto que entonces se considerará completa la comunicación. Cuando los esfuerzos de los individuos se están obteniendo, el administrador deberá procurar con seguir la unidad de dirección, es decir, que todos los esfuerzos se dirijan al objetivo, con lo cual estará en posibilidad de adecuarlos en cantidad, tiempo y espacio, a fin de lograr la coordinación esencial para los mejores rendimientos.

Cuando la organización está funcionando, según se ha explicado con anterioridad, es necesario comprobar o controlar periódicamente sus logros; por lo que, basándose en los presupuestos desarrollados durante la planeación se debe ahora, medir los resultados con el objeto de compararlos con dichos presupuestos; a continuación se analizarán las desviaciones respecto al objetivo a fin de corregirlas.

El proceso administrativo, para su estudio se divide en cuatro partes que son: Planeación, Organización, Ejecución y Control. Analizaremos cada una de éstas en el siguiente tema.

IV.2.- FASES DE LA ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO

IV.2.1.- PLANEACION

Esta es la parte más importante del proceso administrativo, pues si no se tiene ningún plan, es lógico que no se tendrá nada que organizar, ejecutar o controlar y por lo tanto, no existirá la administración. La planeación lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar probables actividades, las cuales al desarrollarlas permitirán obtener el objetivo propuesto.

Toda planeación empieza con el propósito de un objetivo, debiendo considerarse a continuación las restricciones o limitaciones, es decir: el establecimiento de las políticas a observar, con lo cual estamos en posibilidad de decidir los métodos a utilizar y los procedimientos para efectuar lo planeado, con lo que es posible hacer los programas a fin de considerar cronológicamente las diferentes actividades a desarrollar.

También en la planeación administrativa debe seguirse esta mecánica, a saber: primero decidir cuándo y a dónde se quiere llegar; ahora partiendo de este supuesto, es necesario considerar nuestras limitaciones de acción, nuestros recursos (humanos, físicos y técnicos) y por último dimensionar las labores en monto (cantidad de trabajo por efectuar) y tiempo. Hasta este momento podremos saber a ciencia cierta cuando podemos empezar para terminar en la fecha propuesta y además, ahora podremos presuponer las acciones, costos, tiempo, etc., las cuales deben suceder periódicamente, con el fin de vigilar y corregir las probables desviaciones al objetivo. Por lo tanto la planeación es una toma de decisiones constante e involucra lo siguiente:

Planeación

Objetivos
Políticas
Procedimientos (Métodos)
Programas
Presupuestos

Objetivos.- Al conjunto de una meta más la acción correspondiente para conseguir ésta y el tiempo en que se debe lograr, se le llama objetivo, éste es el resultado final al cual se desea llegar; el objetivo orienta los esfuerzos del dirigente y aclara el panorama, facilitando la previsión de las acciones que hay para tratar de conseguirlo.

Durante las juntas de planeación, el objetivo debe ser perfectamente discutido y aclarado además de enunciado por escrito a todos los integrantes y éstos deben quedar en absoluto convencidos de que es necesario conquistarlo.

Políticas.- Estas son normas que establecen las acciones gerenciales y éstas pueden ser: escritas, verbales o simplemente sobreentendidas; su importancia está en la orientación que proporcionan a la administración para poder conquistar el objetivo, dentro de los límites que imponen los recursos de la empresa, considerados en la planeación.

También permiten una mejor delegación de la autoridad, ya que las políticas establecidas y perfectamente conocidas, los supervisores, gerentes o mandos de cualquier nivel, pueden normar su criterio facilitándoseles la toma de decisiones, pues éstas les indican, aunque en términos generales, los límites que deben observarse durante su actuación.

Existen muchos tipos de políticas de acuerdo con la función en la cual deban aplicarse (Ventas, Producción, Mantenimiento, etc.) y todas ellas son generalmente normas amplias y dinámicas. Es necesario en toda empresa que, existan las políticas escritas, aunque hay casos especiales en donde éstas deben de ser

implícitas, como lo son aquellas que norman el criterio sobre asuntos confidenciales o delicados. La alta gerencia debe decidir cuáles son las políticas que deben formar el manual escrito y cuáles otras deben entenderse como políticas implícitas y conocidas por un número escogido de dirigentes.

Procedimientos.- El procedimiento es una serie de labores interrelacionadas cronológicamente, las cuales constituyen la forma de efectuar un trabajo.

En el momento de la planeación y de acuerdo con el objetivo a conquistar, se estudian los diferentes trabajos por realizarse, a fin de coordinar y relacionar cada una de sus partes. Este estudio generalmente es concienzudo y detallado, con el propósito de permitir la elaboración de procedimientos sencillos para lograr que éstos fácilmente se vuelvan rutinarios.

El estudio debe realizarse sobre hechos concretos, sin suposiciones ni ambigüedades y tomando en cuenta, además del objetivo, los recursos humanos y materiales con que se cuenta y la clase de trabajo a desarrollar, ya que puede tratarse de una labor tan repetitiva que exija estudios muy profundos para lograr su máxima simplificación.

Métodos.- Es la forma de proceder para indicar la manera de hacer una labor específica, generalmente por un sólo hombre. Cuando se quiere mejorar un procedimiento es necesario estudiar cada uno de sus métodos, a fin de tratar de eliminarlos, sustituirlos o modificarlos.

En toda empresa debe existir manuales de procedimientos escritos y perfectamente explicados, con el objeto de que el personal que ha de ponerlos en práctica los conozca a fondo y en caso de duda, pueda tener la fuente de información necesaria. Aún en el caso de que se tengan métodos y por lo tanto, procedimientos diferentes, es preferible construir con ellos el manual necesario y no esperar hasta que sea posible su depuración, ya que ésta vendrá más rápida y fácilmente al estudiar el manual existente, pues es lógico que se tendrá alguna experiencia al respecto. No así, cuando los procedimientos existen so

lo implícitos, entonces la empresa vive un caos originado por ideas equivocadas de cada sobrestante, supervisor, etc., al tratar de aplicar procedimientos donde se suponen mejores y que con el tiempo van cambiando, hasta en la mente de la misma persona, conforme ésta avanza en nuevas experiencias y conocimientos.

Programas.- Es la previa declaración de lo que se puede hacer por medio de las líneas de conducta que han de seguirse para alcanzar el objetivo, en ellos también se indica quien debe hacer cada trabajo, cuándo empezarlo y cuándo terminarlo, por lo que facilita la coordinación de los recursos al equilibrar éstos con las necesidades a cubrir.

Los programas son producto de la planeación y serán más valiosos y exactos mientras la planeación sea ejecutada con más cuidado y esmero. No se pueden obtener buenos programas sin tomar en cuenta una planeación perfectamente ponderada, pues dichos programas tendrán bases tan deficientes que su variabilidad los hará inservibles generalmente poco tiempo después de haberlos hecho. Es claro la no existencia de programas invariables, pero es una verdad indiscutible que mientras más acuciosa sea la planeación, más firmeza y seguridad habrá en el programa, el cual no tendrá que ser revisado con tanta frecuencia, lo cual simplifica grandemente las labores de control.

Presupuestos.- Los presupuestos se elaboran con base a los programas resultantes de la planeación y pueden indicarse en diferentes unidades y no exclusivamente la monetaria; así, pueden existir presupuestos de mano de obra, de materiales, de horas extras, de producción, etc.

Los presupuestos son imprescindibles para llevar a cabo el control, ya que en base a ellos se puede comparar lo obtenido y saber el grado de desviación que se pudo haber efectuado, para aplicar el correctivo necesario.

IV.2.2.- ORGANIZACION

Para alcanzar los objetivos de la función del mantenimiento, entre los que destacan:

- Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción.
- Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro.

Al conseguir estas metas en la forma más económica posible y a largo plazo, es esencial contar con una organización.

Al plantear la situación siguiente, se podrá catalogar la importancia del aspecto organizacional en el desempeño del mantenimiento. En una fábrica nueva una vez que se ha terminado la construcción, existe un período durante el cual el trabajo de mantenimiento se limita a cuestiones rutinarias poco importantes y a diversos ajustes, a menos que el ingeniero de mantenimiento cuente con una experiencia anterior sobre una producción análoga, no habrá ningún plan claro para realizar el trabajo de mantenimiento y existirá cierta tendencia a resolver los problemas de mantenimiento a medida que se presentan.

Después de que se haya seguido este procedimiento durante algún tiempo, la variedad de los trabajos diarios que hay que realizar darán la impresión de que es imposible plantearlos y estandarizarlos. Sin embargo, esa impresión es en gran parte ilusoria, como han podido comprobar muchos ingenieros, que van en desacuerdo con la organización de los trabajos de mantenimiento. Es cierto que las clases de tareas que se presentan son muy variables de un día para otro, por consiguiente la organización tiene que ser flexible. No es posible imponer a cada fábrica un sistema de organizar ya que el desarrollo de los métodos y procedimientos es un proceso gradual que hay que adaptar a las necesidades particulares de cada caso.

Definiremos la Organización como la estructuración de las relaciones que deben existir entre las funciones, niveles y actividades de los elementos materiales

y humanos de una empresa o sistema, con el fin de lograr su máxima eficiencia, dentro de los planes y objetivos fijados.

Para el desarrollo eficaz de la función del mantenimiento, se debe comprender y enmarcar la importancia de la organización, ya que suministra las líneas de comunicación por medio de las cuales se da cumplimiento a las responsabilidades establecidas. Una coordinación acorde es indispensable para una buena administración del mantenimiento.

Para poder realizar el proceso organizativo, hay que atender los siguientes factores:

Organización

Puestos
Hombres
Autoridad
Responsabilidad

Puestos.- Primeramente se deberá elaborar un listado de todas las labores a realizar, separarlas en grupos afines de funcionalidad, determinar en forma concreta el sitio y función que desempeñará cada elemento, las horas-hombre de cada grupo con objeto de decidir cuántos puestos de esa categoría son necesarios. A continuación se realiza el análisis de puestos con el propósito de saber no sólo las labores que corresponden a cada uno de ellos, sino su descripción genérica, el grado de habilidad (instrucción, experiencia, destreza), esfuerzo (físico y mental), responsabilidad (propia y ajena) y, por último, las condiciones del trabajo a que van a estar sometidos los ocupantes de dichos puestos. El análisis de puestos permitirá hacer una buena selección de personal, programas de desarrollo bien equilibrados y facilitará la administración de sueldos y salarios. Así mismo, al realizar esta labor acuciosamente, permitirá obtener un equilibrio benéfico entre los recursos físicos y tecnológicos que se manejarán en un puesto y el elemento humano que lo ocupará.

Hombres.- Una vez perfectamente delineados los perfiles del puesto, se está en posibilidades de escoger a la persona más adecuada, teniendo conocimiento de los atributos que debe poseer, por lo que la selección estará basada en el análisis del puesto. Es muy raro encontrar la persona idónea pero por lo menos, se deberá tener conocimiento de los atributos que carece el individuo seleccionado para desempeñar sin dificultad su puesto, y es lógico que la empresa debe facilitarle los medios necesarios (cursos, seminarios, capacitación, literatura, etc.) para que si ella tiene interés se complemente y si es posible progrese en su puesto.

Autoridad.- Al ocupar las personas sus puestos, es indispensable delegarles la autoridad necesaria para el buen desarrollo de sus funciones. El superior delegará esta autoridad de acuerdo con la capacidad que el subordinado tenga para utilizarla; pero, de cualquier forma, si por considerar el superior la existencia de deficiencias en su subordinado no le delega la autoridad necesaria al puesto, es responsabilidad de aquel facilitar y muchas veces forzar, la instrucción de su subordinado hasta capacitarlo, en el ejercicio eficaz de la autoridad, cuando esto se consigue, se obtiene automáticamente que los subordinados aceptan la responsabilidad contraída con la utilización de autoridad. La facultad de dirigir y controlar bajo su cargo, no debe basarse en el uso de la fuerza, sino, en la persuasión, en correctivos adecuados al caso, etc. Se considera que existen dos tipos de autoridad, aquella exigida por parte del superior y aquella voluntaria por el inferior al reconocer en el dirigente, atributos para catalogarlo como su líder.

Al emitir órdenes, cualquier supervisor, gerente, director, etc., es indispensable estar seguros, sobre los conocimientos y recursos necesarios que el subordinado tenga para poder cumplir, es decir, además de contar con herramientas, materiales, etc., también cuente con los conocimientos requeridos en el desarrollo de su puesto, como de la suficiente motivación para ejecutarlas.

Responsabilidad.- Esta es la obligación que tiene una persona de responder ante sus superiores por su actuación durante el desempeño de sus labores. La responsabilidad no puede delegarse como la autoridad, sólo se comparte; es de

cir, el superior puede delegar autoridad a un subordinado, pero no por eso deja de ser responsable ante su jefe del buen o mal uso que el subordinado pueda dar a la autoridad que le fue delegada.

Unidades Estructurales.- Una vez al tener bien definida la descripción de funciones, al analizar los factores enunciados para la elección de los recursos humanos, se procede a conformar los medios de que dispone la industria a fin de tomar una estructura idónea acorde para alcanzar los fines requeridos.

Puesto de Trabajo.- Se considera como elemento estructural al puesto de trabajo que suele ser, una parte del taller u oficina en bases físicas y económicas destinadas a que un operario, empleado u oficinista o grupos de ellos efectúe un determinado trabajo. En el puesto de trabajo de taller, suelen ubicarse: el equipo tecnológico, las herramientas, los aditamentos, equipo elevador y de transporte, piezas y unidades de montaje, utilaje, etc., del mismo modo, en el puesto de trabajo de oficina, se ubican los útiles de trabajo, la documentación necesaria, etc.

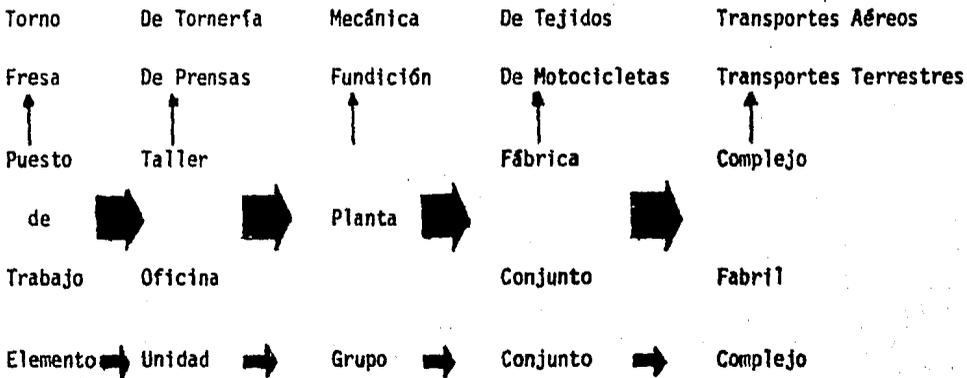
Taller u Oficina.- Los puestos de trabajo son los elementos que forman parte de la unidad orgánica, taller u oficina y pueden estar dispuestos por proceso u operación, en ambos casos.

Planta.- Un grupo de talleres constituyen una planta (no agrupa organismos administrativos). La planta es una unidad tecnológica.

Fábrica.- La fábrica, por otra parte está compuesta por un conjunto armónico de talleres u oficinas.

Complejo Fabril.- El complejo fabril, está constituido por un conjunto de fábricas y organismos administrativos.

A continuación vemos una gráfica de unidades estructurales:



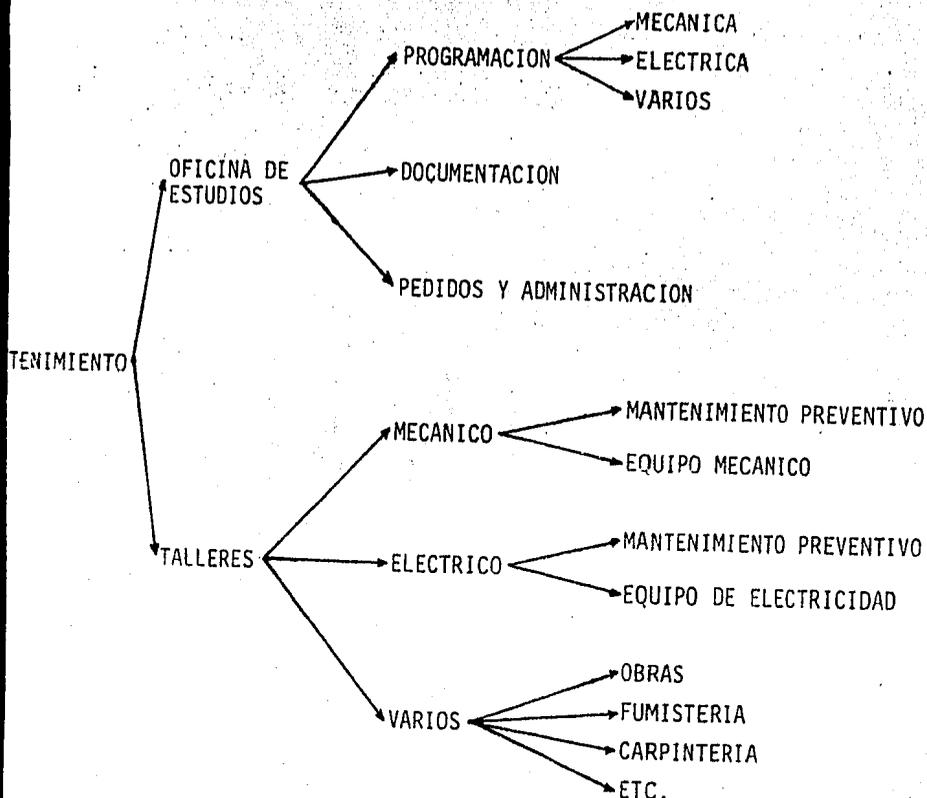
Estructuración Organizativa del Mantenimiento

La estructuración correspondiente a un organismo dedicado al mantenimiento se fija por medio de una organización que establezca las dependencias y las relaciones, con asignación concreta de obligaciones y responsabilidades que le competen a cada integrante. La asignación de la responsabilidad, debe corresponder a la autoridad y medios concedidos, sin duplicidades ni indeterminaciones, pues, no deben existir dependencias, de dos o más jefes a la vez, ni tener organismo sin dependencia establecida. Cada responsable, debe conocer con total claridad, cuales son sus obligaciones y cuales son sus atribuciones.

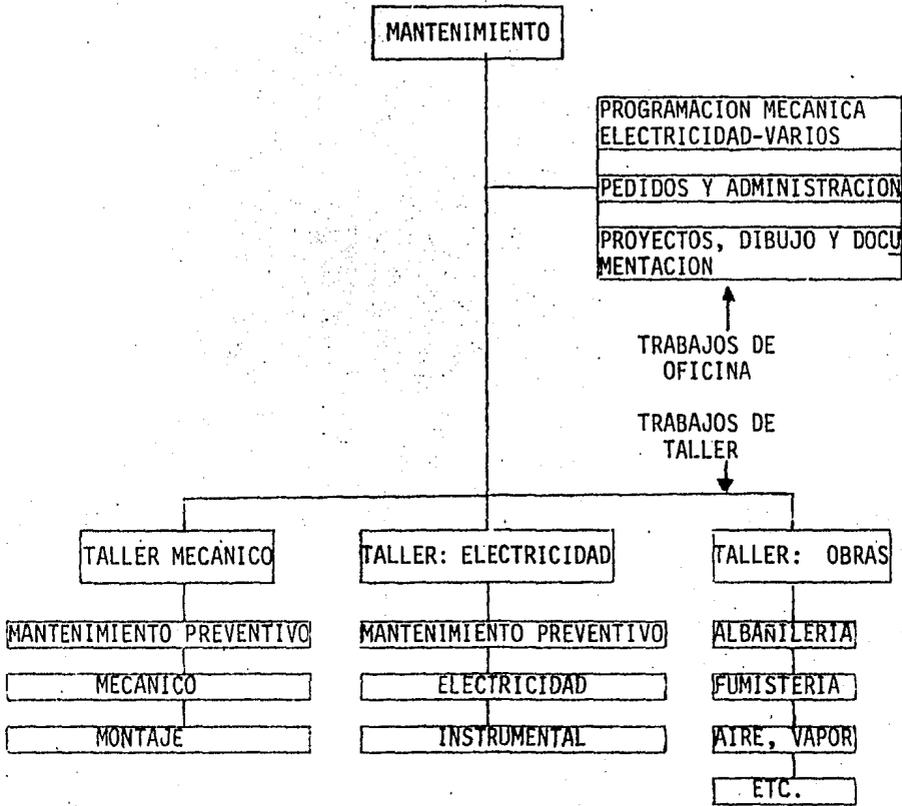
Organigrama Tipo - Organización Tipo

Según la organización estructural de la empresa y el tamaño de ésta, se pueden adoptar varios tipos de organigramas. Para lo cual se establece un organigrama tipo, del departamento de mantenimiento de una fábrica, en base a su misión correspondiente; así mismo se presenta su organización tipo.

A continuación se presentan en la gráfica [A] y [B], respectivamente.



Gráfica A.- Organización Tipo



Gráfica B.- Organigrama Tipo del Organismo Mantenimiento.

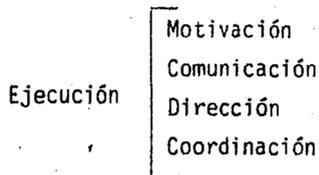
Es tal la importancia de los organigramas de la empresa y el Departamento de Mantenimiento no sólo para apreciar con claridad la organización establecida, sino también para analizarla y mejorar las comunicaciones y vinculación del personal; así como para determinar las líneas de autoridad sin la utilización de descripciones orales.

IV.2.3.- E J E C U C I O N

Desde el punto administrativo, se puede catalogar a la ejecución como una acción del administrador para que sus subordinados llevando a la práctica y a su realización final se propongan alcanzar, los objetivos establecidos en la planeación y estructurados por la organización. El organismo ya constituido debe ser puesto en acción. Ahora bien, cabe destacar el comportamiento invariable del factor humano, reaccionando positiva o negativamente según el estímulo a que se exponga. Debido a lo anterior la ejecución se aplica sólo a los recursos humanos.

Por lo cual, todo administrador deberá poseer conocimientos y aptitudes para crear en sus hombres el interés, el deseo de progreso. Dichos atributos, son en primer lugar, de carácter, y en segundo, de conocimiento del comportamiento humano, el estudio de ciencias sociales, tales como la antropología, psicología, filosofía, sociología, etc., lo llevarán a entender más a sus semejantes y así mismo.

Se deberá cuidar de aplicar ciertos principios esenciales para lograr que sus subordinados deseen y consigan el objetivo; primeramente deberá motivarlos, una vez conseguido, deberá comunicarse adecuadamente con ellos para después poder dirigirles y coordinarles sus esfuerzos; por lo tanto, se considera que en la ejecución existen cuatro factores básicos:



Motivación.- Es aquella acción o efecto de motivar, explicar la razón que se ha tenido para realizar algo, en general todo integrante de una empresa, independientemente del nivel colocado, reacciona en relación al trato que recibe dentro de ésta, dichas reacciones son específicas para cada individuo, pero en cualquier forma éste tendrá siempre dos clases de necesidades a satisfacer, en

primer lugar, las necesidades higiénicas, que lo colocan en condiciones de vivir con mayor o menor comodidad; en segundo, las necesidades motivadoras.

En aquí en donde la activación del administrador juega el papel más importante, ya que debe crear un ambiente de superación en donde los individuos vean identificados sus objetivos personales con los de la empresa, y además se sientan orgullosos de formar parte de ella, por lo tanto, en el individuo deben atenderse todas sus necesidades de realización; las necesidades de reconocimiento, es decir, la aceptación del grupo como persona capaz de trabajar a éste, por el bien del conjunto.

El hecho de crear el ambiente motivador en una empresa no es acto esporádico, sino es un trabajo constante y delicado del gerente o supervisor que en muchas ocasiones exige un planteamiento cuidadoso, haciendo uso repetidamente de sus atributos positivos del carácter y de los conocimientos adquiridos acerca del comportamiento humano.

Comunicación.- El significado de comunicación es tener correspondencia unas personas o cosas con objeto de hacer de su conocimiento algún suceso ó acto con otras. Esta correspondencia sólo puede conseguirse plenamente si se tiene habilidad para ello, pues el hecho de comunicar, no sólo se refiere a transmitir las órdenes, conocimientos ó deseos ya sea por escrito ó con simples palabras ó ademanes, sino que es esencial que exista reciprocidad entre el transmisor y el receptor.

El transmisor es el responsable de que la comunicación se logre, por lo que tendrá que tomar en cuenta los siguientes factores:

- Dar una idea clara y precisa de lo que se quiere comunicar.
Debe ser analizado el problema antes de iniciar la comunicación.
- Escoger el lenguaje adecuado para que él ó las personas receptoras lo comprendan.

- Observar si la respuesta del receptor a corto y largo plazo es la esperada y de acuerdo con lo comunicado.

La comunicación ayuda a conseguir el entendimiento de problemas mutuos, al desarrollar el sentimiento de cooperación y facilita la coordinación.

Dirección.- Para dirigir eficientemente a los subordinados, se deberá propiciar actuaciones tendientes a alcanzar los objetivos de la empresa, los cuales deberán estar siempre presentes en la mente del administrador, de manera que al notar cualquier desviación de esfuerzos, debe tomar decisiones a fin de corregirla, para esto emite órdenes, instrucciones ó reglas de acuerdo con lo que crea necesario. Tomando en cuenta su propio parecer, después de analizar el problema.

Estas órdenes, instrucciones o reglas deben ser dadas al personal atendiendo los principios de motivación y comunicación antes discutidos, a fin de que el administrador actúe como guía, orientando o impulsando a sus subordinados en una forma adecuada el cumplimiento de las órdenes emitidas. Para propiciar una buena dirección debe existir la unidad de mando con el objeto de que las órdenes emanen de una sola persona; debe tenerse especial cuidado en el cumplimiento de éstas, para evitar brotes de indisciplina de algún o algunos integrantes. La disciplina es necesaria cuando se trabaja en grupo, por lo que es indispensable aplicar los correctivos convenientes con justicia y equidad.

Resumiendo la dirección tiene por objeto la comunicación armónica del esfuerzo dentro del organismo, con el fin de realizar eficazmente los planes formulados. Por otro lado, la dirección es el afecto entre personal de administración, por medio de la cual los subordinados pueden comprender y contribuir con efectividad y eficiencia al logro de la empresa. Esta función es difícil porque el administrador tiene que tratar con un complejo de fuerzas de las cuales no se conoce lo suficiente y sobre muchos de los cuales no se tiene control.

Coordinación.- Otro de los puntos esenciales en la ejecución es lograr que los

esfuerzos del grupo estén sincronizados, coordinados de acuerdo a un orden metódicamente establecidos adecuándolos en tiempo, cantidad y dirección. Al cumplirse estos requisitos se obtendrán grandes rendimientos en la actuación de los recursos humanos, pues el esfuerzo de cada uno se suma al de los demás, dando una resultante siempre mayor que la que se tendría con la suma de los esfuerzos parciales. El fenómeno contrario se observa cuando algún esfuerzo unitario no quedó coordinado, ya sea por falta de sincronía o porque obró en otra dirección, lo cual pone un lastre tremendo a la resultante, bajando enormemente el rendimiento.

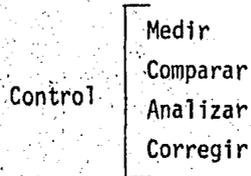
Es difícil obtener la coordinación sobre todo en grandes empresas en las que la especialización va incrementando el sentimiento de departamentismo. Los intereses mezquinos de cada departamento hacen que sus integrantes no vean más allá de su objetivo departamental.

Para evitar ésto, es indispensable crear conciencia en el personal y acepte el objetivo principal de la empresa, así como la importancia y subordinación de cada uno de ellos con respecto a los demás.

Por otro lado, desarrollar programas de juntas periódicas, a fin de facilitar el intercambio de opiniones e ideas y así mismo, se conozcan las limitaciones o problemas de cada departamento, con lo que se consigue interesar mutuamente al personal en la solución de los mismos. Aumenta más el deseo de ayuda mutua si el administrador atiende las ideas o sugerencias del personal para el arreglo de los problemas. Esta forma de desarrollar la coordinación debe ser continua y planeada por el dirigente.

IV.2.4.- C O N T R O L

El control es la comprobación de que las personas y artefactos están llevando a cabo lo planeado, con o sin desviaciones a la norma predeterminada. Prácticamente, el control en sí es un procedimiento que se inicia al concluirse la planeación, que es cuando se establecen las normas o estándares derivados de los presupuestos y que se continúa durante todo el proceso administrativo, por lo que, es constante y dinámico. Para efectuar el control es necesario seguir el siguiente proceso:



Primeramente se debe determinar lo que se necesita controlar, y esto estará de acuerdo con lo que indique la experiencia, el criterio y los hechos observados. Conociendo los elementos a controlar, es necesario establecer si éstos deben controlarse en: cantidad, calidad, tiempo, etc., con lo que se está en posibilidad de dar la norma, todo esto sucede durante la planeación.

Estas normas se deben escribir y dar a conocer a las personas que deban atender el control. Por lo general, las herramientas de control de una empresa son los estados financieros y los de producción, aunque también existen en cada departamento u oficina herramientas de control adecuadas a sus niveles e intereses.

La selección adecuada de los puntos de control durante la fase de planeación y la estricta observación de ellos durante la fase de control, permite evitar la aparición de conflictos humanos ocasionados por una acción de control constante.

Medir.- Durante el proceso administrativo se estarán midiendo los resultados obtenidos en aquellos elementos de control, previamente escogidos, anotándose los datos en los estados financieros o de producción y dando a conocer éstos a las personas idóneas.

Comparar.- Con lo anterior se estará en capacidad de comparar dichos resultados con las normas establecidas y conocer si existen variaciones de importancia con respecto a éstas. Aquí debe obrarse con un criterio amplio a fin de escoger las desviaciones importantes o excepcionales.

Analizar.- Las variaciones escogidas deben ser analizadas con el fin de conocer claramente el porqué de las mismas; muchas veces será necesario revisar los procedimientos o aún los métodos, pues éstos nos mostrarán en donde fracasaron las acciones del personal.

Corregir.- Basándose en el diagnóstico obtenido por el análisis, se aplicará el correctivo necesario tomando en cuenta que éste debe eliminar la causa y no sólo corregir el defecto.

El control se facilita si se pone atención sólo sobre las desviaciones importantes. Con el objeto de hacer un buen control, es necesario acercarse al problema con una mentalidad abierta y recordar que lo que se trata de medir es la actuación de las personas en el trabajo y no simplemente éste, por lo que los correctivos deberán estar dirigidos a las personas y basados en los hechos, no en suposiciones.

El control se facilita con la invariabilidad en las políticas, con la simplificación de la producción y con la estandarización de procedimientos, tiempos o actividades, ayudando todo esto a obtener una mejor coordinación y mejorando, consecuentemente, los rendimientos.

IV.3.- CONTROL DE INVENTARIOS EN EL MANTENIMIENTO

Para poder efectuar una buena administración del mantenimiento, debe disponerse de los materiales, repuestos y materias primas adecuadas en la cantidad y calidad necesarias en el momento y lugar requeridos y con la mínima erogación posible, siendo esta la función principal del control de inventarios, que ha de trabajar estrechamente relacionado con la planeación del mantenimiento.

Un factor importante para la reducción de costos de mantenimiento, es un adecuado control de inventarios ya sea de las piezas de repuesto, materiales y accesorios de mantenimiento. En la mayoría de las fábricas independientemente de su tamaño existe la tendencia a subestimar la importancia de ese control, cuando no se ejerce como debe ser, origina costos exagerados con la consiguiente pérdida de utilidades. Al tenerse una existencia demasiado baja de un artículo necesario, puede causarse un grave perjuicio a la producción por una paralización prolongada, así como 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 muy 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 al riesgo de que caigan en desuso las refacciones.

Para establecer las cantidades necesarias, a almacenar varían según el tamaño de las empresas y el ramo industrial. Sin embargo puede considerarse varios aspectos útiles, como función básica de un almacén es proporcionar cantidades razonables, razonables y costeables de materiales y refacciones, que se necesiten para que los tiempos de paro sean mínimos y así seguir manteniendo la fábrica en funcionamiento.

La experiencia indica que existen distintas categorías en cuanto al valor de las existencias en el almacén, conviene pues, realizar un análisis llamado "A,B,C" de las existencias con el fin de clasificar en esas tres categorías que corresponden a distintos sistemas de control y que son:

- 1) A.- Control muy estrecho de las refacciones o materiales, mediante la gestión gráfica.
- 2) B.- Control normal para las refacciones o materiales, mediante la gestión contable por punto pedido.
- 3) C.- Control visual para las refacciones o materiales, mediante los sistemas de nivel óptico, cantidad de recipientes, etc.

Además otros sistemas empleados son el control de salidas del almacén, revisión mensual, niveles de reposición y lote económico.

Inventario de Refacciones Referidas a Sistemas de Mantenimiento Preventivo

Es común encontrar el reemplazo de partes dañadas o con desgaste por otras nuevas o recuperadas, ya que en esta forma se obtienen ventajas económicas mayores que las desventajas contraídas de tener que formar una organización que se encargue de coordinar la adquisición de las partes, reparar las que económicamente sean convenientes, y de mantener un stock o inventario de seguridad que garantice un mantenimiento preventivo ordenado.

Un buen sistema de mantenimiento preventivo puede disminuir su efectividad o de plano fracasar si no se cuenta en el momento adecuado con las refacciones necesarias, de aquí la importancia de mantener un buen inventario.

Además de tenerse un inventario surtido, puede exagerarse al otro lado y mantener un inventario en exceso que provoque un mantenimiento no económico a causa del alto inventario y de los gastos provocados para conservar el mismo.

Es también importante recordar que todo lo almacenado tiene que pagar un 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. Existen organismos

del gobierno que imponen un impuesto de propiedad sobre los inventarios de partes de repuesto, lo mismo que sobre productos.

Para lograr mantener un inventario de partes de repuesto que cumpla con los requisitos de economía y garantía, debe considerarse lo siguiente:

- 1.- Partes que son necesarias a mantener.
- 2.- Origen de las partes.
- 3.- Cantidad a adquirir.
- 4.- Costo.

Para poder hacer una determinación de las partes que es conveniente que sean sotenidas en inventario, es necesario efectuar un análisis previo en el equipo y definir lo siguiente:

- a) Partes que tienen posibilidad de fallar o de ocasionar la falla del equipo a causa de su desgaste o deterioro y este se puede aproximar observando: su movimiento, su velocidad, su severidad de trabajo, su lubricación, el ambiente a que está sujeto, etc.
- b) Cuantificar el porcentaje de probabilidad que tiene cada parte de fallar.
- c) Cuantificar la gravedad de la falla en caso de suceder ésta por causa del deterioro o desgaste de esta parte.

Se podría valorar la gravedad de la falla considerando el costo del mantenimiento directo e indirecto y que como consecuencia de tener contra no tener la parte de repuesto, tuviésemos como resultado: El tener la parte de repuesto para solucionar la falla que puede obtenerse por: fabricación especial, por obtención directa del proveedor-fabricante o por recuperación de otra parte ya usada y esto también tiene que considerarse ya que representaría la alternativa preventiva de así tener o contar con la refacción.

Ahora cada refacción, como alternativa de tenerla representa considerar un tiempo muerto de equipo al sustituirla, y ello también representa un costo indirecto, el cual se agrava o al menos importa más cuando no se tiene equipo de repuesto y que

para aplicar o suministrarle su mantenimiento es necesario pararlo un determinado tiempo que a la vez es improductivo.

Un ejemplo se muestra a continuación:

Objetivo: Se necesita determinar las partes de repuesto que deben mantenerse en inventario.

Se presentan 4 alternativas de mantenimiento para el presente caso y que es el de una bomba:

- a) Tener inventario de rodamientos y sellos mecánicos.
- b) Tener inventario de rodamientos, sellos mecánicos y flecha.
- c) Tener inventario de una bomba completa.
- d) Tener inventario de una bomba completa excepto la carcasa.

Bases: No existe equipo de repuesto instalado, las deficiencias mecánicas son:

- Fuga de los sellos.
- Rodamientos, flecha y sellos con deterioro.
- Costo del tiempo improductivo, se estima en \$ 5,000.00/hora.

Soluciones posibles considerando el inventario a mantener de acuerdo a la alternativa del mantenimiento:

	A	B	C	D
Tiempo de Paro (horas)	10	4	1.5	1
Horas para la Reparación	12	6	6 (A)	6
Costo de la Interrupción (\$) +	50,000	20,000	7,500	5,000
Inversión Requerida (\$)	1,600	2,000	10,000	7,700
Costo de la Mano de Obra de Mantenimiento (\$) .(B) +	600	300	300	300
Costo de Materiales (\$) + (D)	1,600	2,000	2,000	2,000
Costo de Posesión (\$/año)(C) +	400	500	2,500	1,925

...

+ Costo total de la Interrupción (Mant.)

Si es Anual	52,600	22,800	12,300	8,225
Si es cada 2 Años	53,000	23,300	14,800	10,150
Si es cada 3 Años	53,400	23,800	17,300	12,075
Si es cada 5 Años	54,200	24,800	22,300	14,000

Clave de Indices:

- A) Incluye reacondicionar la bomba.
- B) A \$50.00 la hora, incluyendo gastos administrativos.
- C) A 25% por año (de la inversión).
- D) Para las alternativas C y D se considera un equipo completo recirculante.

Conclusión: La situación económica más redituable como se ve en todos los casos es costeable la "D" que representa tener un eje-rotor completo y armado.

Determinación de la Cantidad a Mantener en Inventario:

Generalmente esta es función de otro puesto y cuya posibilidad se localiza en almacenes; esto es, que mantenimiento sólo debe de cubrir cierta información y el departamento de control de refacciones hará el resto o inclusive en el caso de que el almacén esté bajo control del Departamento de Mantenimiento.

En base a la información que cubramos el almacén podrá determinar y mantener un inventario económico, es decir lo más ajustado a la demanda sin tener que estar solicitándolo continuamente, ni tenerlo tan inflado que cause costos de mantener lo sumamente elevado, como ya anteriormente lo habíamos señalado.

La información que mantenimiento debe cubrir es:

- a) Demanda o Consumo
- b) Costo
- c) Proveedor

Con lo anterior el almacén podrá determinar:

- a) La clasificación en que debe ser considerada
- b) Tiempo de entrega
- c) Costo de comprar
- d) Factores de inventario (Máximo y Míximo)

Refiriéndose a este último, 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 finca en consideraciones económicas por una parte se puede desear fijar el máximo como la cantidad sobre el mínimo que permitirá comprar una cantidad que represente un precio fijo.

Estos factores se establecerán en base a los costos:

- a) De hacer un pedido (Mano de obra de comprar, sistema administrativo, fletes, etc.).
- b) De mantener el inventario (instalaciones, seguros, depreciación, etc.).

Dentro de los costos que incluyen para pensar en mantener un inventario, está el costo de pedir, que es el costo que grava el personal que se encarga de localizar proveedor, investigar mejor costo, tiempo de entrega y colocar el pedido, además de todo el trámite administrativo que esto implica como papalería, utensilios, mobiliario, etc.

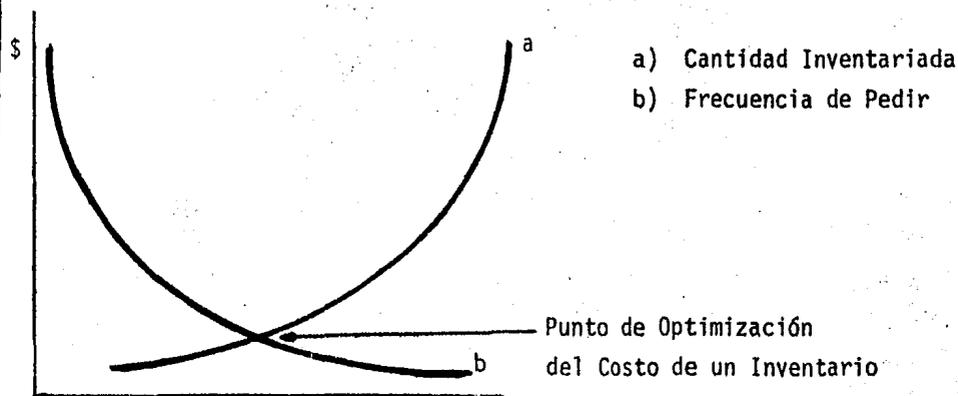
Este costo gravará de acuerdo a la frecuencia con que se pida y ello puede deberse al inventario a mantener.

Muchos pedidos al año corresponderán a un inventario bajo.

Pocos pedidos al año corresponderán a un inventario alto.

Se tendrá que considerar también el costo de ese inventario pues influirá gravando un costo de mantenerlo, por la inversión propia, controles administrativos, primas de seguros, instalaciones, etc.

Representando lo anterior gráficamente se tiene:



Cálculo del punto de optimización del costo del inventario:

$$Q = \frac{2 B A}{I}$$

Donde:

- Q = Cantidad en pesos que debe comprender cada pedido.
 B = Costo de pedir (\$) por cada pedido.
 A = Consumo anual en pesos del artículo a mantener.
 I = Costo de mantener el inventario en % del costo del mismo.

$$N = \frac{\text{Consumo Anual en } \$}{Q (\$)} = \frac{A (\$)}{Q (\$)}$$

N = Cantidad de pedidos que deben ser hechos al año.

Estas fórmulas no son válidas cuando los consumos de artículos, son menores de un artículo por año.

Después de obtener las cantidades a pedir en cada pedido y de acuerdo con los consumos anuales se determinan los períodos o fechas en que éstas deben ser efectuadas, siendo más efectivo si se hacen considerando la existencia de partes y estableciendo un punto de pedido.

El punto de pedido, será entonces el mínimo más el consumo en tiempo de entrega.

El factor mínimo es determinado por lo almacenes como la cantidad de seguridad (colchón) que garantice el mantenimiento eficiente del equipo bajo alguna contingencia de : retardo en reposición, consumo fuera de lo normal, etc.

El factor máximo será determinado mediante la suma del mínimo y la cantidad a pedir en un pedido.

El establecimiento de los factores Mínimo y Máximo podrá ser llevado a cabo y practicada la teoría económica del inventario, cuanto más sea dominado el Mantenimiento Preventivo, pues con él se puede dominar más fácilmente los consumos que es básico para esto.

B I B L I O G R A F I A

- ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
E.T. NEWBROUGH
ED. DIANA

- INGENIERIA DE DISEÑO
P. ORLOV
ED. MIR-MOSCU

- APUNTES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
ING. JOSE PAPTERRA CABALLERO
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

- CONTROL DE MAQUINARIA
PUBLICACIONES TECNICAS DE O.N.U.

- LA ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO
ING. ENRIQUE DOUNCE V.
ED. C.E.C.S.A.

- CURSO DE ADMINISTRACION DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO
IMPARTIDO POR EL CENTRO INDUSTRIAL DE ADIESTRAMIENTO

- ACERO Y ENERGIA
REVISTA TECNOLOGICA - INDUSTRIAL
PUBLICADA POR LA ASOCIACION NACIONAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES
AGRUPACION DE BARCELONA