

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 12 de septiembre de 2005

APUNTES GENERALES

CI - 207

Instructor: Ing. Francisco Macías Ortega
SENADO DE LA REPUBLICA



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 12 de septiembre de 2005

APUNTES GENERALES

CI - 207

Instructor: Ing. Francisco Macías Ortega
SENADO DE LA REPUBLICA
AGOSTO/SEPTIEMBRE DE 2005

MODULO I

PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO

1.1 EL PROCESO ADMINISTRATIVO

Es la administración de técnicas y principios, que las distintas disciplinas aportan, para lograr que los recursos tengan un objetivo; y que sean estos los adecuados para que se obtenga con ellos la máxima eficiencia a través de una coordinación de las cosas y personas que integran una institución.

Como el concepto anterior podrían definirse diferentes conceptos de administración, pero para el tema a desarrollar, la idea se enmarca con más claridad como el fin que se persigue.

Al referirnos a las distintas técnicas y principios, como así mismo de las distintas disciplinas, coordinación de las cosas y personas; es para lograr el mantener el mayor número de equipos en servicio dentro de las mejores condiciones de operación de la misma, o sea lograr un mantenimiento de máxima eficiencia dentro del costo permitido de su uso.

Proceso Administrativo

Planeación
(Decisiones Motivacionales).

a) Programación
b) Innovación

Ejecución
Organización (Implementación)
Dirección

a) Decisión.
b) Integración y Motivación

Control
(Revisión de la ejecución).

Resumiendo lo anterior sería:

PLANEACION.-Decisiones motivacionales (crea el deseo de planear como solución a un problema).

EJECUCION.- Implanta decisiones (Se inicia la formación de un organismo material y social desde la planeación hasta el control para ejecutar).

CONTROL.- Revisión de lo ejecutado (para información y retroalimentación de decisiones).

De la observación del cuadro anterior que enmarca en si las diferentes teorías del Proceso Administrativo siendo que la organización, integración y dirección se le llama únicamente Implementación, así como también le llamaremos Ejecución.

Planeación.- En sí la definición del problema e investigación de las soluciones previas, para lograr un objetivo en base a recursos disponibles para la formulación de un programa.

Estudio de una solución para lograr un cambio innovador.

Ejecución (Implementación). - Los programas preparados constituyen las alternativas sujetas a decisión. No basta con una buena decisión, ya que es necesario que exista la motivación del que adopta el programa y los subalternos; es decir sentir el deseo de actuar. Así como también que se tenga la comunicación plena.

Control- Es la comparación de los resultados de la decisión tomada con la planeación, pero no solo en sus diferencias sino también en sus causas.

1.2 PLANEACION DEL MANTENIMIENTO

Ya definidos el Proceso Administrativo es conveniente referirlos al mantenimiento así como también a sus elementos.

PLANEACIÓN.- Siendo el mantenimiento en sí, una ventaja en la planeación de las reparaciones, ya que dispone de tiempo para efectuarla antes que está sucedan. Los elementos en que se basa la planeación son:

Objetivo.- El mantenimiento preventivo se logra a través de los objetivos que persigue el organismo donde se implanta el mantenimiento; siendo diferentes los objetivos para cada caso en particular y deberán definirse totalmente.

Políticas.- Cada organismo tiene diferentes criterios de acción a seguir que afectan el mantenimiento, por lo que deberán tomarse en cuenta en la fase de planeación.

Alcance.- En este punto se determina a que elementos (inmuebles, instalaciones y equipos) debemos dar mantenimiento, y a que nivel; ya que algunos por su estado no será necesario suministrárselo por ser equipo nuevo o equipo sujeto a reemplazo.

EJECUCIÓN (Implementación). - En este factor de la Administración se determinan las actividades y se implementan los recursos necesarios para llevarlos a cabo y lograr los resultados planeados.

Estructura orgánica.- La estructura orgánica de una Institución es el sistema formal en el que se plasman los niveles jerárquicos y la división funcional de la organización, y define la interrelación de las actividades propias de un grupo de individuos a efecto de lograr el cumplimiento de determinados objetivos

Recursos.- Son los medios con los que se llevará a cabo lo planeado por ejemplo: Los humanos, materiales, económicos y de tiempo. Estos recursos deberán ser dosificados en la medida en que sean necesarios adquirirlos oportunamente ya que sin ellos no se puede llevar a cabo lo planeado.

Métodos y procedimientos.- Las actividades o trabajos a desarrollar para llevar a cabo lo planeado, requiere de un método y procedimiento a seguir para obtener un resultado, en un tiempo determinado y con la calidad requerida

Ciclos, rutas y programas.- Analizando las características del equipo, así como recomendaciones del fabricante y experiencias anteriores se determinan los ciclos de reparaciones.

Las rutas, señalan el camino físico a seguir en los trabajos de reparación.

Los programas indican las fechas de iniciación y terminación de las actividades del mantenimiento

El cumplir con los programas nos indica el éxito o el fracaso de lo planeado.

Tiempo y calidad.- En los métodos y procedimiento se establecen tiempos y calidad de los trabajos y se determinan los rendimientos y resultados deseados.

Asistencia externa.- Los trabajos que no se realizan dentro del ámbito del Institución, por falta de los recursos humanos ó equipo especializado, dependerá de la capacidad técnica y económica de la Institución, para contratar los servicios.

Orden de trabajo.- Este es el punto donde realmente se entra en la fase de la ejecución de lo planeado, y es el elemento principal de la ejecución y el control de todos los trabajos que se realizan en mantenimiento. Particularizando, la realización de los programas se llevan a cabo a través de una orden de trabajo.

La orden de trabajo identifica el trabajo a realizar, controla la mano de obra, materiales, refacciones y funciona como una fuente de información estadística.

Reportes.- En la conclusión de toda ejecución sin éste, las mejoras, ajustes, correcciones y el registro no podrían realizarse y difícilmente se tendrá el control del sistema.

CONTROL.- Proceso cuyo objetivo es la detección de los logros y desviaciones para evaluar la ejecución de programas y acciones, y aplicar las medidas correctivas necesarias.

Información.-Conjunto de datos procesados que se presentan para dar a conocer el comportamiento de hechos y apoyar la toma de decisiones.

Registro.- La recopilación de la información en forma individual forma el registro ó historia para cada máquina o equipo sujeto a mantenimiento.

Costos.- El resultado de un mantenimiento, es medido en sus costos, una vez determinada y fijada su operabilidad que varía para cada Organismo; sin embargo los costos se apegan a los presupuestos y la comparación de esto evalúan un grado de mantenimiento.

Índices.- Deben seleccionarse correctamente ya que proporcionan rápidamente una información comparativa de resultados de mantenimiento. Estos índices son del orden económico y técnico.

Análisis.- Partiendo de la información y de los índices obtenidos, y por medio de un análisis comparativo se determinan los resultados obtenidos.

Conclusiones.- Formados por los elementos señalados anteriormente, los criterios de control se sintetizan en conclusiones que señalan las decisiones de corrección convenientes para la adaptación y optimización de mantenimiento.

1.3 FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

Podría decirse que nace con el hombre, ya que al establecer ciertas reglas de Conservación de su propia vida, y la de su alimento, le permite vivir y tener una mejor forma de vida.

En una reflexión, en las distintas etapas de su existencia a ido mejorando en forma sostenida su Conservación, en el origen y tipo de comida, así como reparando su salud.

En actividades normales de conservación sería: El comer, el aseo personal, de la vivienda y la salud. La Conservación es incluyente a lo que nos rodea: el llamado medio ambiente, bienes inmuebles y sistemas productivos y de servicio.

Dentro de los sistemas productivos y de servicio, son necesarios los inmuebles, instalaciones, mobiliario y equipo que en forma directa intervienen en los servicios.

La conservación y el mantenimiento en cuanto aplicación podemos clasificarlo en:

- A) Mantenimiento al sistema de servicio.
- B) Mantenimiento a los inmuebles
- C) Mantenimiento a las instalaciones

A) Mantenimiento al sistema de servicio.- Corresponde al mobiliario y equipos, que intervienen directamente en el servicio

B) Mantenimiento a los inmuebles.- Son la infraestructura necesaria para proporcionar los servicios.

C) Mantenimiento a las instalaciones.- Corresponde a los sistemas electromecánicos que proporcionan un servicio básico

Dentro del sistema productivo y de servicio los equipos utilizados están diseñados para que en términos normales cumplan su cometido y por consiguiente se obtienen los siguientes términos: Operación intensiva, normales y abajo del diseño.

Operación intensiva.- En este tipo de operación concurren factores de mayor uso, y los componentes de equipo sufren daños en forma prematura por este concepto, y las horas pronosticadas de su uso se ven reducidas (vida útil).

Operación Normal.- Los componentes cumplen el cometido para los que fueron diseñados.

Operación abajo de su diseño.- En esta operación los componentes trabajan satisfactoriamente.

En los tres puntos mencionados está relacionado el precio del equipo - beneficio; en maquinaria o equipo comercial.

Otro de los aspectos que involucran al mantenimiento son las diferentes vida-útil (horas de trabajo pronosticadas), de los componentes de un equipo, así como los desgastes o reposiciones normales ya considerados previamente en el diseño, y en este caso está incluido la reposición de lubricantes. Las fallas que ocurren en la operación del equipo pueden deberse a: Mala operación, falta de calidad en la corrección de fallas, medio ambiente (humedad, temperatura) instalación deficiente.

El concepto mantenimiento consistía en la idea de realizar reparaciones a las propiedades físicas o equipos conforme estas se sucedían, y así mantener el mayor tiempo posible en producción las propiedades o equipos. Los tipos de mantenimiento que se fueron sucediendo, conforme se produjeron las primeras máquinas, tanto en su forma rudimentaria a las máquinas y equipos actuales, en las cuales las técnicas del mantenimiento se han visto, en la necesidad de mantenerse a la par en el desarrollo de los equipos.

Ya que uno de los problemas no es solamente la adquisición de la mejor máquina, así como también de crear la responsabilidad de tenerlas en producción el mayor tiempo posible, mediante un mantenimiento adecuado para dicha máquina, conforme aumenta la vida de la misma y dentro del costo permisible de su uso.

Los tipos de mantenimiento que se fueron sucediendo al avanzar el grado de perfección de los equipos son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total
- Reingeniería del Mantenimiento

Mantenimiento Correctivo.- Es el que consiste en la corrección de las fallas cuando estas se presentaban, ya sea por síntomas claros o por falla total.

Mantenimiento Preventivo.- En la evolución del mantenimiento correctivo al obtenerse una serie de experiencias, tales como una mejor organización o uso; y se logra obtener las primeras causas de fallas, así como también sus ciclos correspondientes o bien conocer sus puntos débiles.

Al lograrse lo anterior, se detectan las fallas en su fase inicial y se corrigen en el momento oportuno siendo ésta ya una planeación del mantenimiento.

El Mantenimiento Predictivo.- Consiste en detectar una falla antes de que esta suceda y para ello se utilizan instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas al elemento en cuestión. De hecho el mecánico experimentado que saca una gota de aceite de la caja de engranes y la palpa entre sus dedos o el que revisa con la mano un cojinete y experimenta en ella el calentamiento, está realizando un mantenimiento predictivo.

Mantenimiento Productivo Total.- Es el concepto renovado del mantenimiento preventivo, aunado a control y registros, mantenimiento del operador y selección del equipo. Acompaña a sistemas de calidad total.

Reingeniería del Mantenimiento.- Es el mantenimiento productivo total con información del estado mecánico y vida útil, costos y programas retro-alimentados del mantenimiento, así como de la información como base para la toma de decisiones

1.4 INVENTARIO TÉCNICO DE INMUEBLES INSTALACIONES Y EQUIPOS

El control de instalaciones y equipos como medio de **INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO**, que permite el conocimiento de su ubicación, producción o servicio de instalaciones y equipos en: sistemas, subsistemas y equipo.

El control de instalaciones y equipos, como medio que permitirá la identificación en la **CODIFICACIÓN** alfa numérico, y de ayuda en producción o servicio, y del conocimiento útil a la **ALTA DIRECCIÓN** en los activos de la empresa

La codificación se tendrá en 8 dígitos .

De la empresa :

1.- De las instalaciones

- a) distintos lugares de la empresa
- b) del lugar, distintas instalaciones
- c) de instalaciones, distintos niveles
- d) del nivel, distintas áreas
- e) del nivel, distintos servicios

2.- De sistemas electromecánico

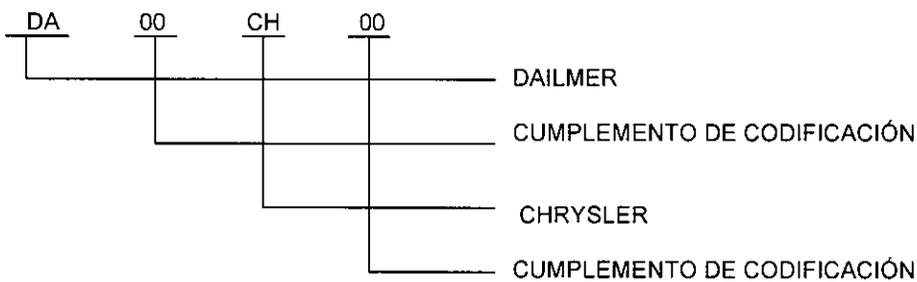
- a) del sistema, a subsistema
- b) del subsistema, a equipos
- c) de equipos, a componentes

3.- Del sistema electromecánico- ubicación´

- a) del subsistema-ubicación
- b) ubicación-sistema

De la empresa : Dailmer Chrysler

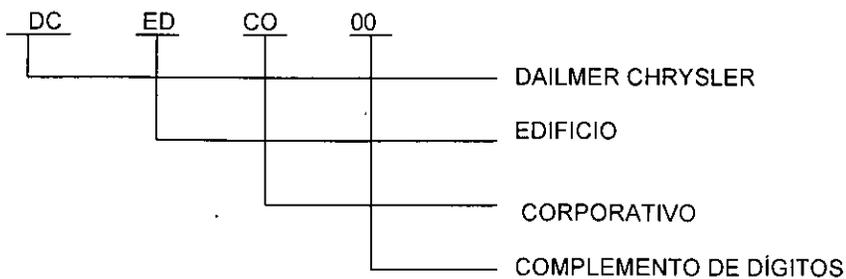
CODIFICACIÓN	NOMBRE
DA-00-CH-00	Dailmer Chrysler

**1.- De instalaciones**

- a) Distintos lugares de la empresa

Codificación DA-00-CH-00 Dailmer Chrysler

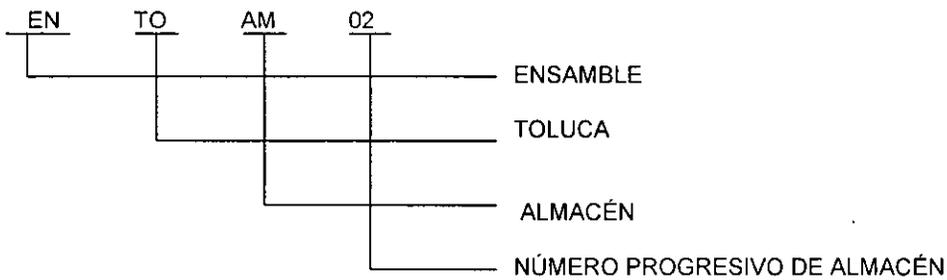
CODIFICACIÓN	NOMBRE
DC-ED-CO-00	Edificio Corporativo
DC-EN-TO-00	Ensamble Toluca



b) De lugar, distintas instalaciones.

Codificación DC- EN- TO- 00 Ensamble

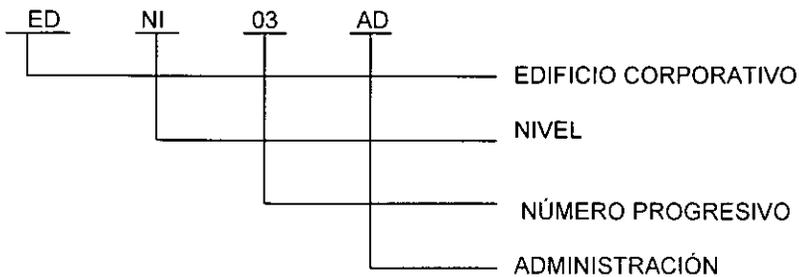
CODIFICACIÓN	NOMBRE
EN-TO-LE-01	Línea de ensamble
EN-TO-AM-02	Almacén



c) De instalación, distintos niveles

Codificación DC-ED-CO-00 Edificio Corporativo

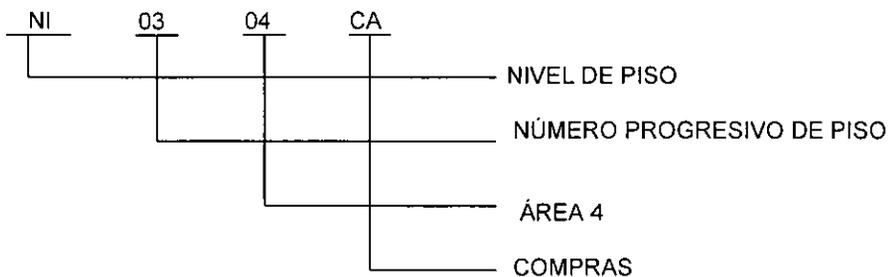
CODIFICACIÓN	NOMBRE	FUNCIÓN
ED-PB-00-RE	Planta Baja	Recepción
ED-NI-03-AD	Nivel tres	Administración



d) Del piso, distintas áreas

Codificación ED-NI-03-00 Administración

CODIFICACIÓN	NOMBRE	FUNCIÓN
NI-03-04-CA	Área 4	Compras
NI-03-02-RH	Área 2	Recursos humanos

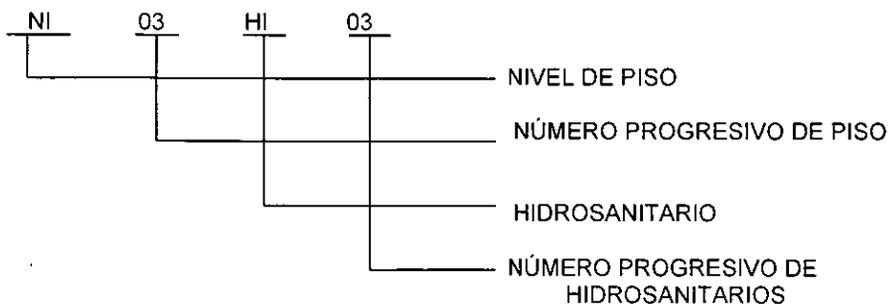


Notación : Las áreas estará identificadas entre puntos cardinales, y se notarán a la izquierda a partir de la entrada elegida de las mismas

e) Del piso, distintos servicio

Codificación ED-NO-03-00 Administración

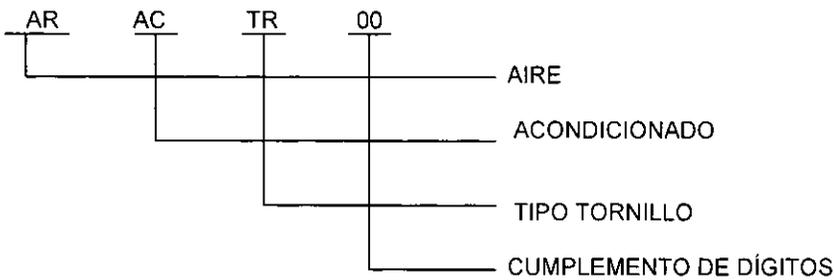
CODIFICACIÓN	NOMBRE	FUNCIÓN
NI-03-HI-03	Hidrosanitario	Servicio
NI-03-SJ-04	Sala Juntas	Servicio
SO-02-CM-01	Planta de Luz	Cuarto de máquina





2.- Del sistema electromecánico,

Código AR-AC-TR-00 Aire acondicionado

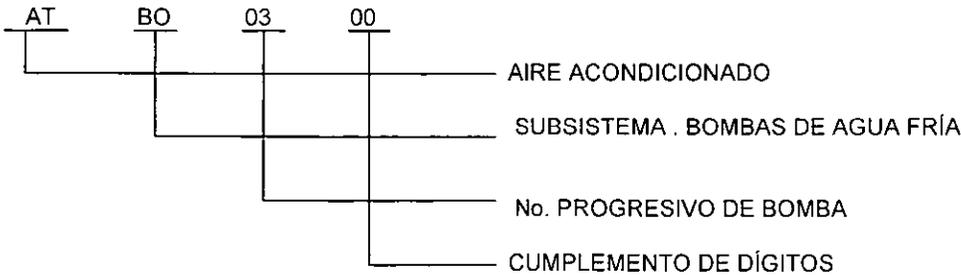


a) Del sistema electromecánico, subsistemas

Código AR-AC-TR-00 Aire acondicionado

CÓDIGO NOMBRE

AT-IC-04-00 Intercambiador de calor
 AT-BO-03-00 Bomba agua fría

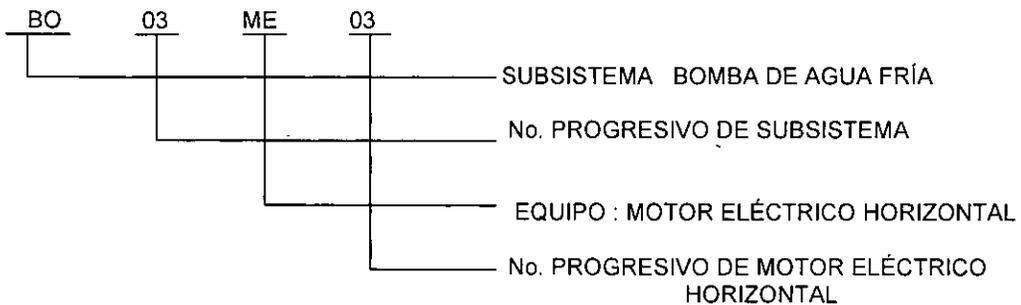


b) Del subsistema, a equipos

Código AT-BO-03-00 Bomba de Agua Fría

CÓDIGO NOMBRE

BO-03-ME-03 Motor eléctrico Horizontal
 BO-03-BO-03 Bomba

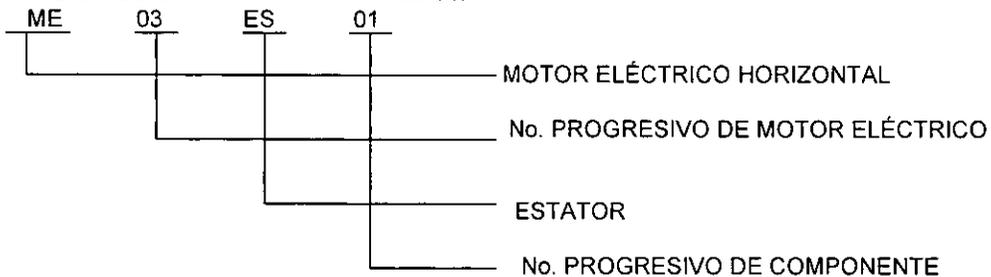


c) De los equipo, a componentes

Codificación BO-03-ME-03 Motor horizontal

CODIFICACIÓN NOMBRE

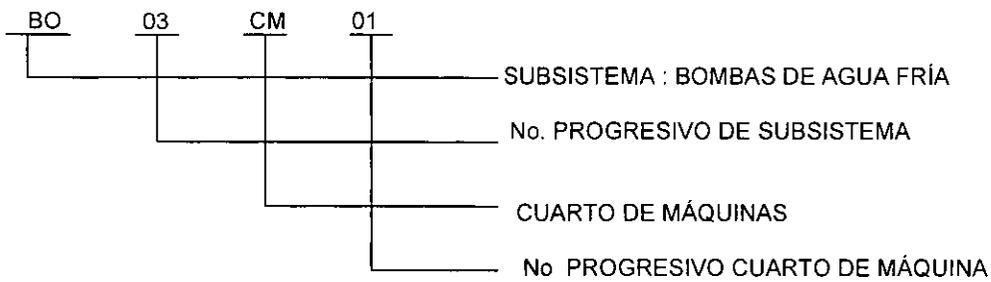
ME-03-RO-01 Rotor
 ME-03-ES-01 Estator



3.- Del sistema electromecánico-ubicación

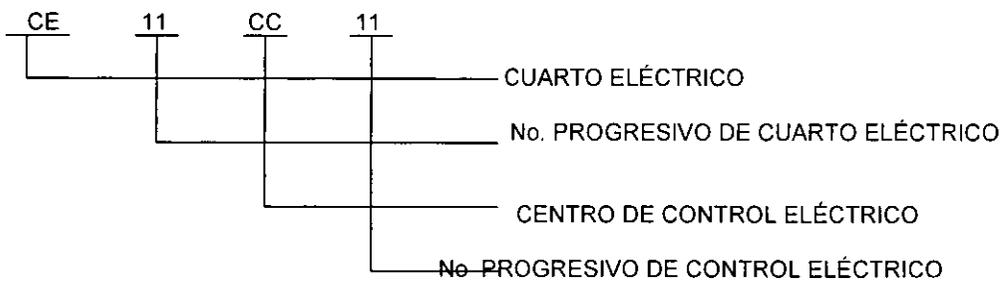
a) Del subsistema-ubicación

CODIFICACIÓN	NOMBRE
BO-03-CM-01	Bomba de agua fría
PL-04-CM-06	Planta de Luz



b) De ubicación-subsistema

CODIFICACIÓN	NOMBRE
CE-11-CC-11	Centro de control eléctrico



CONTROL FÍSICO

El conocimiento de las instalaciones y equipo, es la parte inicial de la información y el control en el concepto Reingeniería del Mantenimiento, en un sistema retro alimentado de la información.

EL CONTROL FÍSICO, permite el control de los activos de la empresa, la identificación de los equipos al realizar las actividades de mantenimiento, así como todo el proceso informativo y de control.

EL CONTROL FÍSICO, como parte sustantiva del mantenimiento, se realiza a:

- Sistema electro mecánico
- Subsistemas
- Equipo
- No. Progresivo del equipo

Equipo: Tipo de equipo.

Subsistemas: El equipo pertenece a un subsistema.

Sistema: El subsistema, está contenido en un sistema.

No. Progresivo.- Corresponde al no. Progresivo del equipo en el sistema

La identificación se realiza en la conjunción de los puntos mencionadas, en una conformación alfa-numérico de 8 dígitos en esta propuesta, el resultado de lo anterior es llamado **NÚMERO ECONÓMICO**.

De las instalaciones sujetas a actividades de mantenimiento serían:

- Ubicación
- Servicio que presta
- No. Progresivo

Ubicación.- Identifica el área de resguardo, de servicio o punto de control

Servicio.- Identifica el servicio

No. Progresivo.- No. Progresivo del servicio

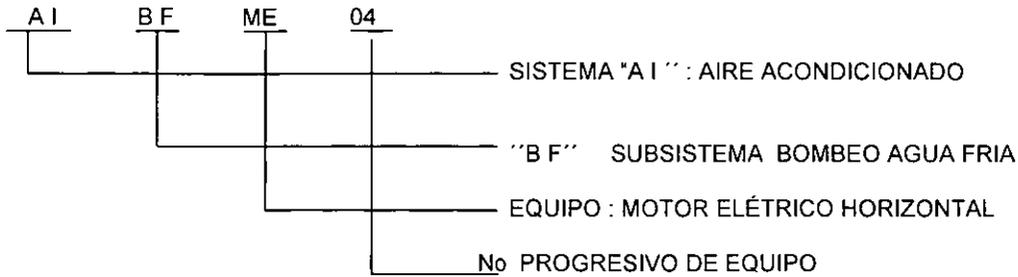
Para un sistema electro mecánico

Sistema: Aire acondicionado

Subsistema: bombeo agua fría

Equipo: motor eléctrico horizontal

No. ECONÓMICO : A I-B F-ME-04



De las instalaciones que presentan un servicio identifican, el resguardo de equipo y punto de control.

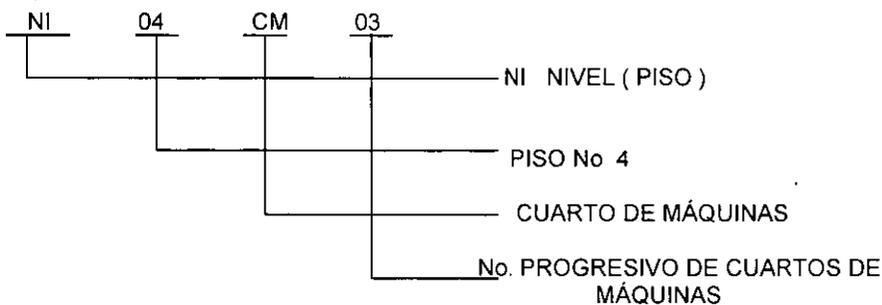
Para instalaciones.

Ubicación : Nivel 4

Servicio : Cuarto de Máquinas

No. Progresivo : 03

Codificación: NI-04-CM-03



EL CONTROL FÍSICO identificado en el llamado **NÚMERO ECONÓMICO** en los sistemas electro mecánicos, y por **CODIFICACIÓN** en las instalaciones.

PARA REALIZAR el **CONTROL FÍSICO** se identificará los **SERVICIOS DE CONFORT** que se presentan en las instalaciones, y en forma subsecuente el **SISTEMA ELECTROMECAÁNICO** que proporciona dichos servicios. El sistema electromecánico se desglosará en **SUBSISTEMAS**, y cada subsistema en los **EQUIPOS** que lo componen. El resguardo y el punto de Control identificado, listaremos los equipos que contienen, identificándolos con el No. Económico y la parte del punto de control.

1.5 VIDA CONTABLE, VIDA ECONÓMICA, VIDA ÚTIL Y NIVEL DE MANTENIMIENTO

El uso de los equipos en el concepto costo-beneficio obtiene las máximas utilidades en sus primeras horas, meses o años de operación, ya que los gastos por reparaciones, al no existir en un grado mayor se obtienen menos paros por este concepto y por consiguiente mayor productividad.

El beneficio de obtener la máxima utilidad es aplicable los principios de "Reingeniería en Mantenimiento" y el Mantenimiento Productivo Total es incluyente. Siendo parte importante los programas de lubricación y servicios que permiten programar los conceptos de "vida".

En la adquisición de un equipo se contemplan de vida contable, vida económica y vida útil; y corresponden a tiempos en horas - meses - años de utilización del equipo, en donde se consideran estos lapsos como los tiempos necesarios de recuperación del costo, tienen una referencia al estado mecánico y al tiempo de avance de utilización. Las políticas de recuperación del costo de inversión en equipo corresponden a la alta dirección, ya que en las mismas se ven involucradas las utilidades globales de la empresa, y siempre en recomendación con el área de mantenimiento en que no rebase el estado mecánico del equipo.

La decisión de la alta dirección a los tiempos (horas, meses - años) de recuperación del costo de adquisición del equipo productivo se conceptúa básicamente en reposición del equipo en forma de vida contable, vida económica y vida útil.

VIDA CONTABLE

Es el tiempo de recuperación de la inversión en la compra del equipo en forma inmediata al pago del mismo. Pudiéndose también prorratarlo a un mayor tiempo pero siempre tiene por característica que el equipo tiene un buen estado mecánico. Es usual en equipo de menor cuantía en costo, tomarlo contablemente como un gasto, de ahí su nombre.

VIDA ECONÓMICA

Es un concepto de Ingeniería que en un lapso de tiempo se obtienen las máximas utilidades al operar el equipo antes de realizar reparaciones mayores al equipo en cuestión.

La vida económica es el punto de equilibrio entre la reserva de mantenimiento y el gasto de operación - mantenimiento; el primero como un ingreso y el segundo como un gasto, durante la operación de equipo.

El concepto vida económica permite la toma de decisiones de la venta del equipo, antes de la realización de reparaciones mayores y obtener el ingreso por reserva de mantenimiento, depreciación a la fecha y el valor comercial para la reposición del mismo.

VIDA ÚTIL

Como en el caso anterior es un concepto de Ingeniería ya que es el diagnóstico en tiempo (horas-meses) en donde es recuperable el valor de la adquisición, mediante el concepto "depreciación". En este periodo fue aplicado un mantenimiento benéfico al estado mecánico del equipo, así como distintos grados de reparaciones mayores, sin embargo los tiempos disminuidos de operación y el desgaste generalizado del equipo

dan su cercanía del término de su vida útil, en donde la característica principal es aumento de los costos de mantenimiento y la disminución de los tiempos de operación. Los pronósticos de tiempo de vida económica y vida útil serán comparativos al estado mecánico y nivel de mantenimiento, así como el avance real de los ingresos por depreciación los gastos de mantenimiento y la relación reserva de mantenimiento - reparaciones mayores.

La vida económica y la vida útil en términos generales es menor en equipo para la construcción y el transporte que en las plantas industriales o de servicio en que sus equipos sean en instalaciones fijas y cuidados del exterior, pues éstas se deprecian a mayor tiempo, ya que tienen mayor durabilidad.

Para determinar una vida económica y vida útil; y como alternativa real es el registro estadístico (mantenimiento productivo total) de los gastos de mantenimiento y operación - reserva de mantenimiento en su igualdad, identificando las horas operación trabajadas a la fecha, para vida económica.

En vida útil y en base al registro estadístico para los gastos. Mantenimiento total y operación - depreciación en su igualdad identificamos las horas de operación trabajadas a la fecha.

PRONOSTICO DE LA VIDA ECONOMICA

Para determinar la vida económica de un equipo, siendo condición con equipo nuevo al inicio de la operación y concluirá antes de realizar reparaciones mayores aplicando mantenimiento.

Las reservas de mantenimiento son ingresos acumulativos para la realización de reparaciones mayores. Para determinarlo corresponde a un % de valor de la adquisición, prorrateados a un lapso de tiempo anual, en ingresos promedio, una igualdad en costo de la suma de la operación y mantenimiento para cada año, que corresponde a cada ingreso por reserva de mantenimiento.

Ejemplo: Para un ingreso total por reserva de mantenimiento (ingreso total) = 2'000,000.00 y un pronóstico de gastos por operación y mantenimiento anuales.

PARA AÑOS	NO. DE	RESERVA MANTENIMIENTO	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
	1	2'000,000.00	80,000.00
	2	1'000,000.00	80,000.00
	3	666,666.66	80,000.00
	4	500,000.00	120,000.00
	5	400,000.00	150,000.00
	6	333,333.33	200,000.00
	7(*)	285,714.28	250,000.00

(*) vida económica

Lo anterior indica que corresponde a ingresos por reservas de mantenimiento de \$285,714.00 para cada año durante 7 años que es la vida económica pronosticable

PRONOSTICO DE VIDA ÚTIL

El cálculo del tiempo pronosticable de vida útil que corresponde a los ingresos por depreciación necesario para la reposición del equipo con la aplicación de mantenimiento y reparaciones mayores, en una igualdad depreciación - mantenimiento total y reparaciones mayores más operación.

La cantidad para la reposición del equipo es el precio actual y un % adicional de sobre-precio y el costo pronosticable para cada año de la suma.

Mantenimiento total y de operación. El calculo será el mismo para vida económica anteriormente descrita, incluyendo un % de la depreciación para mantenimiento y reparaciones mayores.

Ejemplo: Precio del equipo: \$6'000,000.00
% sobre-precio 30% = \$780,000.00

PARA AÑOS	NUMERO DE DEPRECIACIÓN	COSTO MANT TOTAL Y OPERACION
1	7'800,000.00	300,000.00
2	3'900,000.00	300,000.00
3	2'600,000.00	300,000.00
4	1'950,000.00	480,000.00
5	1'560,000.00	600,000.00
6	1'300,000.00	660,000.00
7	1'114,285.70	700,000.00
8	975,000.00	760,000.00
9	866,666.00	840,000.00

La vida útil corresponde a 9 años con un ingreso por depreciación de \$866,666.66 para cada año.

Para determinar la vida útil y económica se considera un % de inflación a los ingresos y a los gastos.

ESTADO MECANICO - VIDA ÚTIL- NIVEL DE MANTENIMIENTO

La relación de la vida útil - estado mecánico del equipo, y por consiguiente Nivel de Mantenimiento a aplicar tanto en lo individual como a un conjunto de equipos. Los tres conceptos enumerados corresponden a unidades medibles de las condiciones que guarda el equipo en el momento y para ese momento.

El nivel de mantenimiento corresponde al mantenimiento a aplicar para que el equipo garantice su operación productiva.

En el equipo, se tiene el antecedente de los componentes principales al hacer el estudio de inspección y deberán ser los mismos que conforman el formato.

Para evaluar el nivel de mantenimiento necesario a aplicar se determina la vida útil para cada componente, y se dan puntajes diferenciados de acuerdo a la vida útil de los mismos, en un total de 100 puntos considerando 100 puntos para cada equipo nuevo.

Lo anterior requiere del conocimiento de dicho equipo en sus puntos constitutivos, las recomendaciones del fabricante, condiciones de operación y un análisis de Ingeniería Básica.

Al realizar el estudio vida útil- nivel de mantenimiento para cada equipo y realizar un comparativo de su estado actual mediante la inspección que nos da un estado mecánico por componentes.

Al realizar la inspección por componentes del equipo obtenemos un porcentaje estimado del estado mecánico de 0% al 100% (buenas condiciones) para dicho componente.

Para determinar la vida útil por equipo, en función del porcentaje del estado mecánico por componente, la obtenemos al multiplicarlo por la vida útil del mismo, estimado estando nuevo. Los puntos obtenidos es la vida útil del componente.

Ejemplo: Para un equipo transportador, que cuenta con fuente de energía, transmisión de movimiento y control.

COMPONENTE	VIDA ÚTIL NUEVA	INSPECCION EDO. MECANICO	VIDA UTIL ACTUAL
MOTOR DIESEL	30	70%	21
TRANSMISION	20	75%	15
TRANSPORTADOR	10	100%	10
FLECHA HORIZONTAL	10	100%	10
SISTEMA DE FRENADO	5	100%	5
SISTEMA HIDRAULICO	25	80%	25
	100 PUNTOS		81 PUNTOS

Al multiplicar el % del estado mecánico (resultado de la inspección) por el puntaje de vida útil (equipo nuevo) obtenemos la vida útil para equipo usado.

La suma de los puntos obtenidos nos da la vida útil del equipo usado, la diferencia a los 100 puntos será el nivel de mantenimiento a aplicar en este caso 19 puntos o el 19%. Recomendaciones para las Unidades de Atención Médicas:

- 100 PUNTOS EQUIPO NUEVO
- 95 PUNTOS EQUIPO REPARADO
- 90 PUNTOS EQUIPO EN BUENAS CONDICIONES
- 85 PUNTOS EQUIPO EN CONDICIONES REGULARES
- 80 PUNTOS EQUIPO PARA REPARACION DE-----
- 75 PUNTOS EQUIPO RECONSTRUCCION DE-----
- 70 PUNTOS EQUIPO PARA SUSTITUCION

Recomendando analizar 80 y 75 puntos con reparaciones ejecutadas (bitácora) o de reemplazo por mejora tecnológica.

El nivel del mantenimiento en un conjunto de equipos operables para un fin productivo, se aplicará un promedio de todo el conjunto; esto es aplicable aún sean equipos que operen en forma individual.

En lo descrito en párrafos anteriores podemos resumirlo así:

- Determinar el estado mecánico por componentes(Inspección de Estado Mecánico)
- Definir Vida Útil por componente para equipo nuevo.
- Establecer el cuadro de cálculo para de terminar la Vida Útil del equipo en cuestión.
- Analizar la Vida Útil obtenida a las recomendaciones descritas

Toma de decisión del equipo a sustituir y el precio en el mercado del equipo para formular el presupuesto.

1.6 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS

Para establecer el Estado de Conservación de las Instalaciones y Equipos Electromecánicos, definidos como equipos, es requerida la información del Estado Mecánico, siendo estas las condiciones mecánicas, eléctricas, electrónicas o de proceso en que se encuentran dichos equipos que prestan un servicio

Al inicio ó donde se pretende iniciar un nuevo concepto de mantenimiento, es necesario el conocimiento de las Condiciones Electromecánicas en que se encuentran los Equipos, mediante el Estado Mecánico y Vida Útil, en sus Componentes o Sistemas, recurriendo a los siguientes medios de información.

ESTADO MECÁNICO

- 1.- Inspección mecánica (Inspecciones físicas de los mecanismos de la máquina)
- 2.- Datos estadísticos (Información de reparaciones ejecutadas, Bitácora)
- 3.- Recursos Técnicos a).- Manuales de mantenimiento y operación.
b).- Análisis de ingeniería)

Inspección Mecánica IR.- Inspección rutinaria
IE.- Inspección específica

El utilizar el tipo de inspección rutinaria en los equipos será porque se requiere de menor tiempo y recursos para su ejecución, y se creará la inspección específica como consecuencia de la primera, en donde serán mayores los recursos y el tiempo disponible.

En los puntos 1, 2 y 3 se recurre para obtener la información, en lo referido a:

- 1.- Corresponde a la inspección a realizar por el técnico responsable, en los Componentes del equipo, dar una calificación en porcentaje de su confiabilidad operativa
- 2.- En la información obtenible, en caso de existir, de la Bitácora en lo concerniente a las reparaciones ejecutadas y los servicios proporcionados de mantenimiento
- 3.- Recursos Técnicos, se hará uso de los manuales de mantenimiento y operación para el conocimiento de los componentes o mecanismos con los que opera el equipo, y mediante un análisis de ingeniería se determinan los puntos que se requieren inspección, y a que grado, pudiéndose dar caso de la omisión o de agregar otro, por así considerarlo.

SECUENCIA DE LA INFORMACION

- A.- Del punto 3, determinaremos los componentes del equipo para evaluar su ESTADO MECANICO y enlistarlos para el formato
- B.- Del punto 2, formular listados de Reparaciones y Servicios Ejecutadas en función los Componentes determinados
- C.- Del punto 1, enlistar los componentes del equipo en el formato para valorizar el Estado Mecánico.
El formato sería:

Observaciones.- Las observaciones necesarias de hacer de las condiciones mecánicas corresponden normalmente, Reparación de---, reconstrucción de----

Con la clave correspondiente se identifica componente o sistema en donde se ampliará la información del estado mecánico o el motivo de realizar una inspección específica.

INFORMACION COMPLEMENTARIA REQUERIDA

- 1) Cantidad de horas, turnos/día y años trabajados a la fecha.-Permitirá una evaluación de su Vida Útil y de su Estado Mecánico mediante un análisis de ingeniería
- 2) Condiciones de operación.- Corresponde a las labores específicas que realiza el equipo ,y que permitirá establecer el comparativo para el que fue diseñado en : abajo de su diseño(trabajo ligero), normales (en su diseño) y intensivas(arriba de su diseño)

DETERMINACION DEL ESTADO MECANICO

- 3) Analizar la información obtenida de la Inspección del Estado Mecánico
- 4) Analizar la información obtenida de las reparaciones ejecutadas de Bitácora por componentes ó sistemas
- 5) Comparar la información del punto 3 y 4, en Estado Mecánico de porcentaje alto, reparación ejecutada reciente, evaluando pronóstico de vida
- 6) Los puntos 1 y 2, en la conjunción de ambos, las condiciones de trabajo del equipo determinan un Estado Mecánico y Vida Útil de mayor ó menor desgaste de sus componentes
- 7) Determinación del Estado Mecánico, formulación de Tabla QUE INCLUYA TODOS LOS EQUIPOS ELECTROMECHANICOS

1.7 PLAN ANUALY PRESUPUESTO DEL MANTENIMIENTO

El Plan Anual de Mantenimiento es la base para garantizar la operación confiable de los equipos e instalaciones, previendo con anticipación las fallas dentro de costo-beneficio del mantenimiento.

En la Planeación, se determina las actividades de información de los equipos e instalaciones sujetas a mantenimiento, así como los programas y recursos necesarios para realizar los trabajos, y el control de los mismos, bajo el concepto de mejora continua.

Las previsiones necesarias en planeación, permiten formular programas con alto valor de confiabilidad, eficiencias y calidad.

La programación implica el inicio y término de una actividad, con fechas determinadas y cantidad de recursos aprobados.

Objetivo de la planeación

Crear una estructura funcional en información, programas, recursos, procedimientos y resultados, basados en una retro-alimentación de los programas y de la información.

- Establecer los conceptos de mantenimiento
- Control físico de los activos
- Integración de recursos
- Utilización óptima de la obra de mano
- Formulación de programas
- Establecer funciones y organización
- Control establecido
- Toma de decisiones del mantenimiento, operación alta dirección

Para lograr los objetivos, se requieren de principios y procedimientos en sus distintos conceptos

- Recabar información técnica de los equipos e instalaciones
- Formular programas de mantenimiento acordes a las necesidades del usuario
- Equilibrio de la aplicación de los recursos
- Obtención del mejor costo-beneficio de mantenimiento
- Orden de trabajo y sus variantes
- Controlar la información técnica y de costo del mantenimiento
- Determinar funciones y organización del mantenimiento
- Evaluación del mantenimiento

El cumplimiento de los puntos anteriores, permiten un mantenimiento eficiente y de alta calidad con la toma de decisiones oportunas.

La reducción de las fallas de los equipos e instalaciones debido a los programas de mantenimiento, permiten reducción del costo en un relación costo-benéfico.

El plan básico o anual del mantenimiento, conforman las actividades del mantenimiento a realizar en los equipos e instalaciones, y ciclos de realización. Mediante programas específicos como una primera definición del mantenimiento.

Al integrar conceptos de operación de los equipos, carga regular de trabajo y recursos disponibles, obtendremos programas de asignación de tareas en donde tenemos el nombre del técnico ejecutor del programa.

Al formular el Plan Básico de Mantenimiento, las actividades están definidas en cada programa, en un sistema retro-alimentado de la información para la toma de decisiones de mantenimiento y la alta dirección.

El presupuesto es parte de la toma de decisiones en la relación costo-beneficio del mantenimiento.

Determinadas las actividades del mantenimiento para cada equipo, subsistema y sistema electro-mecánico o de proceso; y para cada programa definido en el concepto Reingeniería del Mantenimiento.

Las actividades del mantenimiento determinarán los recursos necesarios para su ejecución, y la estructura organizacional que lo hará funcionar.

LOS PROGRAMAS ANUALES DE MANTENIMIENTO.

LOS PROGRAMAS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO a un año programable, requieren de información para el conocimiento de las actividades por realizar y de su costo..

Los PROGRAMAS contendrán un listado de actividades de mantenimiento correspondiente al SISTEMA ELECTROMECAÁNICO indicado, así como las fechas de ejecución o fechas de iniciación y terminación acordes a los ciclos o periodos de cada actividad. Cada actividad será desglosada en SUBSISTEMA Y EQUIPO para su identificación.

PRESUPUESTO.- Corresponde al documento determinado en forma nominativa en disposiciones económicas para obtener los recursos necesarios, para la ejecución de las actividades de mantenimiento, desglosado en COSTOS DEL PROGRAMA, Y SUELDOS Y SALARIOS.

PRONOSTICOS DEL PROGRAMA.- Corresponden a un listado de ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO con sus CICLOS O PERIODOS DE EJECUCION, que fueron determinados por los conceptos de REINGIENERIA DEL MANTENIMIENTO y con sus consecuentes FUENTES DE INFORMACIÓN. Al principio de un proyecto, se genera la CARTA DE MANTENIMIENTO del programa correspondiente, y como punto de interacción y MEJORA DEL MANTENIMIENTO, cuando se formula un Plan Básico de Mantenimiento en la continuidad del Mantenimiento.

PROGRAMA DE UTILIZACIÓN.- Corresponde a los tiempos de operación de los equipos electromecánicos, proporcionados por operación, bajo los conceptos: operación y disponibilidad para mantenimiento en un concepto amplio.

Para la formulación de los PROGRAMAS del PLAN BASICO DE MANTENIMIENTO se consideran los tiempos de operación con los tiempos de ejecución del mantenimiento.

LA FUENTE DE INFORMACIÓN de los conceptos de REINGENIERÍA del MANTENIMIENTO se analizaran por PROGRAMA de MANTENIMIENTO.

LA FORMULACION DEL PLAN BASICO DE MANTENIMIENTO en los distintos PROGRAMAS se determinan por SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS y:

- Subsistema y equipo
- Actividad de mantenimiento a realizar
- Fecha de ejecución, o de inicio y terminación
- Recursos necesarios para su ejecución

PROGRAMA DE INSPECCION

El Programa de Inspección contempla lo siguiente:

- De los PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO
- De la DETECCIÓN DE FALLAS
- Del ESTADO MECANICO.

El Programa de Inspección en sus ciclos o periodos de INSPECCION así como las actividades a desarrollar en este concepto es EVALUATORIO y parte fundamental del mantenimiento.

Para formular PROGRAMAS de INSPECCION es característica determinarlas por un ESTUDIO de INGENIERIA BASICA.

PRESUPUESTO POR MANTENIMIENTO

El Presupuesto por Mantenimiento se determina a partir de las actividades del mantenimiento en los distintos programas determinados por la Reingeniería del Mantenimiento. Cada actividad del mantenimiento requiere de recursos que en lo general serian:

- Organización
- Refacciones, materiales y servicios
- Lubricantes y grasas
- Consumos
- Equipos y herramientas
- Combustibles
- Energía

Organización.- Es la parte ejecutable del mantenimiento en forma directa e indirecta: de obra de mano (técnico especialista), y la parte directriz respectivamente

Refacciones, materiales y servicios.- Son los requerimientos para la realización de las actividades del mantenimiento en el contexto de la garantía de operación del equipo, subsistemas y sistemas.

Lubricantes y grasas.- En los distintos mecanismos de algunos equipos es la parte importante en mantenimiento.

Consumo.- Corresponde a la parte periférica de recursos que requiere el mantenimiento en sus distintas modalidades, como estopas, líquidos limpiadores, aditivos, etc.

Equipos y herramientas.- Son equipos necesarios para efectuar el mantenimiento, así como las herramientas requeridas para realizarlo.

Combustibles y energía.- No corresponde a costos de mantenimiento, pero sí a la operación de los equipos subsistemas y sistemas.

El presupuesto por Mantenimiento permite la información y la evaluación del mantenimiento entre los presupuestado y lo gastado en los :

- Programas de Mantenimiento Preventivo
- Programas de Reparaciones Menores
- Programa de Reparaciones Mayores

En cada programa se identifica los recursos necesarios enlistados en:

- Refacciones, materiales y servicios
- Lubricantes
- Consumos
- Equipos y herramientas
- Sueldos y salarios

La suma de los recursos necesarios para cada programa nos da el Presupuesto por Mantenimiento.

La suma de cada recurso en los distintos programas obtenemos el Presupuesto Contable.

PRESUPUESTO CONTABLE

La información requerida para la formulación del presupuesto sería:

- Del presupuesto del año inmediato anterior
- De registros de compras y almacén
- De cotizaciones específicas

- De información de bitácora
- De sueldos y salarios.
- Porcentaje de ventas o producción.

El presupuesto es el documento de referencia de actuación de la empresa en el renglón de mantenimiento. En la primera fase se realizará entre lo presupuestado, lo gastado y lo disponible. La información por un periodo de tiempo (un mes regularmente), y lo gastado para el mismo tiempo; así como lo presupuestado a la fecha, y lo gastado a la fecha.

La información proporcionada por presupuesto partirá del gran total de mantenimiento, desglosado en recursos identificados como:

- Refacciones y reparaciones
- Combustible y lubricantes
- Energía
- Equipos y herramientas
- Salarios y bonificaciones

En cuestión contable, por concepto erogado.

Para la formulación del presupuesto en donde se identifica primeramente por la actividad del presupuesto por mantenimiento y por los recursos necesarios para realizarla, el orden común sería:

- Por equipo
- Por subsistema
- Por sistema

Entendido la sumatoria de los equipos para un subsistema identificado, y la sumatoria de los subsistemas para el sistema electro-mecánico.

Los recursos identificados en el presupuesto, y que corresponden a la información proporcionada es recomendable obtenerla por sistemas (aire acondicionado, sistema eléctrico u otro) deseable para darle seguimiento en la toma de decisiones por especialidad. En la sumatoria por sistemas electromecánico para la evaluación del mantenimiento en el total.

La diferencia entre el gasto programado y el gasto erogado es solamente un parámetro del costo-beneficio del mantenimiento, y deberá valorarse como una desviación sujeta a un criterio de evaluación del mantenimiento.

El presupuesto Contable está referido regularmente a incrementar lo gastos del año inmediato anterior en dos conceptos: el incremento de precios y considerar un mayor número de reparaciones por realizar, dada la menor vida útil de equipo.

Los incrementos de los gastos y el número de reparaciones se asignan en los cargos que identifican los recursos necesarios del mantenimiento.

El Presupuesto Contable también se determina en la parte sustantiva del mantenimiento, y que corresponde a cada actividad del mantenimiento que requiere recursos identificados en los:

- Programas de Mantenimiento Preventivo
- Programa de Reparaciones Menores
- Programa de Reparaciones Mayores

En cada programa se identifican los recursos necesarios enlistados en :

- Refacciones, materiales y servicios
- Lubricante y combustibles
- Consumos
- Equipos y herramientas
- Sueldos y salarios
- Energía

Las suma de cada concepto de cargo (recursos necesarios) de cada programa de mantenimiento, se obtienen el Presupuesto Contable total. Lo anterior permite la información presupuestal total del mantenimiento del sistema electromecánico en cuestión.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 12 de septiembre de 2005

ANEXOS

CI - 207

Instructor: Ing. Raúl H. Moncada Fuentes
SENADO DE LA REPUBLICA



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 12 de septiembre de 2005

ANEXOS

CI - 207

Instructor: Ing. Raúl H. Moncada Fuentes
SENADO DE LA REPUBLICA
AGOSTO/SEPTIEMBRE DE 2005

MÓDULO II

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.1 Objetivo del mantenimiento

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos.

Las inconsistencias en la operación de los equipos dan como consecuencia una variabilidad excesiva en los resultados. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

El objetivo del mantenimiento es desarrollar las acciones preventivas, predictivas y correctivas necesarias para mantener y conservar los equipos operando en condiciones normales de funcionamiento.

2.2 Organización, funciones y estructura del mantenimiento

Organización del mantenimiento

Dependiendo de la carga de mantenimiento, el tamaño de la empresa o institución, las destrezas y habilidades de los trabajadores, etc., el mantenimiento se puede organizar por departamentos, por área o en forma centralizada. Cada tipo de organización tiene sus pros y sus contras. En las organizaciones grandes, la descentralización de la función de mantenimiento puede producir un tiempo de respuesta más rápido y lograr que los trabajadores se familiaricen más con los problemas de una sección particular de la planta. Sin embargo, la creación de un número de pequeñas unidades tiende a reducir la flexibilidad del sistema de mantenimiento como un todo. La gama de habilidades disponibles se reduce y la utilización de la mano de obra es generalmente menor que en una unidad de mantenimiento centralizada. En algunos casos, puede implantarse una solución de compromiso, denominada *sistema en cascada*. Este sistema permite que las unidades de mantenimiento de diversas áreas se enlacen con la unidad de mantenimiento central.

Actividades de organización

La organización de un sistema de mantenimiento incluye:

- Diseño del trabajo
- Estándares de tiempo
- Administración de proyectos

Actividades de control

El control es una parte esencial de la administración. El control, tal como se aplica a un sistema de mantenimiento, incluye:

- Control de trabajos
- Control de inventarios
- Control de costos
- Control de calidad

Las funciones de mantenimiento

La administración de mantenimiento es la administración de todos los activos que posee una empresa o una institución, basada en la maximización del rendimiento sobre inversión en activos.

Esta definición incluye las siguientes funciones, de manera enunciativa y no limitativa:

- Mantenimiento preventivo (MP)
- Inventario y adquisición
- Sistemas de órdenes de trabajo
- Sistemas Computarizados de Administración de Mantenimiento (SCAM)
- Capacitación técnica e interpersonal
- Participación operacional
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)
- Mantenimiento productivo total (MPT)
- Optimización financiera estadística
- Mejoramiento continuo

1.- Mantenimiento preventivo (MP)

El programa de mantenimiento preventivo (MP) es la clave para cualquier proceso exitoso de administración de activos, ya que reduce la cantidad de mantenimiento correctivo hasta un nivel suficientemente bajo.

2.- Inventario y adquisición

Con el fin de tener suficientes refacciones, sin que sean demasiadas, los programas de inventario y adquisición deben centrarse en proveer las partes correctas en el tiempo justo para el mantenimiento y la reparación de los activos.

3.- Sistemas de órdenes de trabajo

La iniciativa de órdenes de trabajo en administración de activos incluye la documentación y el rastreo del trabajo de mantenimiento realizado. Se utiliza un sistema de órdenes de trabajo para iniciar, rastrear, y registrar todas las actividades de mantenimiento e ingeniería.

4.- Sistemas computarizados de administración de mantenimiento (SCAM)

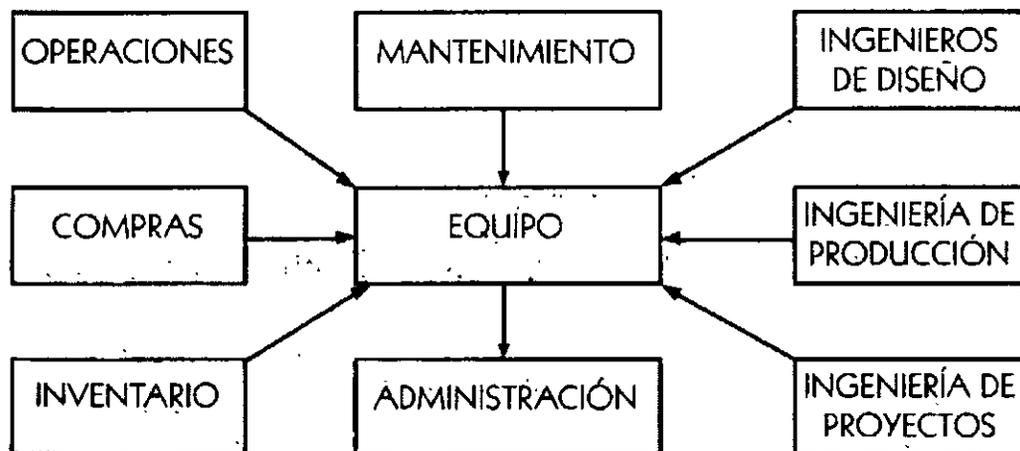
La cantidad de información que se acumula de las funciones de mantenimiento, hace necesaria la utilización de sistemas de cómputo para controlar el flujo de información, ya que así se facilita su recolección, procesamiento.

5.- Capacitación técnica e interpersonal

La función de capacitación en mantenimiento asegura que los técnicos que trabajan con un equipo tengan las destrezas requeridas para entender su funcionamiento y proporcionarle el mantenimiento adecuado.

6. –Participación operacional

La participación operacional requiere que los departamentos de operaciones, de producción o de servicios tomen posesión de sus equipos hasta el punto que estén dispuestos a respaldar los esfuerzos del departamento de mantenimiento e ingeniería.



Algunas actividades de participación son:

- Inspeccionar el equipo antes de ponerlo en marcha
- Realizar solicitudes de mantenimiento
- Registrar la información de averías o fallas del equipo
- Realizar servicio de mantenimiento básico al equipo (por ejemplo, lubricación o limpieza)
- Realizar ajustes de rutina del equipo
- Realizar actividades de mantenimiento (respaldadas por el departamento de mantenimiento)

7.- Mantenimiento predictivo (MPred)

Una vez que la participación operacional ha liberado los recursos de mantenimiento e ingeniería, éstos deben enfocarse en tecnologías predictivas que se aplican a los activos.

8.- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

Cuando ya se ha registrado la información, las técnicas de MCC se aplican a los esfuerzos preventivos y predictivos para optimizar los programas. Si un activo en particular es, digamos, sensible al medio ambiente o está relacionado con la seguridad o es extremadamente importante para la operación, entonces se escoge y se utiliza las técnicas apropiadas de MP/MPred.

Si un activo va a restringir o a impactar la capacidad operacional de la empresa o la institución, entonces se aplica otro nivel de actividades MP/MPred teniendo un costo tope en mente.

Si por descuido se dejó que un activo fallara y fuera costoso reemplazarlo o reconstruirlo, debe entonces especificarse otro nivel de actividades de MP/MPred. Siempre existe la posibilidad de que sea más económico dejar que algunos activos funcionen hasta que fallen. Esta acción se considera en el MCC.

Las herramientas del MCC requieren que la información sea efectiva. Por esta razón el proceso de MCC se utiliza después de que la organización haya logrado un nivel de madurez que asegure una información exacta y completa de los activos.

9.- Mantenimiento productivo total (MPT)

El MPT es una filosofía operacional en la que cada persona de la compañía entiende, de alguna forma, que su desempeño en el trabajo incide en el desempeño de los activos.

La filosofía del MPT se centra en los roles y responsabilidades de todas las partes de la compañía para optimizar la inversión en los activos.

El MPT es similar a la Administración de Calidad Total. El único cambio es que en lugar de que las compañías se centren en sus productos, el centro está en sus activos.

10.- Optimización financiera estadística

La optimización financiera estadística es una técnica estadística que combina toda la información relevante acerca de un activo, tal como: costo del tiempo de inactividad, costo de mantenimiento, costo de pérdida de eficiencia y costo de calidad. Esta técnica equilibra financieramente las decisiones basadas en el costo total más bajo, no en el costo necesario, para un departamento o un área individual. Estas decisiones incluyen:

- Cuándo retirar el activo para mantenimiento
- Reparar o reemplazar un activo
- Cuántas refacciones se necesita
- Los niveles máximo-mínimo de las refacciones comunes

11.- Mejoramiento continuo

El mejoramiento continuo en el cuidado de activos implica un programa constante de evaluación que siempre busca las pequeñas cosas que pueden hacer a una compañía más competitiva.

Una de las herramientas clave para el mejoramiento continuo es tener parámetros. Los parámetros utilizados para desarrollar procesos constituyen uno de los tipos más exitosos. A través de ellos se examina los procesos específicos de mantenimiento, se compara los procesos con aquellos de compañías que los han dominado a la perfección y se registra los cambios para mejorar los procesos específicos.

La clave de la fijación de parámetros es la auto-evaluación. Una compañía o una institución debe conocer su estado actual antes de tratar de utilizar parámetros en relación con otras instituciones. Sin tener este conocimiento es imposible tener una comparación exacta del proceso de parámetro

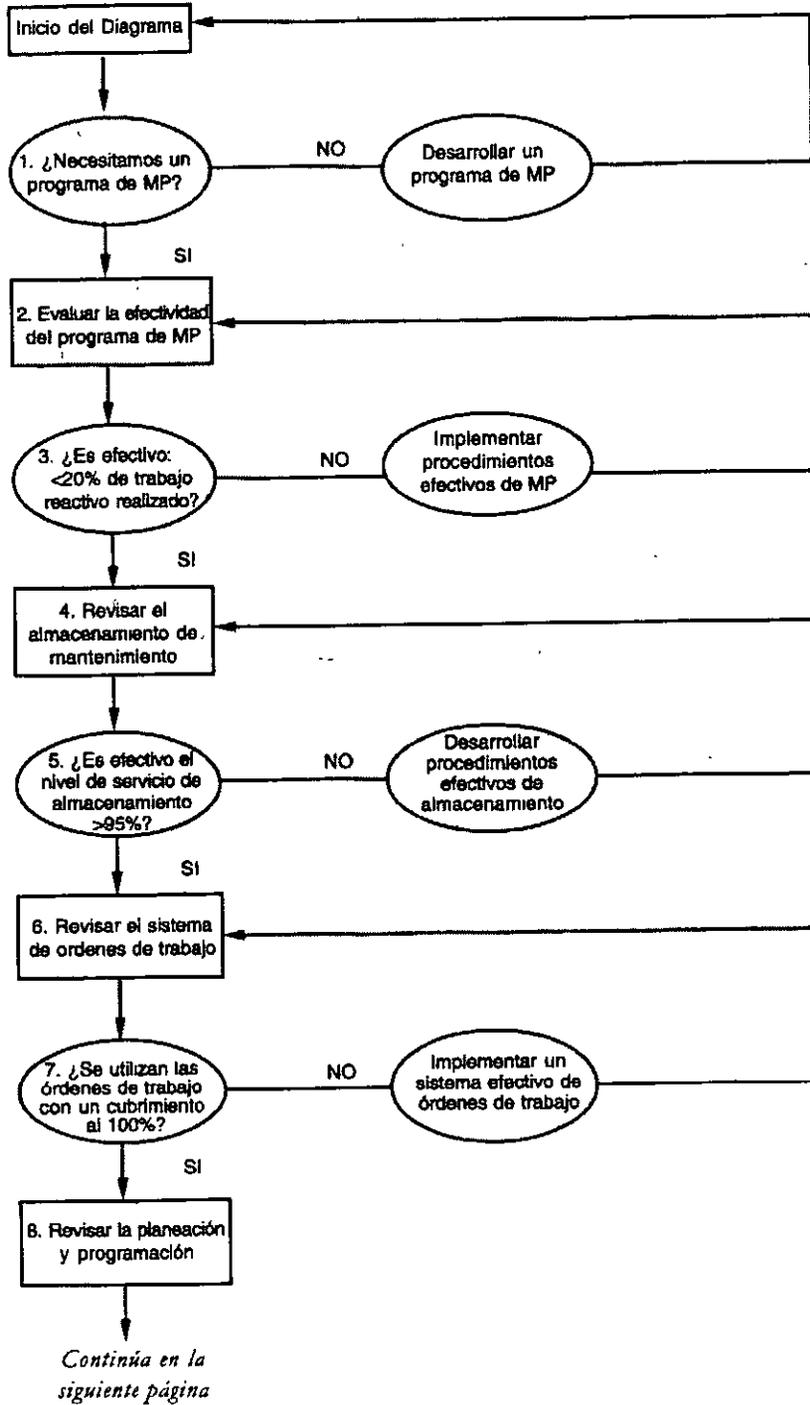
Estructura de administración del mantenimiento

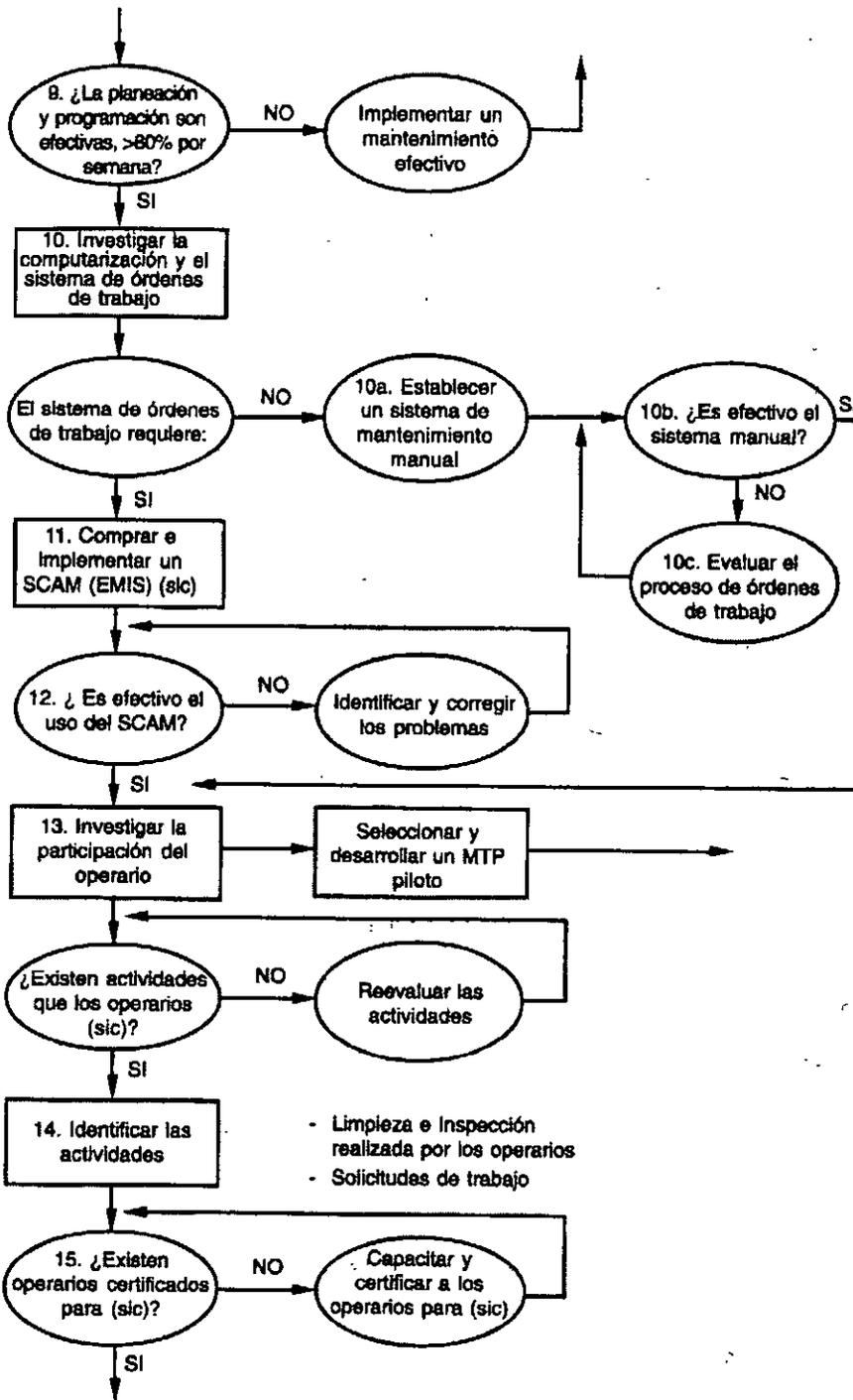
La estructura de la función de administración de mantenimiento puede compararse con una pirámide. En la siguiente figura, es evidente que debe colocarse una base para construir el proceso de administración de mantenimiento. Los elementos fundamentales de Mantenimiento Preventivo (MP) constituyen la base piramidal.



Una vez colocada la base de MP, el próximo nivel queda conformado por el inventario, las órdenes de trabajo, el Sistema computarizado de administración de mantenimiento (SCAM) y la capacitación. La participación operacional, junto con las técnicas predictivas y de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) son construidas sobre el nivel anterior. Con suficiente información, la organización puede centrarse en su estrategia de activos en Mantenimiento Productivo Total (MPT) y optimizar sus finanzas. Cuando se alcanza este nivel, lo que sigue es llegar al el mejoramiento continuo por auto-evaluación y fijación de parámetros.

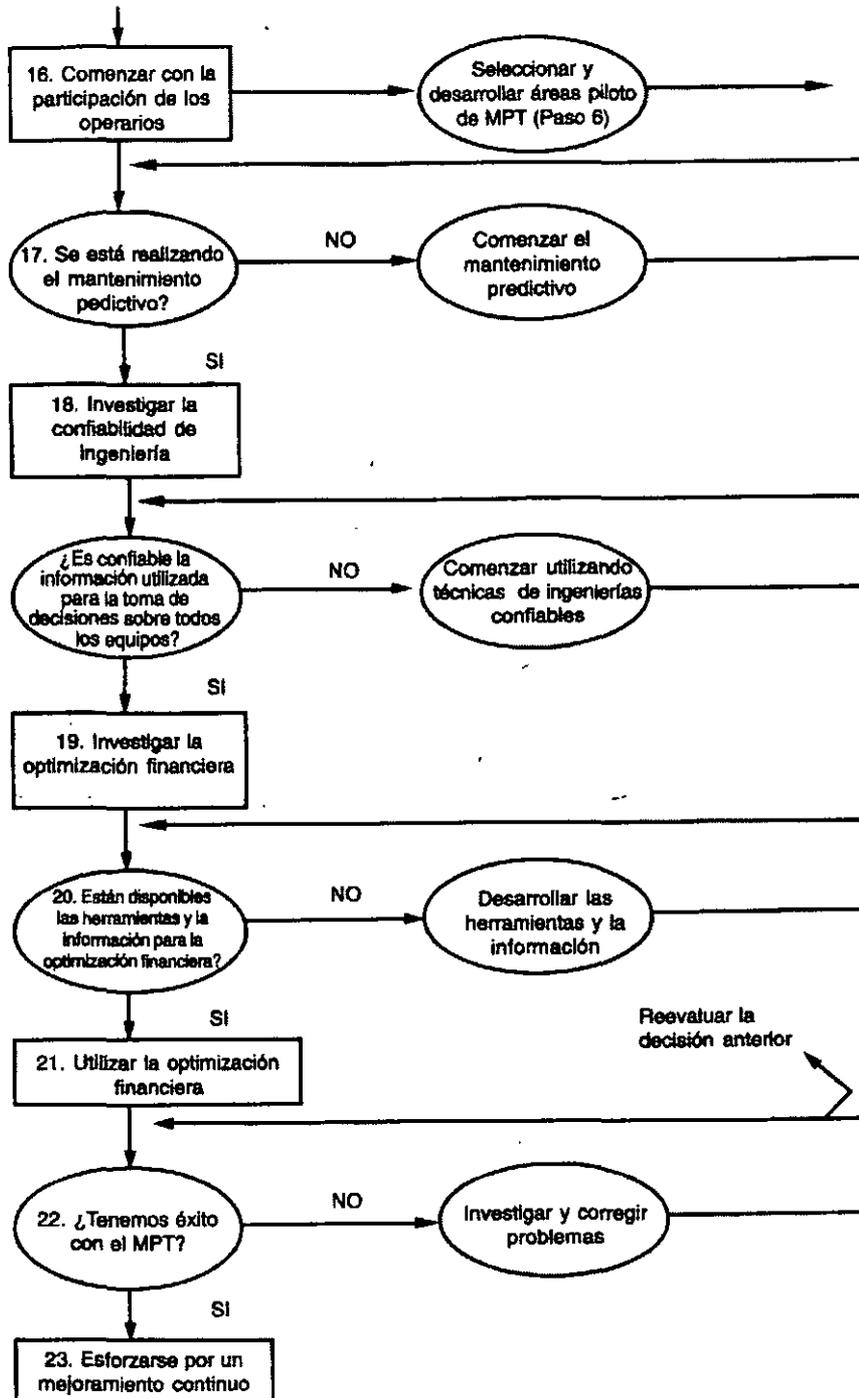
Diagrama de implementación de la administración de mantenimiento





Continúa en la siguiente página

- Limpieza e Inspección realizada por los operarios
- Solicitudes de trabajo





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 26 de septiembre de 2005

ANEXOS SEGUNDA PARTE

CI - 207

Instructor: Ing. Raúl H. Moncada Fuentes
SENADO DE LA REPUBLICA
AGOSTO/SEPTIEMBRE DE 2005

Control del trabajo

Este tipo de control vigila el estado del trabajo y el trabajo realizado, a fin de investigar si éste ha sido efectuado de acuerdo con las normas (de calidad y tiempo).

En esta categoría de control se genera un conjunto de **informes**, incluyendo *uno que muestra el desempeño*, con respecto a la norma, de las ocupaciones o puestos utilizados en el trabajo, y su productividad. Otros informes que son útiles para el control del trabajo son el de *trabajos pendientes o atrasados*, el *% del mantenimiento de emergencia* en relación con el mantenimiento planeado, y el *% de trabajos de reparación* originados como resultado de inspección de MP.

El informe de trabajos pendientes es esencial para el control del trabajo. Es una buena práctica mantener un informe semanal de trabajos pendientes por ocupación o puesto. El informe también deberá indicar la causa del atraso. Es esencial tener un número aceptable de trabajos pendientes, que generalmente abarca de 2 a 4 semanas. **Tener demasiados o muy pocos trabajos pendientes requiere una acción correctiva.** En caso de que se identifique una tendencia descendente en los trabajos pendientes, puede ser necesario emprender alguna de las siguientes acciones correctivas:

1. Reducir el mantenimiento por contrato.
2. Considerar una transferencia entre departamentos.
3. Reducir la fuerza de trabajo de mantenimiento.

Si la cantidad de trabajos pendientes está aumentando y se identifica una tendencia clara, puede ser necesaria alguna de las siguientes acciones correctivas:

1. Incrementar el mantenimiento por contrato.
2. Considerar la transferencia entre departamentos.
3. Programar tiempo extra que sea eficaz en costos.
4. Incrementar la fuerza de trabajo de mantenimiento.

El total de trabajos pendientes deberá controlarse utilizando herramientas para el control estadístico de procesos, especialmente las gráficas de control como: histogramas, diagramas de causa y efecto (diagramas de pescado), gráfico de Pareto.

Control de costos

El costo de mantenimiento abarca:

1. El costo directo de mantenimiento, que es el costo de la mano de obra, las refacciones, los materiales, el equipo y las herramientas.
2. Costo de paro de las operaciones debido a la falla.
3. Costo de calidad debido a que un servicio está fuera de las especificaciones como resultado de defectos en los equipos o instalaciones.
4. Costo de redundancia debido a equipos de respaldo.
5. Costo de deterioro del equipo por falta de mantenimiento adecuado.
6. Costo de mantenimiento excesivo.

Casi toda la información sobre los costos está disponible en la OT. Se debe entregar mensualmente un resumen de los costos de mantenimiento por OT, que se utiliza para controlar los costos totales de mantenimiento.

Los informes costos indicarán los programas de reducción de costos que más se necesita. La reducción de costos deberá ser un esfuerzo permanente en cualquier buen programa de mantenimiento. Los aspectos en donde puede implementarse programas de reducción de costos, son:

1. Considerar el uso de materiales alternos para mantenimiento.
2. Modificar los procedimientos de inspección
3. Revisar los procedimientos de mantenimiento haciendo ajustes, particularmente en el tamaño de las cuadrillas y en los métodos.
4. Rediseñar los procedimientos de manejo de materiales y la distribución del taller.

Control de calidad

El mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad de los servicios. El equipo con buen mantenimiento proporciona mejores servicios que el equipo con mantenimiento deficiente.

Un informe mensual sobre el porcentaje de trabajos repetidos y servicios deficientes, puede ayudar a identificar cuáles equipos requieren una investigación para determinar las causas de problemas de calidad. Una vez que se investigan los equipos, se aplica una medida de acción correctiva para remediar el problema. La medida puede dar por resultado una modificación de la política actual de mantenimiento y de la especialización de la compañía encargada de ese equipo en particular.

Control de la condición de las instalaciones

El control de la condición de las instalaciones requiere de un sistema eficaz para el registro de las fallas y las reparaciones de equipos críticos e importantes. Esta información generalmente se obtiene de la orden de trabajo y del archivo de historia del equipo.

Un informe mensual de mantenimiento deberá incluir el *tiempo muerto* de los equipos críticos e importantes y su disponibilidad. Si el tiempo muerto es excesivo o si la disponibilidad y prontitud para uso de la máquina son bajas, se debe tomar una medida correctiva para disminuir la ocurrencia de fallas. La medida correctiva puede incluir el establecimiento de un programa de mejora de confiabilidad o un programa de mantenimiento planeado, o ambos.

3.7 Diseño de un programa eficaz de mantenimiento

A continuación se describe cinco programas de mantenimientos que ofrecen acertados cursos de acción que pueden ser adoptados en el ciclo de control de mantenimiento. Los objetivos de estos programas son mejorar la disponibilidad de las instalaciones, reducir los costos de operación y mejorar la confiabilidad del equipo y la calidad de los servicios. Estos programas son:

1. Mantenimiento planeado.
2. Manejo del mantenimiento de emergencia.
3. Mejora de la confiabilidad.
4. Programa de administración del equipo.
5. Reducción de costos.

Mantenimiento planeado

El mantenimiento planeado es un esfuerzo integrado para convertir la mayor parte del trabajo de mantenimiento en mantenimiento programado. El mantenimiento planeado es el trabajo que se identifica mediante el mantenimiento preventivo y predictivo. Incluye la inspección y el servicio de trabajos que se realiza a intervalos recurrentes específicos. También incluye el mantenimiento con base en las condiciones.

En el mantenimiento planeado, todas las actividades son planeadas previamente, incluida la planeación y abastecimiento de materiales.

Asimismo, los trabajos son programados en momentos en que no alteren los servicios.

Mantenimiento de emergencia

El mantenimiento de emergencia se refiere a cualquier programa no planeado que deberá empezarse el mismo día. Por su naturaleza, este tipo de mantenimiento permite muy poco tiempo para su planeación. Se debe reducir al mínimo la cantidad de mantenimiento de emergencia y no

deberá exceder del 10% del trabajo total de mantenimiento. Debe existir una política clara para el manejo del mantenimiento de emergencia.

Mejora de la confiabilidad

Un programa de mejora de la confiabilidad ofrece una alternativa inteligente para mejorar la función de mantenimiento. Se debe mantener archivos históricos de los equipos críticos e importantes y hacer estimaciones del tiempo medio entre fallas (TMEF). La frecuencia del mantenimiento de emergencia está en función de la tasa de fallas del equipo. Puede calcularse para un periodo de operación de n horas, durante las cuales habrá $n/TMEF$ acciones de mantenimiento de emergencia.

Otro método que mejora la confiabilidad del equipo y optimiza las operaciones de mantenimiento es un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC). En el MCC, el programa de mantenimiento se desarrolla bajo el concepto de restablecer la función del equipo más que de llevar el equipo a una condición ideal.

Programa de administración del equipo

El mantenimiento productivo total (MPT) es una filosofía japonesa que se concentra en la administración del equipo a fin de mejorar la calidad del producto o de los servicios. Su objetivo es reducir pérdidas de equipo en funcionamiento para mejorar la eficacia global del equipo. Según Nakajima, las seis principales causas de pérdidas de equipo en funcionamiento son:

1. Falla.
2. Preparación y ajustes.
3. Equipo sin trabajo y paros menores.
4. Velocidad reducida.
5. Defectos del proceso.
6. Rendimiento reducido.

Reducción de costos

El mantenimiento puede contribuir a reducir el costo del servicio mediante un esfuerzo continuo de reducción de costos en las operaciones de mantenimiento. La reducción de costos en el mantenimiento puede obtenerse aplicando técnicas de ingeniería de métodos.

En los esfuerzos dirigidos a reducción de costos, se debe considerar lo siguiente:

1. Materiales y refacciones alternos.
2. Método alternativo para inspección y reparación general.
3. Equipos y herramientas alternos.
4. Procedimientos alternos para la planeación y la programación.
5. Estándares de tiempo alternos para los trabajos.

A manera de colofón de este tema, conviene recordar que los sistemas de control de mantenimiento desempeñan una función clave en un programa eficaz de mantenimiento. Los conceptos del control automático de procesos, que incluyen objetivos del proceso, muestreo, análisis de las muestras y aplicación de medidas correctivas, se definen y utilizan para establecer un sistema eficaz del control del mantenimiento.

Los pasos para un control eficaz del mantenimiento son:

1. Definir objetivos y metas en términos de calidad, disponibilidad y eficacia.
2. Coordinar y planear las órdenes de trabajo.
3. Procesar las órdenes de trabajo.
4. Recopilar información de las órdenes de trabajo y de los archivos históricos y compilar informes sobre eficiencia, disponibilidad y calidad.
5. Examinar la desviación con respecto de los objetivos y las metas establecidos.
6. Si existe una desviación, tomar una medida correctiva, o bien, mejorar las metas.

Los programas de mantenimiento descritos en el apartado 3.7, ofrecen formas y medios para formular una acción correctiva en caso de ser necesario, al tiempo que proporcionan métodos para mejorar el estado actual del mantenimiento.

MÓDULO IV

MANTENIMIENTO PREVENTIVO¹

4.1 Introducción

Si el mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que son llevadas a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones.

Esto es diferente de un mantenimiento de reparación, el cual normalmente se considera como el reemplazo, renovación o reparación general del o de los componentes de un equipo o sistema para que sea capaz de realizar la función para la que fue creado.

El mantenimiento preventivo es, por tanto, el enfoque preferido para la administración del mantenimiento, ya que:

- puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia,
- puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias,
- puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada, o
- puede reducir el costo global de la administración del mantenimiento.

El mantenimiento preventivo comprende principalmente dos tipos de mantenimiento planeado. El primer tipo es el mantenimiento preventivo que se basa en la estadística y la confiabilidad y que se deriva a partir de datos históricos. El segundo se basa en las condiciones. La tendencia es apoyarse más en el mantenimiento preventivo con base en las condiciones.

El mantenimiento de reparación puede dividirse en dos amplias categorías: reparación planeada y reparación no planeada. La reparación planeada implica, en primer lugar, que todos los recursos necesarios para realizar las tareas han sido planeados previamente y están disponibles, y en segundo lugar, que el trabajo se llevará a cabo de acuerdo con un programa establecido.

¹ Tomado de: Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon, J., "Sistemas de mantenimiento. Planeación y control.", edit Limusa Wiley, México, Méx., 2005, pp 75-121

La reparación no planeada puede tener disponible un conjunto de instrucciones normales, puede tener a la mano los trabajadores y piezas necesarias o puede estar insertada en un programa de mantenimiento bajo una base específica, pero no cumple con los criterios de planeación previa ni de programación previa. Si el mantenimiento preventivo se considera como trabajo planeado, la distribución por hora de mano de obra en una instalación que funciona correctamente, puede ser como la que se describe en la siguiente figura:

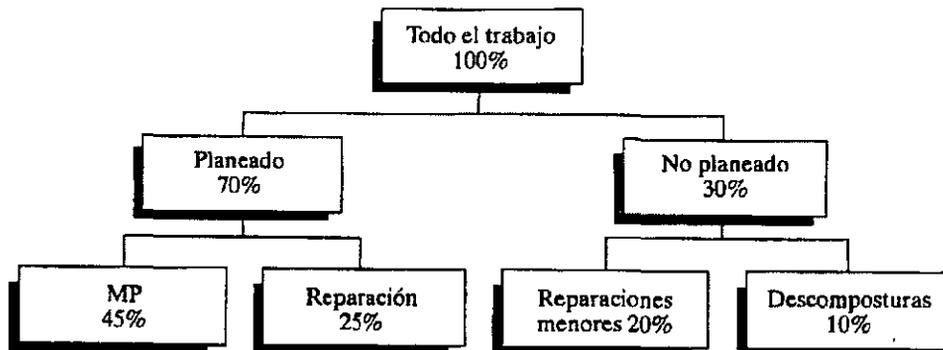


Figura 3.1 Distribución del trabajo.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y la confiabilidad del equipo. La primera puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en un momento determinado.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, que se conoce comúnmente como mantenimiento preventivo (MP).

Como se menciona líneas arriba, el mantenimiento preventivo puede estar basado en las condiciones o en datos históricos del equipo.

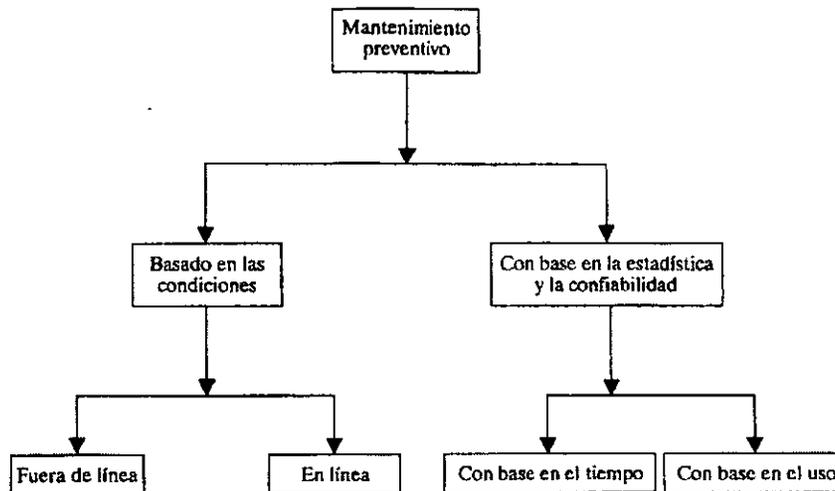


Figura 3.2 Categorías del mantenimiento preventivo.

4.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo (MP) se definió como una serie de tareas planeadas previamente, que son llevadas a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un equipo o sistema. Puede ser planeado y programado con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. Es el enfoque preferido frente al mantenimiento correctivo por cuatro razones principales:

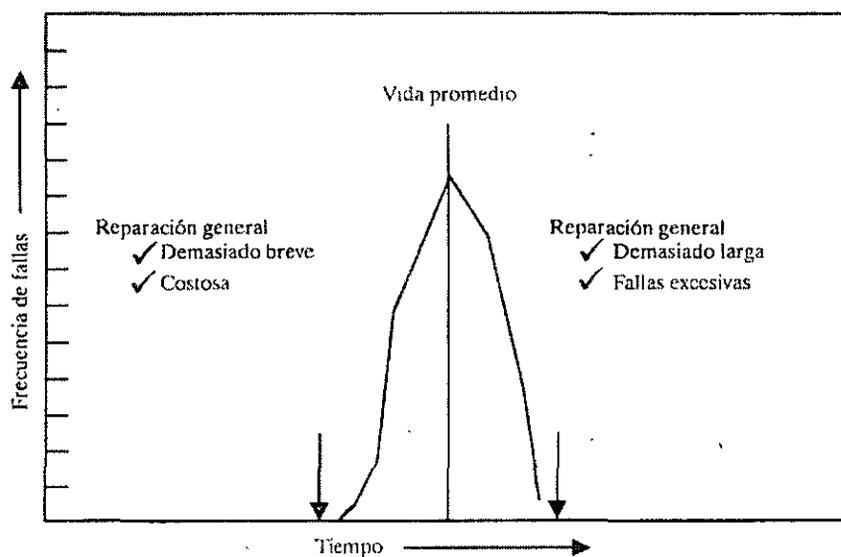
- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.
- En donde podamos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.
- Finalmente, hay importantes diferencias en costos tanto directos (por ejemplo, materiales) como indirectos (por ejemplo, pérdidas de producción) debido a que una interrupción no planeada a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma, y debido también a que el costo real de un mantenimiento de emergencia es mayor que uno planeado y a que la calidad de la reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

La pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es: ¿Qué tarea o serie de tareas deben realizarse para impedir una falla?

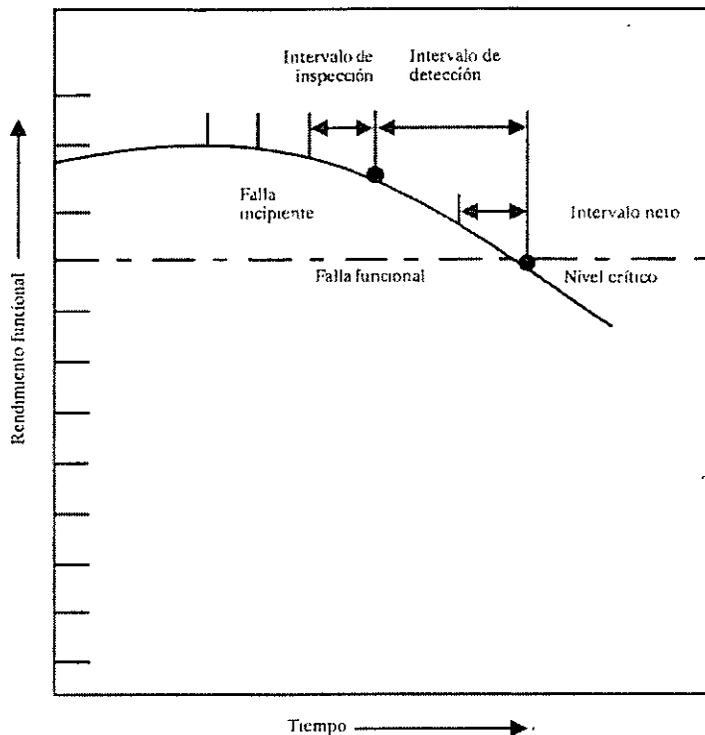
Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo. Si, por otra parte, la probabilidad de una falla es constante independientemente del tiempo, la edad o el uso, y existe una degradación gradual desde el principio de la falla, entonces las tareas de mantenimiento pueden basarse en las condiciones. Las tareas basadas en el tiempo se justifican si un restablecimiento o un reemplazo periódicos de componentes restablecen el equipo al estado en que pueda realizar las funciones para las que fue creado. Esta tarea podría variar en complejidad.

Las tareas basadas en las condiciones, justificadas cuando se desconoce el enfoque de prevención de fallas, se centran en la medición de un parámetro que indique un deterioro o una degradación en el rendimiento funcional del equipo.

El mantenimiento basado en el tiempo es técnicamente factible si la pieza tiene una vida promedio identificable. El mantenimiento basado en las condiciones es técnicamente factible si es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado, si existe un intervalo de inspección práctico, y si el intervalo de tiempo (desde la inspección hasta la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones.



Reparación general basada en el tiempo



Mantenimiento basado en las condiciones

Debido a que los equipos complejos y sus componentes tendrán varias causas posibles de falla, es necesario desarrollar una serie de acciones de mantenimiento preventivo —algunas basadas en las condiciones y otras basadas en el tiempo— para el mismo equipo, y consolidar éstas en un programa de MP. El programa tendrá tareas agrupadas por periodicidad (es decir, diaria, semanal o anualmente, por horas de operación por ciclos etc.) y agrupadas por oficio (es decir, mecánico, electricista, operador, técnico, etc.)

TABLA 3.1 Acciones del programa de mantenimiento preventivo.

Quién	Cuándo	Acción	Equipo	Condición	Medida
Mecánico	Semanalmente	Inspeccionar/ajustar	Sistema hidráulico	Presión	2 500 lb/pulg ² ± 50 lb/pulg ²
Técnico	Semestralmente	Tomar lectura	Rodamientos de motor	Vibración	Banda octava con respecto a la línea básica
Operador	Mensualmente	Lubricar	Motor reductor	Nivel de la varilla de inmersión	Llenar hasta indicador máximo con aceite 10 W 40
Operador	Diariamente	Verificar	Motor reductor	Presión del aceite	Reemplazar el filtro de aceite con P-OP-4201-86 si $\Delta p > 10$ lb/pulg ²

El mantenimiento preventivo es el principal requisito para reducir la frecuencia y severidad de las descomposturas de las máquinas. Se utilizan tres amplias medidas para vigilar que el programa de MP sea competente:

- Cobertura del MP —el porcentaje de equipo crítico para el cual se han desarrollado programas de MP.
- Cumplimiento del MP —el porcentaje de rutinas de MP que han sido completadas de acuerdo con su programa.
- Trabajo generado por las rutinas del MP —el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tienen como origen rutinas del MP.

El mantenimiento preventivo basado en las condiciones requiere monitorear una variable que está estrechamente relacionada con la falla de los equipos. Es necesario identificar qué parámetro debe vigilarse y medirse.

Se mencionará enseguida algunas técnicas de diagnóstico que ayudarán a desarrollar un sistema de mantenimiento basado en las condiciones.

4.3 TECNOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO

Las técnicas de mantenimiento basado en las condiciones que se aplican más comúnmente son el análisis de vibraciones, el análisis de aceites lubricantes, la termografía, el ultrasonido, el monitoreo de efectos eléctricos y los penetrantes.

Análisis de vibraciones

La vibración puede definirse como el movimiento de una masa desde su punto de reposo a lo largo de todas las posiciones y de regreso al punto de reposo, en donde está lista para repetir el ciclo. El análisis de vibraciones en el monitoreo de condiciones se realiza comparando las características de las vibraciones de la operación actual con respecto a una línea de referencia, la cual se midió cuando se sabía que la máquina estaba operando normalmente.

Las técnicas para el análisis de vibraciones pueden utilizarse para vigilar el rendimiento del equipo mecánico que gira, realiza movimiento recíprocante o tiene otras acciones dinámicas. Entre los ejemplos se incluyen las cajas de engranes, los rodamientos, motores, bombas, ventiladores, turbinas, transmisiones de banda o cadena, compresores, generadores, transportadores, máquinas recíprocantes y máquinas indexadoras.

Análisis de lubricantes

La *ferrografía* y la detección de virutas magnéticas examinan partículas de desgaste con base de hierro en los aceites lubricantes para determinar el tipo y grado del desgaste, y pueden ayudar a señalar el componente específico que se está desgastando.

El análisis espectrométrico

La cromatografía

Termografía

Los usos más comunes de la termografía, que mide la temperatura superficial mediante la medición de radiación infrarroja, son los de determinar conexiones eléctricas deficientes y puntos peligrosos, desgaste del refractario en hornos, y sobrecalentamientos críticos en componentes de calderas y turbinas.

Ultrasonido

Se emplean para determinar fallas o anomalías en soldaduras, recubrimientos, tuberías, tubos, estructuras, flechas, etc.

Monitoreo de efectos eléctricos

Existen varias pruebas para determinar la corrosión empleando un circuito eléctrico sencillo, el cual se monitorea mediante instrumentación de diferentes grados de complejidad (el corrotor, el corrometer)

Los dispositivos más comunes utilizados para monitorear o probar los motores o los generadores son los generadores de voltaje, incluyendo fusionadores.

Penetrantes

Los penetrantes electrostáticos y de tintes líquidos se utilizan para detectar grietas y discontinuidades en superficies provocadas en la manufactura por desgaste, fatiga, procedimientos de mantenimiento y reparación general, corrosión o desgaste general por agentes atmosféricos. Se aplica el penetrante y se permite que penetre en las anomalías. La superficie se limpia y así el penetrante se revela mediante técnicas visuales, fluorescentes o electrostáticas.

4.4 MODELOS PARA DECISIONES DE REPLAZO

La decisión de reparar, actualizar o reemplazar un equipo o refacciones reparables puede ser tomada en la etapa de diseño de un nuevo sistema, en un punto en el ciclo de vida de un equipo cuando ha ocurrido una descompostura o cuando resulta evidente la obsolescencia. Requiere un examen de los costos del ciclo de vida total de la pieza durante la porción restante de su ciclo de vida. El ciclo de vida total de equipo o de la pieza incluye el momento desde su adquisición hasta su eliminación final. Se consideran todos los costos desde la compra inicial, instalación, reparación, reemplazos, actualización del servicio, desmantelamiento y eliminación.

Las piezas reparables tienen una consideración adicional, a saber, reparar o reemplazar la pieza cuando se descompone. ¿Se puede reparar la pieza físicamente?

El mejor momento para tomar decisiones de reemplazo en el caso de piezas reparables es durante la fase de diseño del ciclo de vida del equipo. Los costos de reemplazo para el equipo y sus componentes pueden tomarse directamente de los costos de compra del equipo y las listas de

las refacciones recomendadas. Los costos de reparación pueden solicitarse al proveedor y a los centros de reparación recomendados por el proveedor para compararlos con las propias estimaciones de una reparación interna.

El costo total del ciclo de vida de una pieza está compuesto de la suma de los costos de adquisición, inversión, operación y soporte, y eliminación. Cada uno de éstos tiene varios costos componentes, pero la decisión de reparar o reemplazar está principalmente en la evaluación de los costos de la inversión inicial, operación y soporte, y en ocasiones en los costos de eliminación del equipo:

$$C_{LC} = C_{\text{adquisición}} + C_{\text{inversión}} + C_{\text{O\&S}} + C_{\text{eliminación}}$$

en donde LC es el ciclo de vida y O&S es la operación y el soporte.

Los costos de adquisición a menudo son fijos e incluyen los costos de diseño, evaluación, ingeniería y administración del proyecto de la pieza.

Los costos de inversión inicial pueden diferir cuando se comparan los diseños reparables y los no reparables. Si las refacciones son reparables, los costos de operación y soporte.

Los costos de operación y soporte incluyen los costos de artículos consumibles usados en la reparación y operación de la pieza; los costos de refacciones de reemplazo; los costos de manejo de inventario; los costos del personal para las reparaciones; los costos de las instalaciones para las reparaciones; los costos directos de mantenimiento; los costos de empaque, manejo y almacenamiento; los costos de soporte técnico, y los costos de modificaciones futuras.

Los costos de eliminación también pueden verse afectados si las opciones de diseño de la competencia requieren arreglos especiales para manejo y eliminación o provisiones para el manejo de desperdicios.

4.5 ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO PLANEADO

El mantenimiento planeado se refiere al trabajo de mantenimiento que se realiza con una planeación, previsión, control y registros por adelantado. Incluye toda la gama de tipos de mantenimiento y se aplica a las estrategias de reemplazo, mantenimiento preventivo y correctivo. Se caracteriza por lo siguiente:

- La política de mantenimiento se ha establecido cuidadosamente.
- La aplicación de la política se planea por adelantado.
- El trabajo se controla para que se ajuste al plan original.
- Se recopilan, analizan y utilizan datos que sirvan de guía a las políticas de mantenimiento futuras, pasos para desarrollar un programa de mantenimiento planeado.

Administración del plan

El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento planeado consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan.

Inventario de las instalaciones

El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación.

Identificación del equipo

Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada pieza del equipo. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación.

Registro de las instalaciones

El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo (partida) debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso energía de servicio, detalles de conexión, detalles de cimentación, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.

Programa específico de mantenimiento

Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo.

Especificación del trabajo

La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento.

Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento es una lista donde se asigna las tareas de mantenimiento a periodos de tiempo específicos. Esta es la etapa en donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución.

Control del programa

El programa de mantenimiento debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

Finalmente, es preciso recordar que el mantenimiento preventivo comprende principalmente dos tipos de mantenimiento planeado. El primer tipo es el mantenimiento preventivo que se basa en la estadística y la confiabilidad y que se deriva a partir de datos históricos. El segundo se basa en las condiciones. La tendencia es apoyarse más en el mantenimiento preventivo con base en las condiciones. Con este fin, se ha determinado numerosas técnicas de diagnóstico, se resaltan los aspectos relacionados con las decisiones de reemplazo, y se describe un procedimiento para desarrollar un mantenimiento planeado acertado.

MÓDULO V MEDICIÓN, PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO¹

5.1 Introducción

Los estándares de trabajo numéricos se emplean para evaluar el rendimiento de los trabajadores y las instalaciones y para predecir, planear, programar y controlar el trabajo, los costos y las operaciones. Las técnicas de medición del trabajo pueden utilizarse en el establecimiento de estándares en trabajos de mantenimiento. Las técnicas incluyen el estudio de tiempos, el muestreo de trabajo, los sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos, la estimación y los datos estándar.

La eficacia de la administración de las operaciones puede mejorar considerablemente si se establecen e implementan metas para evaluar y mejorar el rendimiento de tales operaciones. Un prerrequisito esencial y necesario para evaluar la productividad y el rendimiento es contar con normas o estándares de trabajo. Una norma de trabajo específica la producción esperada de un trabajo calificado con desempeño o rendimiento estándar.

Las normas de trabajo se emplean generalmente para evaluar el rendimiento de los trabajadores y las instalaciones, y para predecir, planear, programar y controlar el trabajo, los costos y las operaciones. Las normas de trabajo son necesarias para planear los recursos de mantenimiento, como el personal del departamento de mantenimiento, y no sería posible desarrollar una programación y control eficaces sin normas de trabajo confiables. Las normas de trabajo para mantenimiento pueden elaborarse utilizando varias técnicas de medición del trabajo.

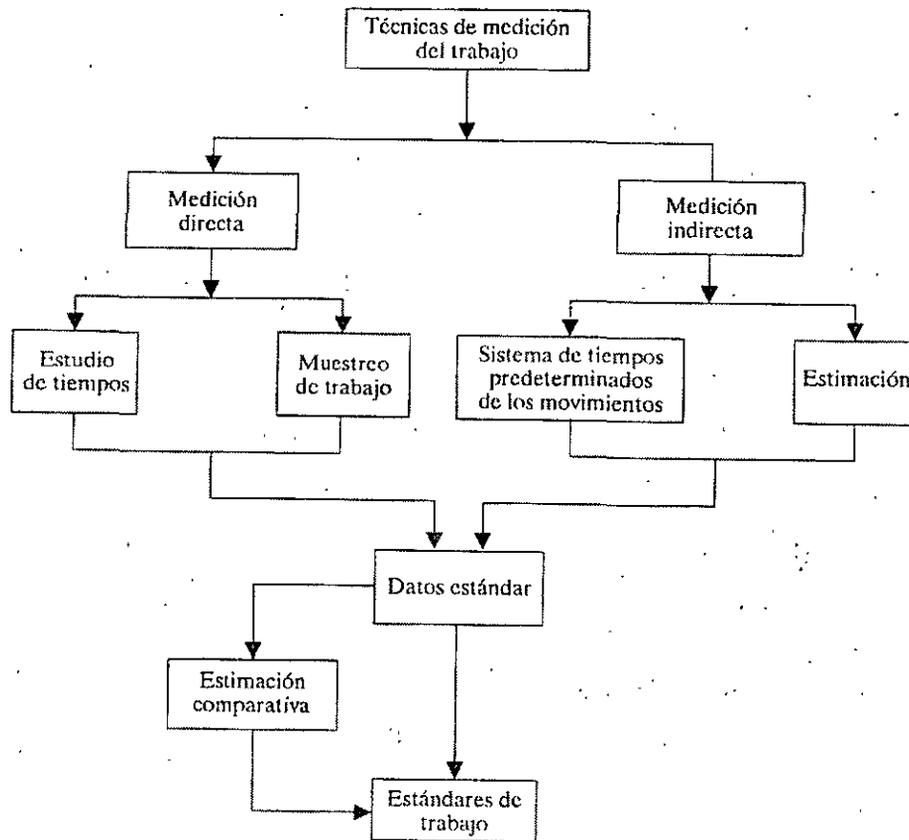
5.2 TÉCNICAS DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

Las técnicas de la medición del trabajo se pueden clasificar de manera general en dos categorías:

1. técnicas de medición directa y
2. técnicas de medición indirecta.

Estas técnicas se muestran en la figura de la página que sigue. El estudio de tiempos y los sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos se utilizan en el desarrollo de los datos estándar para trabajos de mantenimiento que se necesitan para la elaboración de estándares de trabajo de mantenimiento.

¹ Tomado de: Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon, J., "Sistemas de mantenimiento. Planeación y control.", edit. Limusa Wiley, México, Méx., 2005, pp. 123-256



Técnicas de medición del trabajo

Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se realiza cronometrando al trabajador a medida que se realiza el trabajo, sumando los tiempos para los elementos pertinentes del trabajo, estandarizando los tiempos observados y agregando tolerancias para necesidades personales y otras condiciones de trabajo variables.

Procedimientos del estudio de tiempos

Básicamente, el procedimiento del estudio de tiempos consta de los seis pasos siguientes:

1. Seleccionar el trabajo.
2. Descomponer el trabajo en elementos
3. Observar el trabajo.
4. Calcular los tiempos básicos.
5. Determinar las tolerancias.
6. Establecer un estándar de trabajo.

5.3 MUESTREO DE TRABAJO

El muestreo de trabajo es una técnica para encontrar el porcentaje de ocurrencia de una actividad determinada empleando el muestreo estadístico.

Número de observaciones requeridas para un estudio de muestreo de trabajo

El número de observaciones requeridas para un estudio de muestreo de trabajo puede basarse en el error estándar.

Planeación de un estudio de muestreo de trabajo

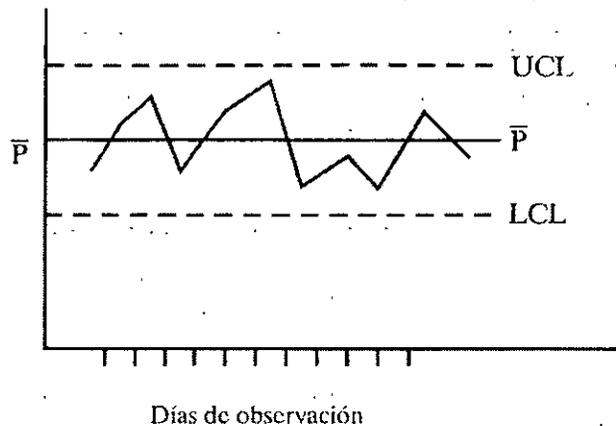
Para planear y llevar a cabo un estudio de muestreo de trabajo se sugieren los siguientes pasos.

1. Objetivos del estudio.
2. Identificación de la población.
3. Definición de actividades.
4. Diseño del formulario para las observaciones.
5. Planeación de las rutas para las observaciones.
6. Horarios para el estudio
7. Número de observaciones.
8. Programa para las horas de las observaciones.
9. Preparación de la población de muestra.
10. Capacitación de los observadores.

5.4 GRÁFICAS DE CONTROL

Las gráficas de control se emplean para detectar inestabilidad en un estudio de muestreo de trabajo. La inestabilidad puede atribuirse a errores en la metodología del estudio o a un cambio en el entorno de trabajo. Indica si ha ocurrido un cambio y, en consecuencia, deberán investigarse los incidentes de inestabilidad y tomarse medidas correctivas

Las gráficas de control generalmente comienzan a los tres días de iniciado el estudio de muestreo y se mantienen actualizadas a medida que avanza el estudio.



Gráfica de control típica

5.5 SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS DE LOS MOVIMIENTOS

Los sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos (MTM) se emplean para establecer estándares de trabajo. uno de los sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos mejor conocido es el sistema de medición del tiempo de los métodos (MTM).

Procedimientos para el establecimiento de un estándar predeterminado

El procedimiento general para establecer un estándar mediante tiempos predeterminados, es:

1. Observar el trabajo o pensarlo bien si aún no se establece.
2. Descomponer el trabajo en elementos y registrar cada elemento
3. Obtener de las tablas las unidades de tiempo para cada elemento de trabajo.
4. Sumar las unidades del total de movimientos para todos los elementos.
5. Estimar las tolerancias para necesidades personales, demoras y fatiga.
6. Sumar el tiempo para el desempeño de los movimientos y las unidades de tolerancias para una unidad de movimiento en tiempos reales de minutos, horas, etc. Un STPM puede emplearse para el establecimiento de estándares de trabajo aun antes de que se inicie el trabajo.

DATOS ESTÁNDAR

Los datos estándar se refieren a bancos de datos estándar para varios elementos que ocurren repetidamente en el lugar de trabajo. Estos elementos pueden reunirse para determinar estándares de trabajo.

Pasos para el desarrollo de datos estándar

Los pasos para el desarrollo de datos estándar comienzan con la recopilación de datos para identificar trabajos y estándares de trabajos que pudieran utilizarse en el desarrollo de datos estándar. Los detalles de los trabajos y los valores de tiempo correspondientes de los elementos se reúnen bajo la forma de una lista maestra de elementos. Los elementos con valores constantes se separan de los elementos con valores variables. Se pueden realizar ajustes de curvas y desarrollar fórmulas empleando las técnicas estándar.

ESTIMACIÓN

La estimación es el proceso de emplear la experiencia pasada para predecir eventos futuros. Puede ser utilizada para establecer estándares de trabajo de manera económica.

PRONÓSTICOS DE LA CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO

Existen diversas técnicas para pronosticar y planear la capacidad de mantenimiento. Los pronósticos son un prerequisite para la planeación de la capacidad, y ésta es un elemento importante en una organización del mantenimiento y determinar su capacidad para desempeñar su misión en una forma eficaz. Las técnicas pueden ser de promedios móviles, regresión lineal, suavización exponencial y pronósticos estacionales. Los métodos para la planeación de la capacidad son el método del *tableau* heurístico, la programación lineal, los modelos de líneas de espera y la simulación estocástica.

5.6 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El proceso de planeación es un requisito previo para la programación. La planeación es el proceso mediante el cual se determinan los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que se inicie el trabajo.

La programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo control y el reporte de su avance. Es obvio que una buena planeación es un requisito previo para la programación acertada. Sin embargo, para que la planeación sea exitosa es necesaria una retroalimentación de la función de programación. Esta es la razón por la cual, en muchas organizaciones de mantenimiento ambas funciones son realizadas por la misma persona o unidad.

La planeación y la programación son los aspectos más importantes de una correcta administración del mantenimiento. Una planeación y programación eficaces contribuyen de manera significativa a lo siguiente:

- reducción en los costos de mantenimiento.
- mejor utilización de la fuerza de trabajo de mantenimiento.
- mejor calidad del trabajo de mantenimiento al

Los principales objetivos de la planeación y la programación incluyen:

- minimizar el tiempo ocioso
- maximizar la utilización eficiente del tiempo
- mantener el equipo de operación en un nivel que responda a las necesidades de producción.

De hecho, todo el mantenimiento deberá planearse y programarse. Sólo el trabajo de emergencia se efectúa sin una planeación previa; sin embargo, incluso en ese caso, el trabajo de emergencia deberá planearse a medida que avanza.

5.7 PLANEACIÓN

La planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de planeación de la mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo. En consecuencia, un procedimiento de planeación eficaz deberá incluir los siguientes pasos:

1. Determinar el contenido de trabajo
2. Desarrollar un plan de trabajo.
3. Establecer el trabajo de la cuadrilla para el trabajo.
4. Planear y solicitar las partes y los materiales.
5. Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales.
6. Asignar a los trabajadores.
7. Revisar los procedimientos de seguridad.
8. Establecer prioridades para todo el trabajo de mantenimiento.
9. Asignar cuentas de costos.
10. Completar la orden de trabajo.
11. Revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control.
12. Predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronósticos.

El *programa a largo plazo* se basa en las órdenes de trabajo de mantenimiento existentes, incluyendo las órdenes de trabajo en blanco, los trabajos pendientes, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de emergencia anticipado.

El *programa de mantenimiento semanal* se genera a partir del programa a largo plazo y toma en cuenta los programas actuales de operaciones y consideraciones económicas.

El *programa diario* se elabora a partir del programa semanal y generalmente se prepara el día anterior. Este programa con frecuencia es interrumpido para efectuar mantenimiento de emergencia.

Elementos de una programación acertada

La planeación del trabajo de mantenimiento es un requisito previo de la programación correcta. En todos los tipos de trabajos de mantenimiento, los siguientes requerimientos son necesarios para una programación eficaz:

1. Órdenes de trabajo escritas que se derivan de un proceso de planeación bien concebido.
2. Estándares de tiempo que se basan en las técnicas de medición del trabajo.
3. Información acerca de la disponibilidad de técnicos por especialidad para cada turno.
4. Existencias de refacciones e información para su reabastecimiento.
5. Información sobre la disponibilidad de equipo y herramientas especiales.
6. Acceso al programa de producción de la planta y conocimiento del momento en que las instalaciones estarán disponibles.
7. Prioridades bien definidas para el trabajo de mantenimiento.
8. Información acerca de los trabajos ya programados pero que se han atrasado con respecto al programa.

SISTEMA DE PRIORIDADES PARA LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

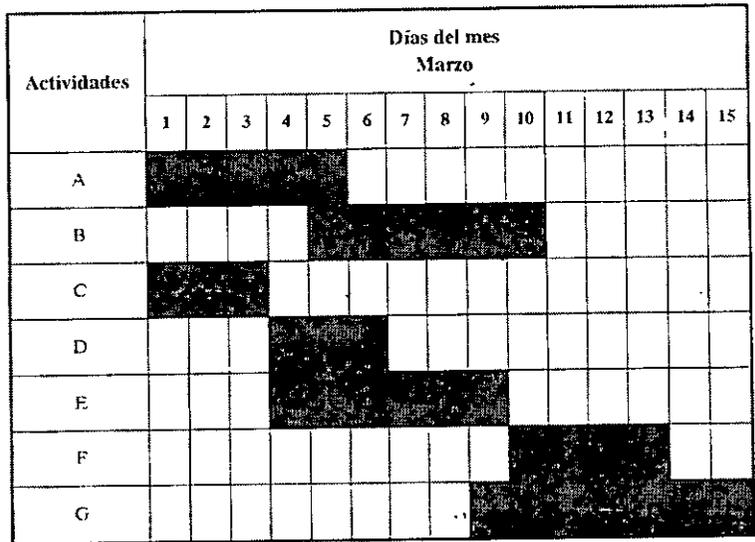
El sistema de prioridades para los trabajos de mantenimiento tiene un impacto tremendo en la programación del mantenimiento. Las prioridades se establecen para asegurar que se programe primero el trabajo más crítico.

El sistema de prioridades deberá ser dinámico y debe actualizarse periódicamente para reflejar los cambios en las estrategias de operación o mantenimiento.

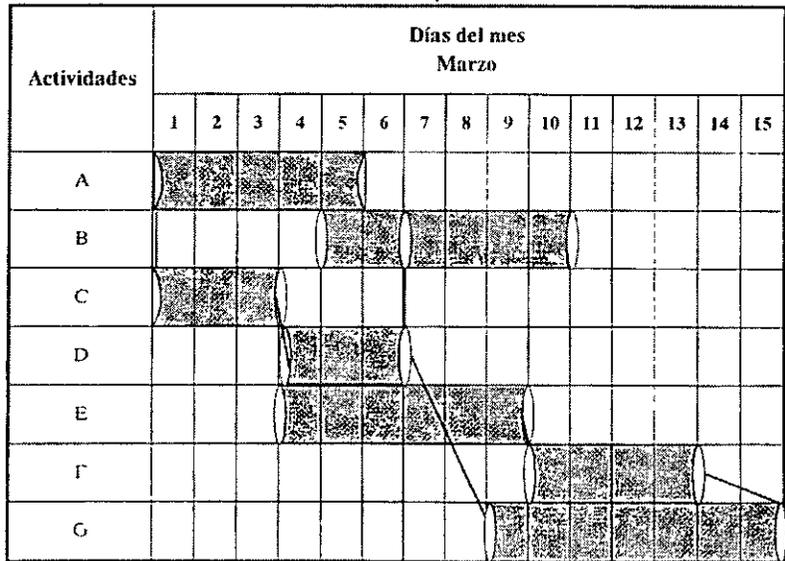
TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN

El objetivo final de la programación es construir una gráfica de tiempo que muestre el momento de inicio y terminación para cada trabajo (actividad), la interdependencia entre los trabajos y los trabajos críticos que requieren atención especial y monitoreo eficaz.

La *gráfica de Gantt* es una gráfica de barras que especifica el momento de inicio y terminación de cada actividad en una escala de tiempo horizontal. Su principal desventaja es que no muestra las interdependencias entre los diferentes trabajos. La gráfica de Gantt puede modificarse para mostrar las interdependencias, anotando acontecimientos importantes en cada línea de tiempo de los trabajos.



Gráfica de Gantt



Gráfica de Gantt con acontecimientos importantes

En la actualidad se utiliza ampliamente dos importantes técnicas analíticas para la planeación y programación. Éstas son el método de la ruta crítica (CPM) y la técnica para revisión y evaluación de proyectos (PERT).

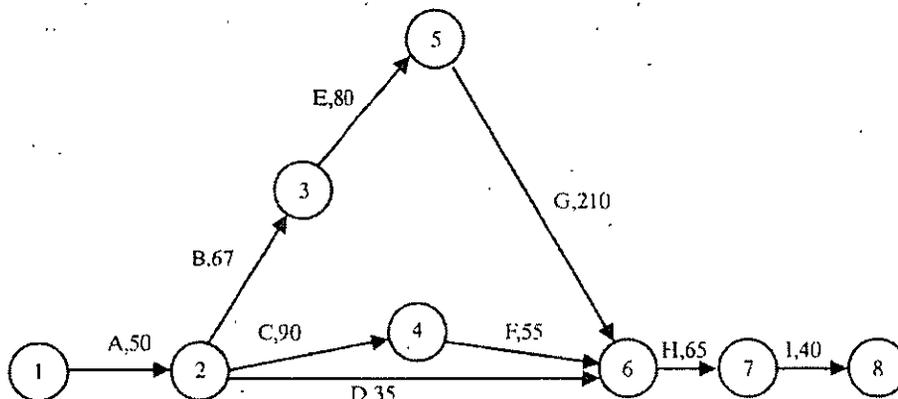


Diagrama de red

Otros modelos matemáticos de programación útiles para la programación son la programación entera y la programación estocástica. La programación matemática, se refiere a un grupo de modelos de investigación de operaciones.

5.9 CONTROL DE LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO

El desarrollo de un sistema acertado de control de la calidad del mantenimiento es esencial para asegurar reparaciones de alta calidad, estándares exactos, máxima disponibilidad, extensión del ciclo de vida del equipo y tasas eficientes de producción del equipo.

La calidad de los productos del mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad del producto y la capacidad de la compañía para cumplir con los programas de entrega.

Una organización clara de la función de control de calidad y la especificación de su papel (responsabilidades) en el sistema de mantenimiento deben ser enfatizados por la alta dirección de la organización.

Los gerentes de mantenimiento y los ingenieros necesitan estar conscientes de la importancia de controlar la calidad de los productos del mantenimiento. El establecimiento de normas de pruebas e inspección en el mantenimiento y de niveles aceptables de calidad deberán ser desarrollados para todo el trabajo de mantenimiento. La documentación de los procedimientos de mantenimiento y los informes de inspección pueden ofrecer enormes oportunidades para la mejora de la calidad del mantenimiento. Estas oportunidades pueden hacerse realidad mediante la mejora continua de los procedimientos y la identificación de necesidades de capacitación para mejorar las habilidades técnicas de los trabajadores de mantenimiento.

Responsabilidades del control de calidad

Lograr la calidad en el mantenimiento y los objetivos de confiabilidad son responsabilidad del personal de mantenimiento. De manera específica, las responsabilidades de CC incluyen las siguientes:

1. Realizar inspecciones.
2. Conservar y mejorar los documentos.
3. Asegurar que todas las unidades están conscientes y sean expertas en los procedimientos y normas de mantenimiento.
4. Mantener un alto nivel de conocimiento experto.
5. La capacitación del personal de mantenimiento.
6. Realizar análisis de deficiencias y estudios de mejora de procesos.
7. Asegurar que los trabajadores se apeguen a todos los procedimientos.
8. Revisar los estándares de tiempo.
9. Revisar la calidad y disponibilidad de los materiales y refacciones.
10. Realizar auditorías para evaluar la situación actual del mantenimiento.
11. Establecer la certificación y autorización del personal.
12. Desarrollar procedimientos para las inspecciones de nuevos equipos.

En resumen, el personal de control de calidad del mantenimiento es responsable de asegurar que se cumplan los objetivos de calidad de los recursos, procedimientos y normas utilizados en el proceso de mantenimiento.

MÓDULO VI

SISTEMAS COMPUTARIZADOS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO (SCAM)¹

El objetivo de las organizaciones del mantenimiento es maximizar el tiempo de operación en la forma más eficaz en costos. Para lograr este objetivo, las siguientes estrategias deben especificarse claramente:

1. Estrategias de mantenimiento eficaces derivadas de las condiciones e historia del equipo.
2. Técnicas eficientes para planear y programar las órdenes de trabajo y la utilización de los recursos.
3. Monitoreo de las actividades de mantenimiento, recopilación de datos e informes del desempeño para apoyar la mejora continua.

Estas tres actividades requieren información acerca del equipo, los trabajadores, las órdenes de trabajo, los trabajos, los estándares de trabajo, los programas de producción y la naturaleza de las operaciones en la organización. La cantidad de información que se recopila, procesa y utiliza para toma de decisiones es enorme, por lo que se necesita un enfoque sistemático para la administración de la información. Además, la complejidad y las incertidumbres presentes en el proceso del mantenimiento y la ingeniería y la cantidad de información manejada en un sistema típico de mantenimiento requieren el apoyo de la computadora. Un soporte apropiado de computación proporciona los medios para una respuesta rápida y oportuna.

Un sistema computarizado para la administración del mantenimiento (SCAM) es básicamente un sistema de información adaptado para dar servicio al mantenimiento. Un SCAM ayuda en el proceso de recopilación de datos, registro, almacenamiento, actualización, procesamiento, comunicación y pronósticos. Es esencial para la planeación, programación y control de las actividades de mantenimiento. Mediante informes eficaces, un SCAM puede proporcionar a los gerentes y a los ingenieros de mantenimiento la información necesaria para una toma de decisiones acertada para controlar y mejorar el proceso de mantenimiento.

El éxito de un SCAM puede medirse por su capacidad para apoyar el proceso del mantenimiento. Para un SCAM eficaz son esenciales dos elementos importantes:

1. su capacidad para apoyar las principales actividades en el proceso del mantenimiento y
2. la capacidad de configuración del software y el hardware en términos de su confiabilidad, facilidad de uso, calidad de la información y procesamiento oportuno.

En términos de apoyo al proceso del mantenimiento, un SCAM generalmente incluye las siguientes funciones:

¹ Tomado de Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon, J., "Sistemas de mantenimiento. Planeación y control.", edit. Limusa Wiley, México, Méx., 2005, pp. 301-335.

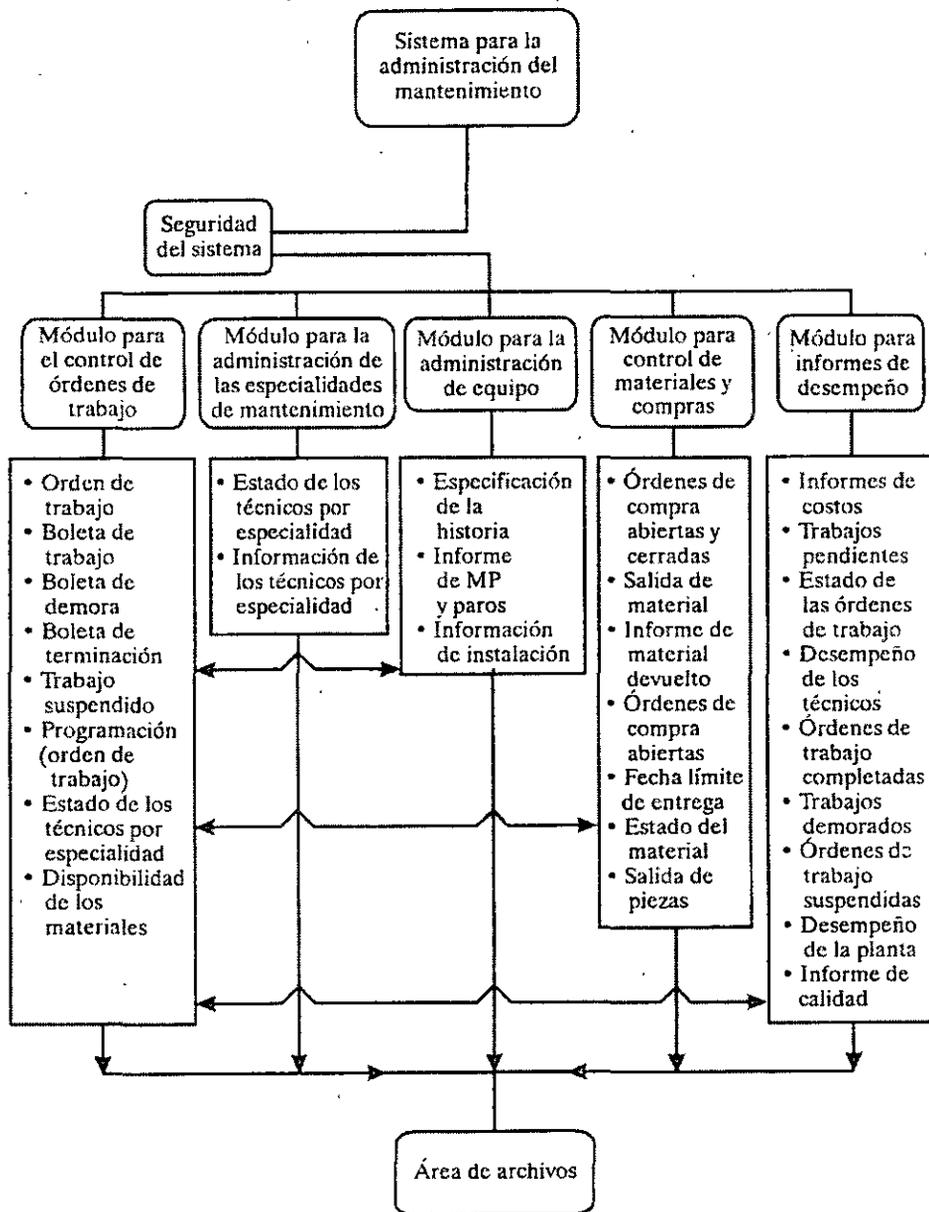
- Identificación del equipo y lista de materiales.
- Mantenimiento preventivo.
- Administración de las órdenes de trabajo.
- Planeación y programación.
- Control de inventarios y compras.
- Mano de obra y estándares de trabajo.
- Historia del equipo.
- Costos y presupuestos.
- Informes de desempeño.
- Informes de calidad.

Módulos del SCAM

En el proceso de diseño de un SCAM, generalmente se agrupan en un módulo una o más de las funciones anteriores. El diseño de un SCAM para apoyo de las funciones anteriores, constaría de los siguientes cinco módulos:

1. Administración de equipo.
2. Control de órdenes de trabajo.
3. Administración de las especialidades en mantenimiento.
4. Abastecimiento y control de materiales.
5. Informes de desempeño.

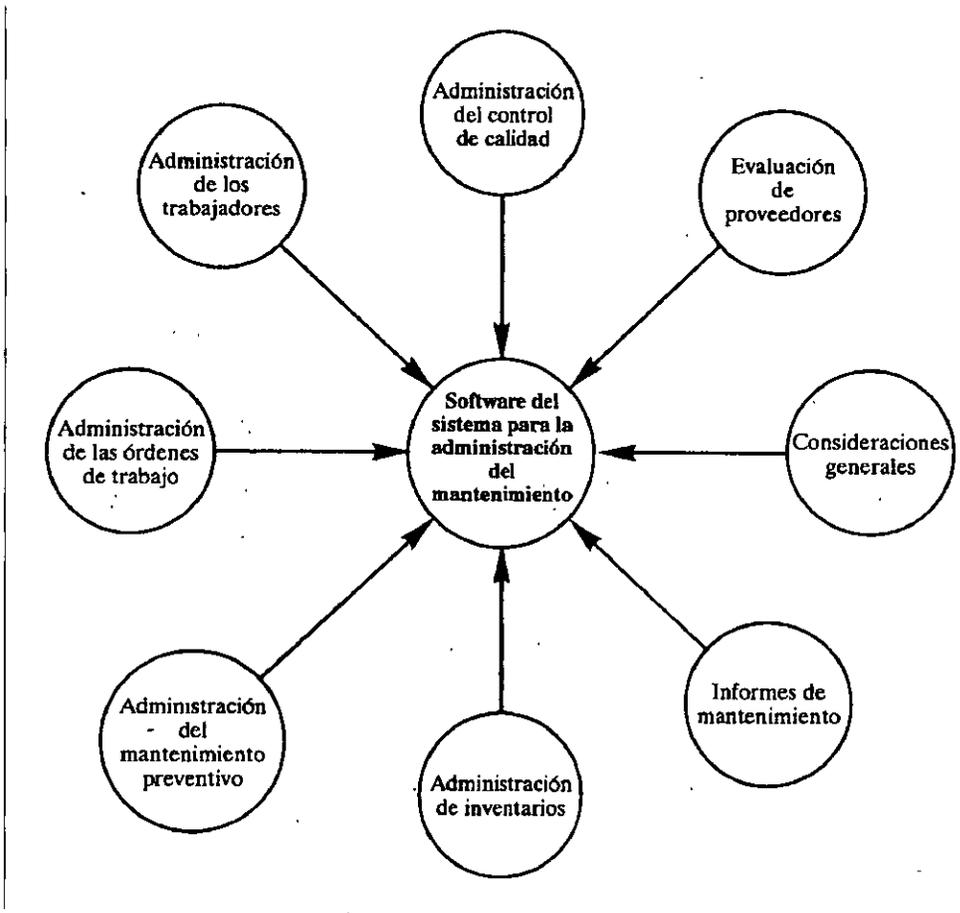
En la figura de la página siguiente se muestra la estructura de un SCAM



Estructura del sistema computarizado para la administración del mantenimiento

Existen más de 200 sistemas computarizados para la administración del mantenimiento disponible en el mercado. La selección de un SCAM apropiado no es una tarea fácil y depende de la capacidad funcional del sistema.

Las funciones básicas que debería tener un sistema computarizado de administración del mantenimiento, se muestran en la siguiente figura:



MÓDULO VII

AVANCES EN LOS CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO¹

Auditoría del mantenimiento y mejora continua de los sistemas de mantenimiento

Para que el sistema de mantenimiento pueda desempeñar su papel, todos sus factores y componentes deben estar bien diseñados, optimizados, y ser evaluados y mejorados continuamente. Los factores incluyen: personal y políticas de la organización, capacitación, motivación control gerencial, instalaciones, almacenes y material, mantenimiento preventivo e historia del equipo, y sistema de información.

Para lograr lo anterior, se debe diseñar un programa paso a paso de mejora continua para los sistemas de mantenimiento. La meta del programa sería lograr y establecer un sistema de mantenimiento productivo, basado en la mejora de los factores anteriores. El punto inicial en el diseño de un programa de mejora sería evaluar el estado actual del sistema.

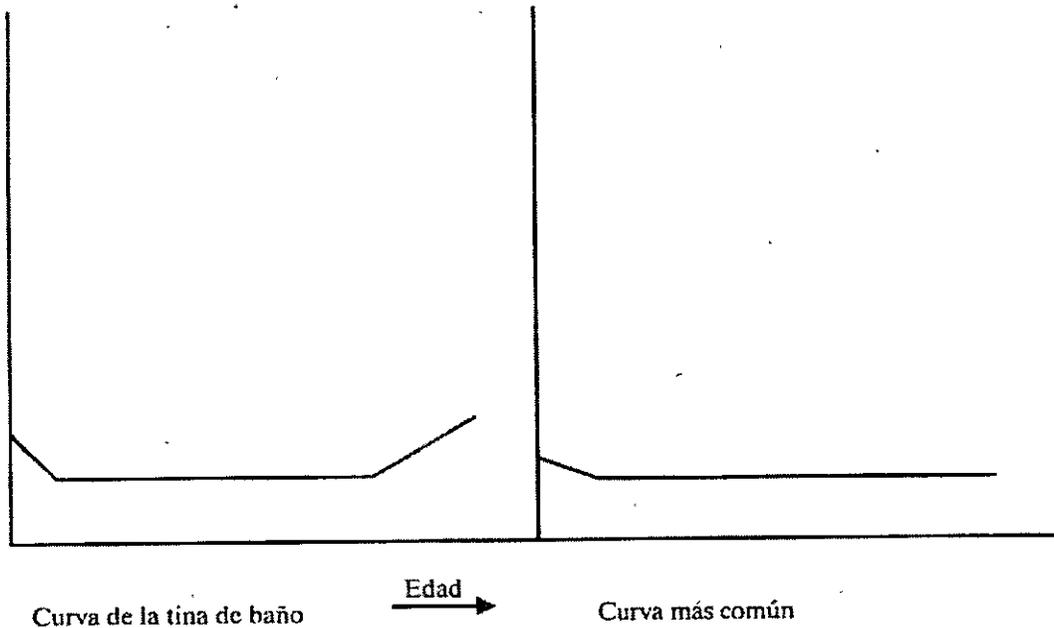
Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) fue desarrollado por la industria de la aviación civil en los Estados Unidos, derivado de un estudio de la eficacia de las reparaciones generales, basadas en el tiempo, de componentes complejos en los sistemas de los equipos de las aeronaves civiles.

La conclusión clave fue que las reparaciones generales basadas en el tiempo, de equipos complejos, no afectaban de manera significativa, ni positiva ni negativamente, la frecuencia de las fallas.

Este estudio demostró que la probabilidad condicional de falla, denominada "de la tina de baño", contra la curva de la edad, era sólo uno de los seis principales patrones de fallas. El patrón de fallas más común en los equipos complejos es aquél que muestra una elevada "mortalidad infantil", es decir, la máxima probabilidad condicional de falla ocurre en los primeros periodos de la edad del equipo y luego disminuye hasta una tasa constante de fallas, como se ilustra en la siguiente figura:

¹ Tomado de: Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon, J., "Sistemas de mantenimiento. Planeación y control.", edit Limusa Wiley, México, Méx., 2005, pp 339-370



Probabilidad condicional de la falla contra la edad del equipo

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una metodología lógica derivada de esta investigación en el sector de la aviación, y hace uso de la herramienta del análisis de modo de falla, efecto y grado crítico (FMECA).

Mantenimiento productivo total

El mantenimiento productivo total (MPT) es un enfoque gerencial para el mantenimiento que se centra en la participación de todos los empleados de una organización en la mejora del equipo.

Este método se desarrolló en el sector manufacturero japonés, comenzando con la aplicación del mantenimiento preventivo al estilo norteamericano y europeo y avanzando hasta la aplicación de los conceptos de la administración de la calidad total y la manufactura justo a tiempo (JIT) en el campo del mantenimiento de los equipos.

Reingeniería de procesos en mantenimiento

Hammer fue el primero en formular los conceptos de la reingeniería de procesos en un artículo titulado: "No automatice, borre todo". El argumento era que muchos procesos de los negocios son extremadamente complicados, ineficientes y cargados con demasiadas actividades que no agregan valor y que su simple automatización con soluciones de tecnología informática no mejoraría sustancialmente su desempeño. Proponía volver a empezar con un nuevo proceso de negocios, directo y uniforme, que emprenda la transacción más común con el mínimo número de pasos y que se concentre en agregar valor para el cliente. Lo que agrega valor es alta calidad, rapidez y servicio a bajo costo y con un riesgo aceptable.

La reingeniería del proceso de mantenimiento abarca el empleo de varias técnicas para ayudar a entender el proceso actual, sus costos y sus componentes que agregan valor, y ayudar a establecer la visión y las metas de desempeño para el nuevo proceso.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 26 de septiembre de 2005

ANEXOS TERCERA PARTE

CI - 207

Instructor: Ing. Raúl H. Moncada Fuentes
SENADO DE LA REPUBLICA
AGOSTO/SEPTIEMBRE DE 2005

Reporte de trabajo	Fecha	Reporte núm.
Nombre del empleado:	Ocupación:	Hora de inicio:
Nombre de la instalación	Ubicación	Identificación
Defecto del equipo Acción correctiva Refacciones/materiales utilizados Medición/observaciones Condición general del equipo Observaciones: Tiempo consumido:		

Figura 2.5 Tarjeta de trabajo (reporte).

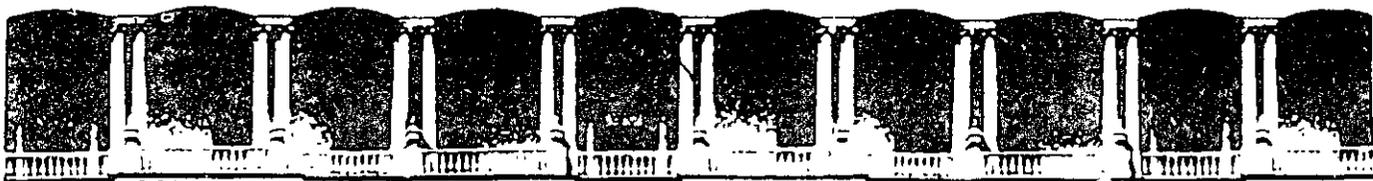
Nombre del empleado

Semana que termina Turno

Aprobación del encargado: Nombre Firma

Día	Trabajo 1		Trabajo 2		Trabajo 3		Trabajo 4		Trabajo 5		Horas totales
	Número de orden de trabajo	Horas consumidas	Número de orden de trabajo	Horas consumidas	Número de orden de trabajo	Horas consumidas	Número de orden de trabajo	Horas consumidas	Número de orden de trabajo	Horas consumidas	
L											
M											
M											
J											
V											
S											
D											

Figura 2.6 Tarjeta de tiempo de trabajo diario.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Del 22 de agosto al 12 de septiembre de 2005

APUNTES GENERALES

CI - 207

Instructor: Ing. Francisco Macías Ortega
SENADO DE LA REPUBLICA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc AGOSTO/SEPTIEMBRE DE 2005
Teléfonos: 5512-8955 5512-5121 5521-7335 5521-1987 Fax 5510-0573 5521-4021 AL 25