

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ÍNDICES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CLASE MUNDIAL,  
APLICADO A EMPRESAS CONCRETERAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ERICK ROBERTO TURCIOS ESTRADA**

ASESORADO POR: ING. EDWIN HERIBERTO GÓMEZ CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR:	Ing. José Ramírez Illescas
EXAMINADOR:	Ing. Roberto Alfredo Pineda Dávila
EXAMINADOR:	Ing. Juan Luis Obiols Dávila
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ÍNDICES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CLASE MUNDIAL, APLICADO A EMPRESAS CONCRETERAS**

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de febrero de 2004.

---

**ERICK ROBERTO TURCIOS ESTRADA**



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ÍNDICES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CLASE MUNDIAL,  
APLICADO A EMPRESAS CONCRETERAS**

**ERICK ROBERTO TURCIOS ESTRADA**

**ASESORADO POR: ING. EDWIN HERIBERTO GÓMEZ CRUZ**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2004**

## **DEDICATORIA**

A DIOS TODOPODEROSO

Quién en su infinita misericordia permitió que culminara este trabajo.

A MI ESPOSA ODETTE

Por el apoyo y colaboración, por el amor que siempre me has brindado, te amo.

A MIS HIJAS        NATHALIE MICHELLE

JESSICA DENNISE

KARIN ODETTE

Como un ejemplo y muestra de mi amor por ustedes.

A MIS PADRES     ROBERTO TURCIOS PINEDA

OLGA MYRIAM ESTRADA MOYA DE TURCIOS

Por haberme brindado la mejor herencia que es el estudio y poder llegar a obtener este éxito, los quiero mucho.

A MIS HERMANOS

Como muestra del cariño por ustedes y sus familias

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ingeniero Edwin Heriberto Gómez Cruz, por la asesoría brindada en el presente trabajo.

Al Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez por sus consejos y apoyo para que el presente trabajo fuera una realidad.

A mis compañeros de trabajo de Mixto Listo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>IX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>XI</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1. Historia y evolución de mantenimiento	1
1.2. Tipos de mantenimiento	4
1.2.1 Mantenimiento de avería	4
1.2.2 Mantenimiento correctivo	5
1.2.3 Mantenimiento predictivo	8
1.2.4 Mantenimiento preventivo	9
1.2.5 Mantenimiento proactivo	12
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>13</b>
2.1 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento	13
2.1.1 Planificación	13
2.1.2 Organización	16
2.1.2.1 Instalaciones	17
2.1.2.2 Área para sectores auxiliares	20
2.1.2.2.1 Área eléctrica	21
2.1.2.2.2 Área de almacén	21

2.1.2.2.3	Área de limpieza, lavado y lubricación	22
2.1.2.2.4	Área de mecánica de banco y soldadura	23
2.1.2.2.5	Área de equipo de colocación de concreto	23
2.1.2.2.6	Área de estacionamiento	24
2.1.3	Control de costos	24
<b>3.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>29</b>
3.1	Inventario y registro	29
3.2	Programación de mantenimiento	33
3.3	Normas y recomendaciones de seguridad	35
3.4	Recolección de datos	36
3.5	Orden de trabajo	39
3.6	Mano de obra disponible	42
3.7	Datos de operación	43
3.8	Registro de medición	44
<b>4.</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>45</b>
4.1	Informes de gestión de mantenimiento	45
4.2	Indices de clase mundial	46
4.2.1	Tiempo medio entre fallas	46
4.2.2	Tiempo medio para la reparación	47
4.2.3	Tiempo medio para la falla	47
4.2.4	Disponibilidad de equipos	49
4.2.5	Costo de mantenimiento por facturación	53
4.2.6	Costo de mantenimiento por el valor de reposición	54



4.3	Gestión de equipos	56
4.3.1	Tiempo medio entre mantenimientos preventivos	56
4.3.2	Tiempo medio para intervenciones preventivas	56
4.3.3	Tasa de falla observada	57
4.3.4	Tasa de reparación	57
4.3.5	No conformidad de mantenimiento	58
4.3.6	Sobrecarga de servicios de mantenimiento	58
4.3.7	Alivio de servicios de mantenimiento	59
4.4	Informe de historial de equipos	60
4.5	Gestión de costos	61
4.5.1	Componente del costo de mantenimiento	62
4.5.2	Progreso en los esfuerzos de reducción de costos	63
4.5.3	Costo relativo con personal propio	63
4.5.4	Costo relativo con material	63
4.5.5	Costo de mano de obra externa	64
4.5.6	Costo de mantenimiento con relación a la producción	64
4.5.7	Costo de capacitación	65
4.5.8	Inmovilizado en repuestos	65
4.5.9	Costo de mantenimiento por valor de venta	66
4.5.10	Costo global	66
4.6	Gestión de mano de obra	67
4.6.1	Trabajo en mantenimiento programado	67
4.6.2	Trabajo en mantenimiento correctivo	68
4.6.3	Otras actividades del personal de mantenimiento	68
4.6.4	Capacitación del personal de mantenimiento	68
4.6.5	Horas no calculadas del personal de mantenimiento	69
4.6.6	Estructura – personal de control	70
4.6.7	Estructura – personal de supervisión	70
4.6.8	Estructura – envejecimiento de personal – edad	71

4.6.9	Clima social – movimiento de personal	71
4.6.10	Efectivo real o efectivo promedio diario	72
4.6.11	Tasa de frecuencia de accidentes	72
4.6.12	Tasa de gravedad de accidentes	73
<b>5.</b>	<b>SEGUIMIENTO Y CONTROL</b>	<b>75</b>
5.1	Control dinámico de grandes reparaciones	75
5.2	Control del Costo de Mantenimiento	77
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Secuencia de eventos de mantenimiento correctivo	6
2. Punto de equilibrio de mantenimiento correctivo y preventivo	11
3. Costo de mantenimiento con relación al tiempo	25
4. Formato modelo de catastro general de equipos	32
5. Formato modelo de catastro específico de equipos	32
6. Mapa modelo de la programación anual de mantenimiento con cincuenta y dos semanas	34
7. Modelo de orden de trabajo para mantenimiento	40
8. Modelo de reporte de tiempo	41
9. Modelo formulario de datos de operación	43
10. Interpretación gráfica de los índices TMPF, TMEF y TMPR	48
11. Modelo de tabla de disponibilidad de equipo	52
12. Modelo gráfico de disponibilidad de un equipo seleccionado	53

13. Gráfico de costo de mantenimiento por inmovilizado de un equipo	55
14. Modelo de informe de no conformidades con índices de alivio y sobrecarga	59
15. Modelo de historial de un equipo	60

## GLOSARIO

<b>Catastro</b>	Censo o padrón estadístico de los equipos.
<b>Componente</b>	Ingenio esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física que conjugado a otro crea el potencial de realizar un trabajo.
<b>Defecto</b>	Ocurrencia en un ítem que no impide su funcionamiento, sin embargo, puede a corto o largo plazo acarrear su disponibilidad.
<b>Equipo</b>	Conjunto de componentes interconectados con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.
<b>Falla</b>	Ocurrencia en un ítem que impide su funcionamiento.
<b>Familia de equipo</b>	Equipos con iguales características de construcción ( fabricante, tipo y modelo ).
<b>Item</b>	Equipo, obra o instalación.

<b>Pieza</b>	Todo y cualquier elemento físico no divisible de un mecanismo, es la parte del equipo donde de una manera general serán desarrollados los cambios y eventualmente las reparaciones.
<b>Prioridad</b>	Intervalo que debe transcurrir entre la constatación de la necesidad de una intervención de mantenimiento y el inicio de la misma.

## **RESUMEN**

Los índices de mantenimiento industrial clase mundial son una herramienta para la administración de mantenimiento, donde se pueden tomar decisiones, establecer metas y analizar el comportamiento de los equipos durante su vida útil, generando un historial de fallas; esto viene en conjunto con las rutas de mantenimiento programado, lo cual facilita la planificación del mismo, evaluando los servicios prestados por el departamento de mantenimiento estableciendo prioridades.

Al tener estos controles, se pueden involucrar a otros departamentos de la empresa para enseñarles la importancia de los datos que alimentan estos informes, se puede tener un mejor control de los costos de mantenimiento que han sido difíciles de controlar a través de los años, ya que el personal está capacitado e involucrado en la gestión de mantenimiento y se tiene un mejor análisis de las condiciones de los equipos para futuros cambios.

## **OBJETIVOS**

### General

Aplicar los informes de gestión Índices de Mantenimiento Industrial, clase mundial a empresas concreteras, facilitando así su toma de decisiones, establecimiento de metas y evaluación de la actividad de mantenimiento.

### Específicos

1. Establecer informes de fácil análisis para diferentes niveles de gestión.
2. Facilitar la planificación de mantenimiento.
3. Obtener control en los costos de mantenimiento.
4. Diseñar las rutinas del programa de mantenimiento.
5. Generar un historial de fallas y evaluar condiciones de los equipos.
6. Analizar prioridades para los servicios de mantenimiento.
7. Ser una herramienta fundamental para la administración de mantenimiento.



## INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XIX, el mantenimiento había sido de importancia secundaria, ya que surgió cuando algunas máquinas necesitaban algunas reparaciones; después fue acompañando el desarrollo técnico industrial de la humanidad.

Conforme avanzaron los años, éste se fué desarrollando ya que se quería el máximo de rentabilidad para una inversión, después, se tomó en cuenta al consumidor como elemento importante exigiendo calidad en los productos; con esto, el mantenimiento debía reducir tiempos de paro, realizar reparaciones a tiempo y garantizar el funcionamiento de los equipos.

Estas etapas de mantenimiento industrial se caracterizaron por reducción de costos y garantía en la calidad o sea confiabilidad y productividad de los equipos.

Hoy, los profesionales de mantenimiento son más exigidos en atención a clientes tanto internos como externos, tener bajo control el costo de mantenimiento; por esto, la organización es vista como una cadena de eslabones donde evidentemente el mantenimiento es uno de los de mayor importancia para los resultados de la empresa.

Por ello, para ser un buen administrador de mantenimiento y tener las herramientas para realizarlo, son creados los informes de gestión “ Índices de Mantenimiento Industrial, Clase Mundial” con los cuales se pueden tomar decisiones, establecer metas y evaluar las actividades de mantenimiento.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Historia y evolución del mantenimiento**

A fines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones; hasta 1914 el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo grupo de operación.

Cuando llegó la Primera Guerra Mundial y la implantación de la producción en serie instituída por Ford; las empresas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia, sintieron la necesidad de formar equipos que pudieran efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible.

En función de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de producción, la alta administración pasó a preocuparse, no solamente de corregir fallas, sino también de evitar que las mismas ocurriesen, por lo cual el personal técnico de mantenimiento pasó a desarrollar el proceso de prevención de averías, que juntamente con la corrección, completaban el cuadro general de mantenimiento.

Con el desarrollo de la industria para satisfacer los esfuerzos de la posguerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observaron que, en muchos casos, el tiempo empleado para diagnosticar fallas era mayor que el tiempo empleado para la reparación, por lo cual seleccionaron grupos de especialistas para conformar un órgano asesor que se llamó ingeniería de mantenimiento, recibiendo las funciones de planificar y controlar el mantenimiento preventivo analizando causas y efectos de las averías.

Con la difusión de las computadoras y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasó a desarrollar criterios de predicción ó previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución del mantenimiento.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento predictivo fueron asociados a métodos de planificación y control de mantenimiento automatizados, reduciendo las tareas de los ejecutantes del mantenimiento, lo que ocasionó el desmembramiento de la ingeniería de mantenimiento, que pasó a tener dos equipos: Estudios de fallas crónicas y el de planificación y control de mantenimiento.

Con el desarrollo de los sistemas automatizados de mantenimiento, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesar sus propios programas, eliminando los inconvenientes de la dependencia de disponibilidad humana y de equipos, para atender las prioridades de procesamiento de la información a través de una computadora

central; sin embargo, es recomendable que esas computadoras sean asociadas a una red, posibilitando que la información quede disponible para todos los órganos de la empresa.

En ciertas empresas, esta actividad se volvió tan importante que el PCM (planificación y control de mantenimiento) pasó a convertirse en un órgano de asesoramiento a la supervisión general de producción.

Actualmente, con las exigencias de incremento de la calidad de los productos y servicios, hechas por los consumidores, el mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, en un grado de importancia equivalente a lo que se venía practicando en operación.

Estas etapas evolutivas del mantenimiento industrial se caracterizaron por la reducción de costos y por la garantía de la calidad (a través de la confiabilidad y la productividad de los equipos) y cumplimiento de los tiempos de ejecución (a través de la disponibilidad de los equipos).

Los profesionales de mantenimiento pasaron a ser más exigidos, en la atención a sus clientes, o sea, los equipos, obras o instalaciones, quedando claro que las tareas que desempeñan, se manifiestan como impacto directo o indirecto en el producto o servicio que la empresa ofrece a sus clientes. La organización corporativa es vista, hoy en día, como una cadena de eslabones donde, evidentemente el mantenimiento es uno de los de mayor importancia, en los resultados de la empresa.

## **1.2. Tipos de mantenimiento**

De acuerdo con la naturaleza y objetivos que se quieran alcanzar, el mantenimiento se puede clasificar en la siguiente forma:

### **1.2.1 Mantenimiento de avería**

Es cuando una falla se presenta, ocasionando un paro en la producción y se hace necesaria una reparación de emergencia.

La avería se presenta y a partir de este momento se planifican actividades: mano de obra disponible, repuestos, materiales, etc., para su corrección.

Este tipo de mantenimiento es conocido también como reparación de averías, se controla por medio de reportes de “ máquinas fuera de servicio “, las cuales deben de ser atendidas de inmediato, este tipo de mantenimiento tiene un costo alto, debido a su falta de planeación y programación, pues ante el paro de una determinada máquina, inician los gastos de equipo varado, mano de obra parada, siendo su expresión más representativa el retraso de la ejecución de la actividad o proyecto para la cual está diseñado.

### **1.2.2 Mantenimiento correctivo**

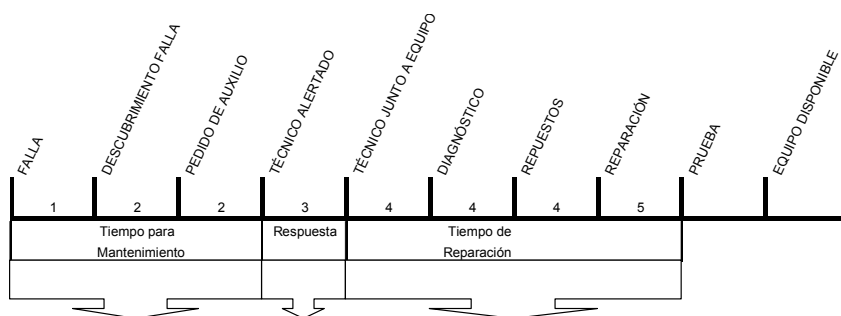
Es parecido al de avería, se diferencian en que el de avería se encarga solamente de reparar el daño o substituir la pieza que ocasionó el desperfecto por otra similar. En tanto, el mantenimiento correctivo se encarga no solo de substituir la pieza que ocasionó el desperfecto, sino además identifica las causas que originaron la falla en la pieza, evaluando si es necesario reemplazarla por otra que se ajuste mejor a las exigencias del ritmo de trabajo y condiciones de operación de la unidad. El mantenimiento correctivo y de avería son los que ocasionan los mayores costos de operación dentro de una empresa.

Las fallas en la maquinaria y equipo se originan por cualquiera de las siguientes fuentes: la máquina o el equipo mismo, el ambiente circundante, el personal que la interviene. Con relación a la máquina o el equipo mismo, depende de las propiedades mecánicas, químicas, eléctricas y electrónicas de sus partes; la calidad de los materiales empleados en ellas, la calidad misma de la marca y el fabricante de la unidad.

El ambiente circundante se toma como una fuente de fallas cuando éste es agresivo a la máquina, para alargar la vida de la misma es necesario construir un ambiente adecuado a ésta, a fin de reducir las fallas por esta fuente. El personal que la interviene se comporta como una fuente de fallas cuando sus habilidades manuales o de pensamiento lógico son de baja calidad, influyendo también el desconocimiento del equipo a asistir, por lo que la mano de obra de mantenimiento y operación del equipo, debe ser cuidadosamente seleccionada de acuerdo a cantidad y calidad.

Cuando no se detecta la necesidad de intervención en un mantenimiento preventivo, las fallas surgirán durante la operación de los equipos, generando una serie de contratiempos representados en la siguiente figura:

**Figura 1. Secuencia de eventos de mantenimiento correctivo**



1. Entre el inicio de la falla y su detección existe un lapso de tiempo en el cual la unidad pierde eficiencia, dañando ocasionalmente otras piezas.

2. Entre la detección del problema, lograr comunicación para solicitar auxilio e informar al técnico encargado de resolver el problema, existe siempre un período variable de tiempo el cual puede ser bastante extenso.

3. Hasta en el momento en que el técnico tiene contacto con la unidad, también se pierde tiempo y dinero. En ocasiones existirán costos de operación de grúa, implementar otra unidad para sustituir la dañada, etc.

4. El técnico inicia su trabajo de diagnóstico de la falla.

5. Este tiempo depende de los repuestos ( Si se cuenta *stock* de los mismos o no ), herramienta, la prueba se efectúa hasta que la unidad se encuentre reparada. Después de un tiempo la unidad estará nuevamente disponible.

### **1.2.3 Mantenimiento predictivo**

El objetivo principal de este mantenimiento, es ejecutar el mantenimiento preventivo en equipos en el momento exacto, en que estos interfieren en la confiabilidad del sistema. Se entiende por Control Predictivo de Mantenimiento, la determinación del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en



un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables.

La determinación de ese punto trae como resultado, índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como en el económico, ya que, la intervención en el equipo, no es efectuada durante el período en que aún está en condiciones de prestar servicio, ni en el período en que sus características operativas están comprometidas.

Los estudios de determinación de ese punto, que es llamado “ Punto Predictivo “, pueden ser realizados bajo dos formas, en función de las características de los equipos: análisis estadístico y análisis de síntomas.

El análisis estadístico, es aplicado cuando existe en la instalación, una cantidad apreciable de equipos o componentes con las mismas características, que puedan ser considerados como un “ universo “, para el desarrollo de los cálculos de probabilidades y que tienen características aleatorias de fallo, o sea, a los cuales no es posible hacer acompañamiento de sus variables.

El análisis de síntomas, es aplicado cuando es necesario el desarrollo de estudios para la determinación del punto predictivo, en equipos con características impares, con relación a los demás equipos instalados y en los cuales es posible hacer mediciones de sus variables.

En ambos casos, es recomendable que este trabajo sea desarrollado para equipos prioritarios de las instalaciones, ya que abarcan costos adicionales de inversión de material ( instrumentos de medición ) y mano de obra.

El análisis estadístico se basa en la determinación del término de vida útil, objeto del estudio en la curva de tasa de fallas con relación al tiempo, entendiéndose por tasa de

fallas “ la relación entre un incremento del número de fallas y el incremento correspondiente de tiempo, en cualquier instante de la vida de un equipo “ y por vida útil “ el período de tiempo, durante el cual el equipo desempeña su función con una tasa de fallas aceptable “.

#### **1.2.4 Mantenimiento preventivo**

Se define como la conservación planeada de las máquinas, su función es conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones, para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones, teniendo como finalidad reducirlas al mínimo.

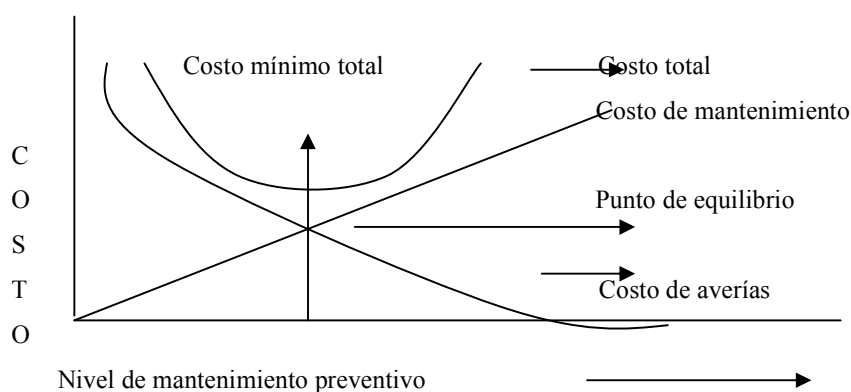
El mantenimiento preventivo consiste básicamente en la serie de trabajos a desarrollar en la maquinaria y equipo, para evitar interrupciones en el servicio que proporciona. Estos trabajos, generalmente son tomados de manuales de fabricantes, ya que éstos dan los puntos de las unidades a los cuales hay que presentarles mayor atención.

En ocasiones las recomendaciones del fabricante se modifican con el objeto de establecer un sistema adecuado a las necesidades locales, tomando en cuenta los puntos de vista que hacen los técnicos de mantenimiento en cada especialidad. La base del mantenimiento preventivo consiste en establecer una serie de controles que permitan detectar, cuando la maquinaria está dando el rendimiento deseado, sin que ésta sobrepase los límites calculados de tolerancia de trabajo, previamente establecidos por el fabricante.

Una de las principales herramientas del mantenimiento preventivo son los programas, los cuales representan una serie de rutinas bien definidas y establecidas, pudiendo con ellos reducir considerablemente los costos de averías no programadas; sus funciones principales son: efectuar constantes pruebas y verificaciones de la maquinaria desde el punto de vista del operador; efectuar excepcionalmente pruebas y verificaciones sobre alguna parte de la maquinaria cuando existan sospechas de falla; efectuar excepcionalmente pruebas y verificaciones sobre el comportamiento de la maquinaria, para comprobar que está trabajando aún en situaciones de tolerancia.

En la tentativa de reducir averías, la extensión de las operaciones de mantenimiento preventivo puede llegar a tal punto que su costo exceda al de las averías. Incumbe al Ingeniero encargado de mantenimiento preventivo, determinar el punto de equilibrio entre costos de averías y mantenimiento preventivo. Esta relación se describe en la figura siguiente:

**Figura 2. Punto de equilibrio de mantenimiento correctivo y preventivo**



Obsérvese que si bien se puede agregar o suprimir mantenimiento preventivo, de lo cual resulta una curva de costo de mantenimiento aproximadamente lineal, al aumentar los costos de mantenimiento preventivo, la magnitud de la reducción de costos por avería disminuye rápidamente y su curva es asintótica a la de mantenimiento preventivo.

### **1.2.5 Mantenimiento proactivo**

Al igual que el mantenimiento predictivo, se monitorea la falla y se anticipa a la misma, sin tener intervalos rígidos, con la salvedad que se corrige el diseño para evitar definitivamente que la falla se presente posteriormente.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento**

Esta es la primera etapa para la implantación de un sistema de información gerencial la cual se constituye en la investigación de las necesidades de los usuarios y en la evaluación de criterios para la recolección de datos, en función de los tipos de informes deseados.

Se debe tomar en cuenta la planificación, organización y control de costos, para el área de mantenimiento.

#### **2.1.1 Planificación**

Actualmente la planificación del mantenimiento se realiza usando como base el mantenimiento por tiempo (horas de trabajo) especificadas por los fabricantes de los equipos, para los que están sujetos a trabajo prolongado. Para cada nivel de horas existe una rutina especificada, la

cual se desarrolla en la fecha programada pudiendo tener alguna variación específica en este caso de +/- 25 horas entre cada mantenimiento.

Los equipos a los que nos referimos anteriormente son por ejemplo: dosificadores, revolvedores, bombas de concreto, plantas eléctricas, cargadores frontales, etc.

Para algunos equipos a los cuales el motor no está sujeto a trabajar por períodos prolongados se toma como base el kilometraje recorrido; aquí la variación puede ser de +/- 500 kilómetros entre cada mantenimiento.

Aquí nos referimos a transportes, los cuales podemos mencionar los siguientes: furgones para herramienta de cuadrilla, góndolas para transporte de agregados, pipas de combustible, pipas de agua, pipas para transporte de cemento, cabezales, *pickups*, etc.

Algunas otras máquinas se programan por fecha, si operan constantemente o bien puede ser por cantidad de metros cúbicos de concreto producidos; entre las cuales tenemos: plantas de concreto, silos para almacenaje de cemento, edificios, bombas impulsadoras de concreto, etc.

Esto se hace para mantener el equipo en óptimas condiciones y tener mayor disponibilidad durante su vida útil, evitando en lo mayor posible los mantenimientos correctivos, reduciendo con ello los costos de operación.

Se tiene que tener un historial sobre la operación de los equipos para poder así realizar la programación respectiva y no interrumpir con la programación de producción.

A continuación se presenta un ejemplo, para programar una unidad a mantenimiento:

Vamos a suponer que se trabaja de lunes a sábado, un mes de 31 días.

- Días trabajados por mes:	25
- Horas trabajadas por día (promedio):	10
- Intervalo de mantenimiento (horas):	250

Esto nos implica que cada 25 días hábiles debemos hacer mantenimiento a la unidad, suponiendo que esta no debe fallar en el transcurso de el cumplimiento de el período.

El día que la unidad sale a mantenimiento debe estar el día completo, para poder realizar en forma óptima el trabajo y si hubiera alguna reparación correctiva se pueda realizar en el mismo día; se debe asegurar la presencia de el operador de la unidad para que inspeccione y a su vez se realice la limpieza respectiva.

Como en el taller no se tiene una sección de lavado, es el operador de la unidad el responsable de la limpieza y cuidado de la misma. Al final del trabajo el operador debe de firmar la orden de trabajo en el renglón de recibido conforme, el mecánico en el renglón de técnico que realizó el trabajo, el jefe de taller en el renglón de visto bueno, para respaldo de el trabajo realizado por el taller de mantenimiento; por posibles reclamos posteriores.

### **2.1.2 Organización**

A el principio el taller de mantenimiento se encontraba dedicado en un porcentaje alto a el mantenimiento correctivo; el recurso humano era reducido igualmente la cantidad de unidades para atender. Asimismo, el personal no tenía los conocimientos necesarios para solventar los problemas y se recurría a talleres externos para realizar los mantenimientos mayores.

Con el tiempo incrementó la cantidad de maquinaria y con ello el personal, el cuál es más calificado y se cuenta con más tecnología para responder a las necesidades de producción.

La jefatura de el taller se encuentra a cargo de una persona, la cual debe programar los mantenimientos, asignar tareas, llevar reportes e historial de la maquinaria, verificar repuestos e insumos en existencia, dar soporte y capacitación a su personal.

Abajo de el jefe se encuentran los supervisores, los cuales son encargados de supervisar a el personal, asignando trabajo a cada uno, verificando que se cumplan normas y procedimientos para la ejecución; es encargado de el área técnica; lleva el control de las órdenes de trabajo y reportes de tiempo.

Después tenemos a los mecánicos, los cuales son encargados de la ejecución de el trabajo asignado, cumpliendo normas y procedimientos en el menor tiempo posible.

#### **2.1.2.1 Instalaciones**

| Las características de las instalaciones están directamente relacionadas con el tipo y tamaño de la empresa, así



como con el nivel de mantenimiento adoptado; el hecho está que en la mayor adecuación del mismo influirá en la eficiencia y calidad de los trabajos que se realicen.

Para nuestro caso que se tiene equipos móviles ( vehículos, bombas de concreto, cargadores frontales, góndolas, etc.), se debe calcular las instalaciones para mantenimiento preventivo, reparaciones, pintura, etc.

Básicamente los servicios de mantenimiento son ejecutados en fosas a fin de facilitar la inspección y los servicios en la parte inferior del equipo; el número de lugares de trabajo para mantenimiento ( LMP) puede ser determinado por la fórmula siguiente:

$$\text{LMP} = \frac{\text{VF} * \text{KMD} * \text{TMM}}{\text{IM} * \text{HE}}$$

Donde;

LMP = Lugares para mantenimiento preventivo

VF = Número de vehículos (equipos móviles) de la flota

KMD = Kilometraje promedio recorrido por el vehículo/día

TMM = Tiempo promedio de ejecución de cada servicio de mantenimiento en horas.

IM = Intervalo de mantenimiento ( kilómetros)

HE = Horas de trabajo diario del taller

Para ejemplificar nuestro caso tendríamos:

VF = 87            KMD = 126            TMM = 8            HE = 8

IM = 5000

$$\text{LMP} = \frac{87 * 150 * 8}{5000 * 8} = 3 \text{ lugares}$$

Para el cálculo de lugares de trabajo para mantenimiento correctivo (LMC) tenemos la siguiente fórmula:

$$\text{LMC} = \frac{\text{VF} * \text{HMA}}{\text{DU} * \text{HE}}$$

Donde;

LMC = Número de lugares para reparación

VF = Número de vehículos (equipos móviles) de la flota

HMA = Número promedio de horas de mantenimiento correctivo  
(promedio anual de los tiempos de reparación de los vehículos de la flota)

DU = Número de días hábiles de la ciudad

HE = Horas de trabajo diario del taller

Para ejemplificar nuestro caso tendríamos:

VF = 87            DU = 296            HMA = 100            HE = 8

Entonces obtendríamos:

$$\text{LMC} = \frac{87 * 100}{296 * 8} = 4 \text{ lugares}$$

### **2.1.2.2 Área para sectores auxiliares**

Se debe tomar en cuenta las áreas para los sectores auxiliares, tales como:

- Área eléctrica
- Área de almacén
- Área de limpieza, lavado y lubricación
- Área de mecánica de banco y soldadura
- Área de equipo menor (colocación de concreto)
- Área de estacionamiento

#### **2.1.2.2.1 Área eléctrica**

En esta área se realizan los trabajos de mantenimiento correctivo y recuperación de todo lo concerniente a sistemas eléctricos de los equipos, baterías, motores de arranque, alternadores, motores estacionarios, arrancadores, tableros, etc.

El objetivo de ésta área es mantener un stock de equipo eléctrico para aumentar la eficiencia y disponibilidad de los equipos para producción.

#### **2.1.2.2.2 Área de almacén**

En esta área se almacenan todos los repuestos, lubricantes y materiales para la realización de la tarea de mantenimiento; estos deben adecuarse de manera que los repuestos de mayor rotación estén más próximos a el área de despacho.

Podemos tomar como referencia una bodega centralizada a donde llegan todos los mecánicos; los artículos tales como lubricantes, aditivos, llantas se pueden descentralizar parcialmente, para disponer de mejor espacio en la bodega principal.

Para los materiales necesarios para trabajos de soldadura se deben colocar en estanterías diseñadas para ello, igualmente con las llantas se pueden apilar una encima de otra ( sin sobrepasar el límite para no dañar su estructura ) o en estanterías ordenadas según el tipo.

Los artículos de limpieza, oficina, corrientes, formularios, etc. deben ocupar en la bodega el menor espacio posible; para agilizar la eficiencia en el manejo y distribución de los materiales.

#### **2.1.2.2.3 Área de limpieza, lavado y lubricación**

En esta área se lavarán y limpiarán los equipos para poder realizarles el mantenimiento necesario (correctivo o preventivo), esto nos sirve para realizar un diagnóstico de fallas más eficiente, con ello el trabajo es más limpio y ordenado.

Debemos tener un área para lubricación, en la cuál se lubricarán todos los equipos, se les cambiarán sus aceites; se puede hacer en los lugares destinados para mantenimiento preventivo.

#### **2.1.2.2.4 Área de mecánica de banco y soldadura**

En esta área se corrigen todos los daños en las estructuras de la maquinaria y equipo, así como la fabricación y modificación de accesorios, piezas necesarias para optimizar el funcionamiento de la maquinaria.

Aquí se encuentran las herramientas necesarias para realizar diferentes trabajos en frío o en caliente.

#### **2.1.2.2.5 Área de equipo de colocación de concreto**

En esta área se realizan las reparaciones preventivas y correctivas de el equipo de bombeo y equipo menor para colocación de concreto entre los cuales podemos mencionar motores vibradores, ejes, helicópteros, reglas vibratorias, vibra strike, bombas de agua, plantas portátiles, etc.

#### **2.1.2.2.6 Área de Estacionamiento**

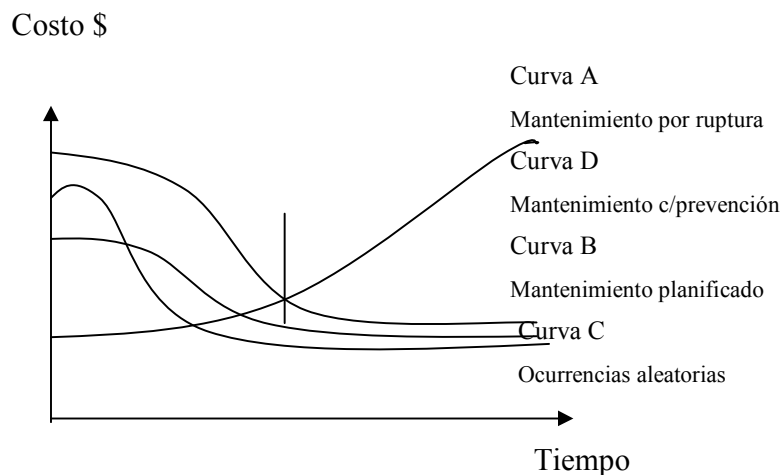
En esta área se debe tomar en cuenta los lugares para equipos o maquinaria que entrará a mantenimiento, equipo o maquinaria desactivada o que se incorporará a la flota, equipo o maquinaria de apoyo ( grúa, taller móvil, *pickup*, etc.), y el equipo o maquinaria disponible para trabajar.

### **2.1.3 Control costos**

Através del tiempo se ha demostrado que el costo de mantenimiento no está bajo control y es un factor importante en el incremento del desempeño global de los equipos; en términos mundiales el gasto en mantenimiento debe estar alrededor de 2% o menos del valor del activo.

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de la adquisición de repuestos, aumento del stock de materia prima improductiva, pago de horas extra del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes.

**Figura 3. Costo de mantenimiento con relación al tiempo**



La implantación de la planificación y control, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida, con tasa negativa



anual del orden del 20% y tendencia a valores estables, que pueden representar en el cómputo total, un ahorro de 300 a 500%, siendo más de la mitad de este ahorro debido a la facturación cesante.

Considerando el costo total de una parada de equipo, como la suma del costo de mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo, falta de equipos, costo por emergencias, costos extras para reorganizar la producción, costos por repuestos de emergencia, penalidades comerciales e imagen de la empresa.

La experiencia através de los años nos muestra al hacer la evaluación del costo de indisponibilidad que este representa más de la mitad del costo total de la parada.

**COSTO TOTAL DE PARADA = COSTO DE MANTENIMIENTO + COSTO DE INDISPONIBILIDAD**

De donde;

**COSTO DE MANTENIMIENTO = (MANO DE OBRA + REPUESTOS + MATERIALES + LUBRICANTES + ACCESORIOS )**

De donde;

**COSTO DE MANO DE OBRA = MANO DE OBRA + RECARGOS SOCIALES (PRESTACIONES)**

**COSTO DE INDISPONIBILIDAD = M<sup>3</sup> NO PRODUCIDOS \* HORAS NO TRABAJADAS \* VALOR DEL M<sup>3</sup> DE CONCRETO**

La inversión inicial en mantenimiento planeado es mayor que el de mantenimiento no planeado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo el mantenimiento preventivo tiende a valores reducidos y estables, la suma general de los gastos de mantenimiento planeado y preventivo a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al mantenimiento por rotura.

Consecuentemente los beneficios de la prevención solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento por rotura y con prevención, antes y después de ese punto sean iguales; si la vida útil de los equipos de la instalación es menor que el tiempo de la obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado.



### **3. IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1. Inventario y registro**

Al implementar un sistema de control de mantenimiento, es recomendable iniciar el proyecto de recopilación de datos, identificando los elementos que componen la instalación industrial o de servicio, su localización y utilidad.

Este conjunto de informaciones, llamado Inventario correlaciona cada equipo con su respectiva área de aplicación, función, centro de costos y posición física o geográfica en el área de producción y ayuda al personal de gerencia, para dimensionar los equipos de operación y mantenimiento, cualificación al personal, definición de instrumentos, herramientas y máquinas, además de la proyección del plan general de construcción y distribución de los talleres de apoyo.

Una vez identificados los equipos que componen la instalación, los registros se complementan, en la medida de lo posible, en base a un estándar, con las demás informaciones las cuales deben ser suficientemente amplias para absolver consultas de especificación, fabricación, adquisición, traslado, instalación, operación y mantenimiento.

El registro para cada tipo de equipo deberá reunir lo siguiente:

Datos de construcción (manuales, catálogos y diseños), de compra (adquisición, solicitudes, presupuesto, fechas y costos), de origen (fabricante, proveedor, tipo y modelo), de transporte y almacenamiento (dimensiones, peso y recomendaciones), de operación (características normales y límites operativos) y de mantenimiento (lubricantes, repuestos generales y específicos, curvas características, recomendaciones de los fabricantes, límites, holguras y ajustes).

Actualmente la recopilación de datos está presentando mejoras con la evolución de los criterios de planeación y control de mantenimiento; se está asociando el catastro de los equipos a sus respectivos repuestos de uso específico y común. Se debe utilizar para el código de catastro la misma estructura de codificación del órgano de administración del material; como consecuencia de esta fusión, el código de catastro pasa a formar una familia de equipos del mismo fabricante, tipo y/o modelo.

Por lo tanto al código de catastro deben ser asociadas las características administrativas y técnicas de la familia de equipos, en los registros de datos específicos este código es asociado al número de identificación que identifica a cada equipo en la instalación; este número puede ser el número de serie suministrado por el fabricante o un número secuencial dado por el sistema que puede ser impreso o troquelado en el equipo.

El número de identificación caracteriza un conjunto de datos individuales a cada equipo, por lo tanto debemos tener “x” formularios de datos específicos para cada equipo en la empresa; tanto en los datos generales como en los específicos existen registros de naturaleza administrativa (fechas, costo, números de documentos, localización, etc.) y de naturaleza técnica, entre las cuales se destaca su función en el proceso o servicio.

Al correlacionar el código de catastro, el número de identificación y el código de equipo permite la obtención de información para una familia de equipos, para un equipo específico o para equipos que operan en una determinada localización de la instalación y así facilitar el análisis y toma de decisiones para los encargados de mantenimiento.

En el caso de una empresa concretera tenemos el ejemplo de los camiones mezcladores los cuales representan familias de equipos por tipo y/o marca, fabricante con lo cuál obtenemos los datos comunes ( figura 4 ) y se le identifica con un número asignado en base a una tabla para controlar los bienes patrimoniales de la empresa el cuál es troquelado o pintado en el equipo el cuál nos representa el dato específico por equipo ( figura 5 ).

**Figura 4. Formato modelo de catastro general de equipos**

CATASTRO DE FAMILIA DE EQUIPOS	
COD. FAMILIA:	EQUIPO:
ORIGEN FABR.:	TIPO/MODELO:
ORIGEN PROVEEDOR:	PROVEEDOR:
REFERENCIAS:	ALMACENAMIENTO:
PLANOS:	
MEDIDAS:	
DATOS TECNICOS GENERALES	

**Figura 5. Formato modelo de catastro específico de equipos**

CATASTRO ESPECIFICO DE EQUIPOS	
COD. FAMILIA:	FABRICANTE:
COD. EQUIPO:	EQUIPO:
IDENTIFICACION:	UBICACION:
No. SOLICITUD COMPRA:	FECHA SOLICITUD:
No. REQUISICION:	FECHA REQUISICION:
No. ORDEN DE COMPRA:	FECHA RECEPCION:
FECHA INICIO OPERACION:	COSTO:
DATOS TECNICOS ESPECIFICOS:	
FUNCION:	

Adicionalmente a la separación de los datos comunes y específicos debemos establecer la correspondencia entre las familias y los repuestos a ésta aplicados.

### 3.2 Programación de mantenimiento

Para elaborar la programación del mantenimiento debemos correlacionar los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, centros de costos, código de material y cualquier otro dato juzgado por el usuario para actuar preventivamente en los equipos.

Antiguamente se utilizaba el método de mapas donde se registran: código del equipo, nombre del equipo o componente, tipo o instrucción de mantenimiento, hoja de registro de mantenimiento, grupo responsable de mantenimiento, periodicidad, esto seguido por 52 columnas una para cada semana del año, donde son pintadas las mitades

de las casillas ( o alfileres marcadores ) de las semanas previstas para la realización de los servicios programados de acuerdo a la periodicidad establecida para cada equipo.

La otra mitad de estos cuadros se completa con otro color cuando el servicio es ejecutado ( en la semana prevista, anterior o posterior ) o usando el mismo color en el caso de las reprogramaciones, o agregando un tercer color en el caso de la cancelación del servicio previsto. ( La figura 6 nos ilustra un modelo de mapa de programación anual )

**Figura 6. Mapa Modelo de la programación anual de mantenimiento con 52 semanas**

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO															
COD.MANT.	NOMBRE EQUIPO/COMPONENTE	IM	HRM	SECTOR	PERIODICIDAD	SEMANAS									
						1	2	3	4	5	6	7	...	51	52

El uso de este mapa presenta una gran desventaja, la posibilidad de error debido a su gran extensión, pues puede ocurrir que el usuario durante la búsqueda de los equipos a ser mantenidos en una determinada semana se equivoque en la correlación de ésta con los respectivos equipos por no seguir la línea correcta, especialmente las que se



encuentran al final. Existe también el sistema de control informatizado en el cuál toda la información es archivada en la computadora, donde obtenemos semanalmente o diariamente la relación de los servicios a ser ejecutados bajo dos formas: listado para seguimiento de las actividades programadas para el supervisor y solicitudes de trabajo parcialmente compiladas para uso del ejecutante; sólo se hace necesario un sistema de retorno de informaciones de los mantenimientos ejecutados integral o parcialmente, reprogramados lo que puede ser hecho a través de la compilación de algunos registros de la propia orden de trabajo.

Para establecer el criterio de programación podemos tomar ciertas alternativas, las cuales en el caso de una empresa concretera son:

1) Por tiempo de trabajo: Puede ser en horas trabajadas o en días trabajados por máquina, en nuestro caso sería toda la maquinaria automotriz, motores industriales, cargadores frontales, equipos de soldadura, aparatos de medición y calibración, herramientas de trabajo.

2) Por unidad de producción: Por metros cúbicos producidos o toneladas descargadas en el caso de bombas impulsadoras de concreto, plantas de concreto, sistema hidráulico de cargadores frontales, cubos de los camiones mezcladores, carmix, recicladoras de concreto.

En estos criterios debemos tomar en cuenta las especificaciones de los fabricantes, aquí se detallan rutinas de mantenimiento sugeridas para los diferentes equipos con los cuales podemos alimentar el sistema de control automatizado.

### **3.3 Normas y recomendaciones de seguridad**

Para normalizar los servicios de las actividades del mantenimiento se desarrollan las llamadas “ Instrucciones de Mantenimiento “, orientando objetivamente la ejecución del mismo en esas actividades para evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento y olvido; estas instrucciones deben ser desarrolladas, aprovechando el conocimiento del personal técnico de ejecución, recomendaciones de fabricantes y montadores, indicaciones de catálogos, manuales, diseños y referencias de profesionales con experiencia de otras empresas similares relativas a cada equipo.

Como parte de estas instrucciones debemos agregar las normas y recomendaciones de seguridad las cuales son asociadas a la naturaleza del equipo y que actualmente son de mucha importancia ya que en las empresas concreteras se está trabajando con un programa de salud ocupacional que busca mantener que las personas estén presentes en su puesto de trabajo y no falten al mismo por un accidente provocado por un acto inseguro durante la ejecución del mantenimiento o el mantenimiento sea ejecutado en condiciones inseguras.

### **3.4 Recolección de datos**

Para poder definir qué información debe reunirse, debemos tomar en cuenta algunas recomendaciones obtenidas a través de la experiencia práctica, que se consideran fundamentales para confiar en los datos obtenidos, entre las que se encuentran las siguientes:

1. Aclaración al personal de ejecución, respecto a la finalidad de la recolección de los datos.

El proyecto y desarrollo de los mecanismos de recolección de datos sea hecho con la participación directa del personal de ejecución en todos los niveles,

tanto en el aspecto exposición como en captación de ideas sobre el proceso a ser utilizado y los resultados obtenidos.

2. Simplicidad de utilizamiento de los documentos o pantallas en la recolección de los datos.

En el caso que se utilice formularios, tratar cuando sea posible que la información se encuentre previamente impresa de manera que el registro sea efectuado marcando con una “ X “ la opción elegida; en el caso del registro a través del teclado de la computadora, el sistema debe contar con pantallas de consulta.

3. Definir lo que será analizado antes de implementar el proceso.

El objetivo de esto es evitar que sea realizada la recolección de datos innecesarios, sobrecargando el trabajo y sin obtener un fin definido.

4. Reducir al mínimo la cantidad de formularios a ser utilizados.

Buscar estandarizar la información en todos los sectores de mantenimiento para evitar que cada uno cree sus propios formularios, lo que encarece el proceso de datos tanto en sistema manual o automatizado.

5. Evitar que la recolección de datos no implique la interrupción en la ejecución de los servicios o trabajo adicional para el personal de ejecución del mantenimiento.

Se recomienda que el encargado de los servicios sea el que haga los registros de historial, sin embargo, otros registros deben ser hechos por cada responsable del suministro de los datos, por ejemplo: el ejecutante de mantenimiento hacen el registro de sus tiempos ocupados, los bodegueros hacen los registros del material aplicado en cada orden de trabajo, los operadores hacen el registro de indisponibilidad y pérdida de producción y el área de recursos humanos hace los registros de disponibilidad de personal y sus respectivos costos; todos deben estar conscientes de la importancia de tales datos.

6. Capacitar a los responsables de la recolección de datos.

En caso de utilización de formularios, que serán posteriormente digitados, orientar a los responsables por los registros en lo referente a la utilización de letras de imprenta por ejemplo: Cortar la letra “Z” y el número “0” para evitar se confundan con el número “2” y la letra “O”; también debe tenerse un lugar para concentrar la información para facilitar el trabajo de los digitadores y reducir errores en la transcripción de datos. En el caso de transferencia directa de la información en computadora se debe orientar en cuanto a la dimensión de los campos y limitaciones relativos al uso de caracteres.

7. No procesar informes por computadora inmediatamente después que se implante un sistema automatizado.

En el caso del cambio de sistema de control manual a automatizado, analizar detenidamente los primeros formularios completados, antes de enviarlos a digitación, solicitar emisión de las listas de verificación de datos hasta tener seguridad que los mismos están siendo correctamente compilados y digitados.

8. Estructurar la recolección de la información, con el fin de poder analizar los datos reunidos y los informes emitidos.

Como sabemos todos los cambios producen reacciones y es fundamental para el éxito del sistema que los datos después de procesados traigan beneficios a los responsables del envío de la información y no exista trabajo adicional de análisis, en especial si son similares a aquellos que ya se realizaban antes de la implantación del nuevo sistema.

### **3.5 Orden de trabajo**

La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, su falla o defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, otros datos que permitan evaluar la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Las órdenes de trabajo ( OT ) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee, sin embargo existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información tales como: El número consecutivo de orden, el tipo de actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si la supervisión actuó correctamente, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento. ( figura 7 )

**Figura 7. Modelo de orden de trabajo para mantenimiento**

ORDEN DE TRABAJO			
PLANTA:		No. ORDEN:	
EQUIPO:		FECHA:	
UBICACIÓN:		IDENTIFICACION:	
PERIODICIDAD:		ACTIVIDAD:	SECTOR:
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD			
COMPONENTE:		DESCRIPCION DE SERVICIO:	SI/NO
PERIODICIDAD:			
MATERIAL:			
MAQUINA/HERRAMIENTA:			
REPROGRAMACION: Sem [ ] Mot. [ ]			
OCURRENCIAS			
	Efecto	Efecto	Efecto
	Causa	Causa	Causa
	Acción	Acción	Acción
	Complemento	Complemento	Complemento
	Posición Comp.	Posición Comp.	Posición Comp.
Semana Base:		Semana Reprog.	Limite Reprog.
OBSERVACIONES			
Evaluación del Servicio por:		Fecha de Evaluación: / /	
Plenamente Atendido: U Provisional. Atendido: U Reservicio: U No Atendido: U En el Plazo: U Fuera del Plazo: U			
Ejecutante	Supervisor	Fecha Inicio Mant.	Fecha Fin Mant.

De lo cuál podemos sacar datos para indicadores de fallas y de calidad de servicio de mantenimiento como veremos en el siguiente capítulo, por lo cuál es importante que el cliente sea el evaluador del trabajo realizado en la orden, esto también nos dará una pauta para la programación de los mantenimientos.

A principios de la década de los 70's se presentó la omisión de la recolección de información de la mano de obra en el cuerpo de la orden de trabajo, siendo recogida a través de un documento complementario llamado tarjeta de tiempo con forma y tamaño similar a la tarjeta horaria, pero con características diferentes, ya que servía para que

cada ejecutante indicase en cada servicio que recibía , el día, hora y minuto de inicio y de fin, identificando la orden de trabajo. ( figura 8 )

**Figura 8. Modelo de reporte de tiempo**

REPORTE DE TIEMPO						
						FECHA:
NOMBRE	No. OT	No. OPERACIÓN	EQUIPO	HR.INICIO	HR.FINAL	TOTAL

### 3.6 Mano de obra disponible

Podemos definir como mano de obra disponible de un departamento de ejecución del mantenimiento, el resultado de las horas hombre efectivas o dicho en otras palabras, el producto del número de empleados de ese órgano por el número de horas trabajadas ( normales y extras ) menos el número de horas hombre no presentes por motivo de vacaciones, enfermedad, servicio de apoyo en otras unidades de la empresa, capacitación externa, accidente, o cualquier otro motivo autorizado o no que haya provocado la ausencia del personal.

Para la recolección de datos de disponibilidad de personal, para ejecutar el mantenimiento propio y de refuerzo en otras áreas de la empresa o de contratistas debemos utilizar un formulario ( puede ser el reporte de tiempo ) o alguno que se adapte al tipo de empresa; este debe ser llenado por el departamento que requirió el apoyo, a partir de registros en las tarjetas de marcaje del personal o con algún sistema de control adoptado por cada empresa; por lo que si cuenta con interrelación entre departamentos pueden ser transferidos de un sistema a otro.

### **3.7 Datos de operación**

Para que podamos procesar de manera adecuada la información relativa a los informes de gestión de equipos y costos (facturación cesante) que veremos en el siguiente capítulo, debe ser previsto el registro de los datos provenientes de operación, que deberán constar básicamente de: horas de funcionamiento de los equipos por período de control, pérdida o reducción de la producción debido al mantenimiento, además de la referencia a cada intervención hecha a través de la indicación del número de la orden de trabajo. ( figura 9 )

#### **Figura 9. Modelo de formulario de datos de operación**



DATOS DE OPERACIÓN										
UNIDAD DE PRODUCCION (O SERVICIO):								MES/AÑO:		
No. De			Tiempo de	INDISPONIBILIDAD				Pérdidas debido al	No. De la	OBSERVACIONES
Orden	ITEM	PRIORIDAD	Funcionamiento	INICIO		FIN		Mantenimiento	Orden de Trabajo	
				HRS./MIN.	Día	Hora	Día	Hora		

Estos registros deben ser hechos por los operadores y como anteriormente se describió, habiendo integración esta información puede ser obtenida de los bancos de datos de operación en el sistema automatizado, según el tipo que adopte cada empresa.

**3.8 Registro de medición**

Para el registro de los valores de las mediciones efectuadas durante el mantenimiento de los equipos para los cuales se juzgue conveniente acompañar variables para la implementación del Control Predictivo de Mantenimiento, se deben estandarizar mecanismos de registro específico, cuyos valores resultantes de medición serán procesados para darle seguimiento a la variación de las variables de un equipo y obtener a largo plazo el Análisis de Síntomas cuyos resultados no son inmediatos, teniendo que llevar varios años de seguimiento para lo cuál tenemos que establecer plazos límites para que los registros sean procesados y compilados por órganos distintos, para distribuir las tareas y se pueda detectar fallas intencionales o involuntarias y así evitamos que los informes de gestión carezcan de información por no computar todos los datos.

## **4. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

### **4.1 Informes de gestión de mantenimiento**

Para facilitar la evaluación de las actividades de mantenimiento, poder tomar decisiones y establecer metas, se deben crear unos informes concisos y específicos formados por tablas de índices algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuados para cada nivel de gestión.

La primera etapa para el desarrollo de los Informes de gestión, debe ser la gestión de equipos o sea el acompañamiento del desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa según la clasificación ( Importancia ) que se les ha asignado a cada uno.

Los informes tienen que ser simples ya que la información la obtenemos de los registros de inventario, datos de operación, órdenes de trabajo, excluyendo los datos de materiales y mano de obra, siendo que para la mano de obra debido a las naturales reacciones a los cambios, necesitan de más tiempo para su orientación, teniendo a la vista la obtención de informaciones confiables.

Cuando emitimos los primeros informes, debemos cerciorarnos que los ítem bajo control estén identificados, tanto en aspectos de adquisición, montaje y ubicación, cambios y que el historial de cada equipo contenga datos del tipo y duración de cada mantenimiento, si su ejecución fue prevista o no, su reflejo en los servicios o productos ofrecidos por la empresa y el respectivo código de ocurrencia, agrupados a través de los datos de operación y órdenes de trabajo.

Si queremos que los informes los emita el sistema en automático, se puede hacer si contamos con un banco de Datos de por lo menos 10,000 órdenes de trabajo procesadas. Más adelante se definirá los diferentes tipos de informes de gestión.

## **4.2 Índices de clase mundial**

Son llamados “Índices de Clase Mundial “ aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países, de los seis existentes cuatro se refieren a el análisis de gestión de equipos y dos a la gestión de costos de acuerdo a las siguientes relaciones.

#### 4.2.1 Tiempo medio entre fallas

Es la relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítem, en el período observado.

$$\text{TMEF} = \frac{\text{NOIT} * \text{HROP}}{\text{E NTMC}}$$

Este índice debe ser usado para ítem que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

#### 4.2.2 Tiempo medio para reparación

Es la relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítem con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítem, en el período observado.

$$\text{TMPR} = \frac{\text{E HTMC}}{\text{NTMC}}$$

Este índice debe ser usado para ítem en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

#### 4.2.3 Tiempo medio para la falla

Es la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítem no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítem, en el período observado.

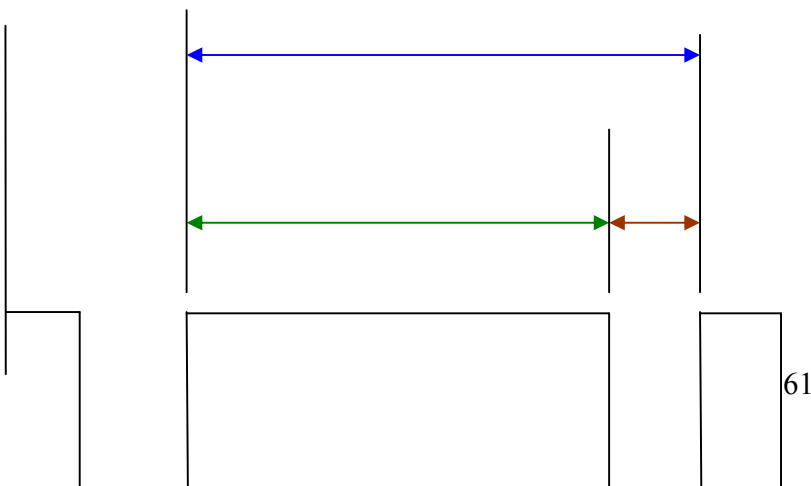
$$TMPF = \frac{E \text{ HROP}}{NTMC}$$

Este índice debe ser usado para ítem que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los índices tiempo medio para la falla y tiempo medio entre fallas; en el primer índice (TMPF) es calculado para ítem que **NO SON** reparados tras la ocurrencia de una falla, o sea cuando fallan son sustituidos por nuevos y en consecuencia su tiempo de reparación es cero.

El segundo índice (TMEF) es calculado para ítem que **SON** reparados tras la ocurrencia de una falla; por lo tanto ambos índices son mutuamente excluyentes, ya que el cálculo de uno excluye el cálculo del otro para ítem iguales.

El cálculo del tiempo medio entre fallas debe estar asociado al cálculo del tiempo medio para reparación, como se representa en la figura 10.



**Figura 10. Interpretación gráfica de los índices TMPF, TMEF Y TMPR**

Debido a que estos índices presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de ítem observados y al período de observación, cuanto mayor sea la cantidad de datos mayor será la precisión de la expectativa de sus valores; en caso de no existir gran cantidad de ítem o que se requiera obtener el tiempo promedio entre fallas de cada uno es recomendable trabajar con períodos bastante amplios de observación ( cinco años o más ) para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Se debe poner especial atención en el caso de sistemas con programas informatizados para el cálculo de estos índices pues puede ocurrir que en el período considerado el número de fallas sea cero, lo que provocaría realizar un cálculo que daría como resultado un valor infinito (división entre cero ) lo que provocaría que el sistema se trabe.

Se puede tomar la consideración de utilizar la existencia de una falla con tiempo igual a cero, que daría un valor constante para cualquier condición de cálculo.

#### **4.2.4 Disponibilidad de equipos**

Es la relación entre la diferencia del número de horas del período considerado ( horas calendario ) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento ( mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios ) para cada ítem observado y el número total de horas del período considerado.

$$\text{DISP} = \frac{E (\text{HCAL} - \text{HTMN})}{E \text{ HCAL}}$$

La disponibilidad de un ítem representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del departamento de operación para desempeñar su actividad; acá podemos incluir los camiones mezcladores, bombas impulsadoras de concreto, plantas de concreto fijas, cargadores frontales, vehículos automotrices, plantas eléctricas, equipo de vibrado y colocación.

En el caso de ítem de operación eventual, tales como plantas de concreto portátiles, pavimentadoras, carmix podemos calcularlo como la relación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el período considerado.

$$\text{DISP} = \frac{E \text{ HROP}}{E (\text{HROP} + \text{HTMN})}$$

Este índice también puede ser calculado como la diferencia entre la unidad y la relación entre las horas de mantenimiento y la suma de esas horas con las de operación de los equipos.

Podemos utilizar otra expresión de cálculo de disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas, se puede incluir a las plantas de

concreto fijas, plantas eléctricas y los equipos que son movilizados por medio de un motor de combustión interna y es obtenida por la relación entre el tiempo medio entre falla ( TMEF ) y su suma con el tiempo medio para reparación ( TMPR ) y los tiempos ineficaces del mantenimiento ( tiempos de preparación para desconexión y nueva conexión y tiempos de espera que pueden estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación ).

$$\text{DISP} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \times 100$$

El índice de disponibilidad es de gran importancia para la gestión de mantenimiento, pues a través de éste, puede hacerse un análisis selectivo de los equipos cuyo comportamiento operacional está por debajo de estándares aceptables, para el análisis debemos ponerlo en tablas mensualmente y establecer un límite mínimo aceptable de sus valores, a partir del cual serán hechas las selecciones para el análisis como se ilustra en la figura 11.

**Figura 11. Modelo de tabla de disponibilidad de equipos**

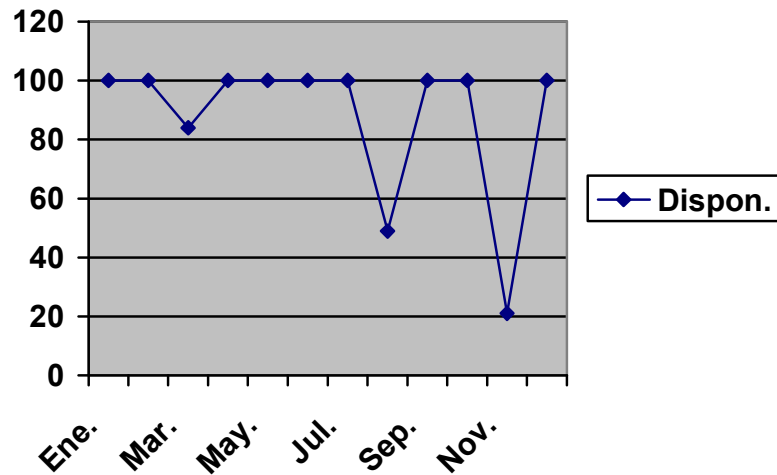


DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS														
Periodo: 01/01/99 a 31/12/99														
EQUIPO	Prom.													Prom.
	Ant.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Actual
Camión # 1	97	100	100	92	100	83	100	100	100	100	100	100	81	96
Camión # 2	91	100	88	100	100	100	79	100	100	100	100	100	100	97
Camión # 3	93	100	100	100	100	100	100	100	81	100	100	100	100	98
Camión # 4	92	100	100	65	100	100	100	100	100	100	100	71	100	95
Camión # 5	97	100	100	41	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95
Camión # 6	94	100	100	100	38	100	100	100	100	100	100	100	100	95
Camión # 7	89	100	52	100	100	100	100	100	84	100	100	100	100	95
Camión # 8	91	33	100	100	100	49	100	100	100	88	100	100	100	89
Camión # 9	90	62	100	83	100	100	91	100	78	56	100	100	67	91
Camión # 10	91	92	100	100	84	89	100	94	91	81	100	100	53	90
Camión # 11	90	62	100	83	100	100	80	100	100	100	37	100	100	89
Camión # 12	84	100	100	84	100	100	100	100	49	100	100	21	100	88
Camión # 13	94	100	71	100	100	38	100	82	100	100	100	85	100	96
Camión # 14	82	100	100	100	75	100	100	100	100	48	100	100	100	94

Si tenemos un límite de 93% observamos que hay cuatro equipos con un índice de disponibilidad bajo en relación a los demás, con una pequeña variación de un período a otro; en especial destaca el camión 12 por presentar una disponibilidad anual inferior a el límite en los dos períodos, aunque haya tenido un incremento de su valor en cinco puntos porcentuales.

En el caso de este camión que presentó disponibilidad baja podemos trazar un gráfico para tener un punto de partida para la aplicación del llamado modo de análisis de efecto de fallas ( FMEA ). ( figura 12 )

**Figura 12. Modelo de gráfico de disponibilidad de un equipo seleccionado**



En esta gráfica se puede verificar el comportamiento de el equipo en cada mes del año, comprobar cuales fueron las fallas y así poder tomar la decisión adecuada.

#### 4.2.5 Costo de mantenimiento por facturación

Es la relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el período considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100$$

Este índice es de fácil cálculo ya que los valores tanto del numerador y del denominador, son normalmente procesados por el departamento de contabilidad de la empresa.

#### 4.2.6 Costo de mantenimiento por valor de reposición

Es la relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo ( valor de reposición ).

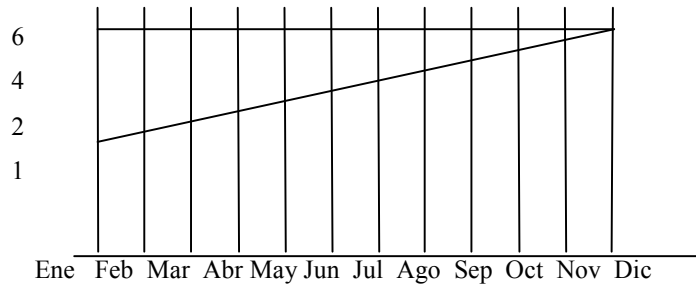
$$\text{CMRP} = \frac{\text{E CTMN}}{\text{VLRP}} \times 100$$

Este índice debe ser calculado para los ítem más importantes de la empresa ( que afectan la facturación, la calidad de los productos o servicios, la seguridad o al medio ambiente ), este es personalizado para el ítem y utiliza valores acumulados, lo que hace el proceso más demorado que los demás y no justifica ser utilizado para ítem secundarios (componentes).

Su resultado debe acompañarse de un gráfico lineal o de superficie con la indicación de su variación, los datos deben ser de por lo menos doce meses, como se ilustra en la figura 13.

**Figura 13. Gráfico del costo de mantenimiento por lo inmovilizado de un equipo.**

**Equipo Camión # 20**



Un factor que torna los índices de costo imprecisos, es la utilización de valores contables pertenecientes al historial de los equipos, sin corrección monetaria lo que es más susceptible de originar errores en el caso de una inflación monetaria, cuando se utiliza un valor de referencia ( dólar u otra moneda ) puede aparecer la imprecisión a la hora que haya una devaluación de la moneda.

Cuando se le dá seguimiento a los índices en la misma empresa la imprecisión no es sensible, ya que se comete el mismo error a lo largo del tiempo, pero puede llevar a grandes errores de interpretación cuando estos se comparan con otras empresas y mucho mayor cuando se comparan con otros países.

### **4.3 Gestión de equipos**

Para poder controlar de mejor forma los mantenimientos de los equipos, existen otros índices que pueden auxiliar en la evaluación de los criterios de intervención y del proceso de gestión.

#### **4.3.1 Tiempo medio entre mantenimientos preventivos**

Es la relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación, con relación al número total de intervenciones preventivas en el período observado.

$$\text{TPEP} = \frac{\text{NOIT} \times \text{HROP}}{\text{E NTMP}}$$

#### 4.3.2 Tiempo medio para intervenciones preventivas

Es la relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítem y el número total de intervenciones preventivas en esos ítem, en el período observado.

$$\text{TPMP} = \frac{\text{E HRMP}}{\text{NTMP}}$$

#### 4.3.3 Tasa de falla observada

Es la relación entre el número total de ítem con falla y el tiempo total acumulado durante el período observado.

$$\text{TXFO} = \frac{\text{NTMC}}{\text{E HROP}}$$

#### 4.3.4 Tasa de reparación

Es la relación entre el número total del ítem con falla y el tiempo total de intervenciones correctivas en esos ítem en el período observado.

$$\text{TXRP} = \frac{\text{NTMC}}{\text{E HRMC}}$$

Como podemos observar las expresiones matemáticas de últimos dos índices, nos muestran que son inversamente proporcionales al tiempo medio para la falla y al tiempo medio para reparación; que son de clase mundial y son más aplicados.

#### 4.3.5 No conformidad de mantenimientos

Es la relación entre el total de mantenimientos previstos menos el total de mantenimientos ejecutados en un período considerado y el total de mantenimientos previstos en ese período.

$$\text{NCFM} = \frac{\text{NMPR} - \text{NMEX}}{\text{NMPR}} \times 100$$

#### 4.3.6 Sobrecarga de servicios de mantenimiento

Es la relación entre la diferencia de las horas de los servicios ejecutados y previstos para un determinado período (día, mes, semana) y las horas de servicios previstos para ese período.

$$\text{SCSM} = \frac{\text{E HMEX} - \text{E HMPR}}{\text{E HPMR}} \times 100$$

Este índice se calcula cuando el número de horas de servicios ejecutados sea superior al número de horas previstas para el período considerado, en caso ocurra la situación inversa debemos utilizar el siguiente índice.

#### **4.3.7 Alivio de servicios de mantenimiento**

Es la relación entre la diferencia de las horas de servicios previstos y ejecutados para un determinado período (día, semana, mes) y las horas de servicios previstos para ese período.

$$\text{ALSM} = \frac{\text{E HMPR} - \text{E HMEX}}{\text{E HMPR}} \times 100$$

Con estos tres últimos índices podemos generar informes mensuales, trimestrales o semestrales, según la capacidad de análisis y la información que tengamos; en la cuál debemos incluir los motivos de reprogramación y cancelación. (figura 14)

**Figura 14. Modelo de Informe de No Conformidades con índices de alivio y sobrecarga.**

#### **4.4 Informe de historial de equipos**

Para poder tener un mejor sistema de gestión donde podamos realizar consultas eventuales de ítems específicos cuya necesidad puede ser detectada a través de los índices de cada uno, debemos contar con un historial de los mismos.

Esto nos facilitará obtener una información rápida y objetiva, siempre y cuando trabajemos con tiempos reales; en el sistema automatizado que existe actualmente podemos obtener toda la información necesaria, ya que se van exhibiendo campos y tablas donde se le facilita a el usuario y se auxilia en la rutina diaria de tareas de mantenimiento.

Con el objetivo que la comprensión y visualización de parte del usuario sea de utilidad, se puede colocar las palabras “efecto”, “causa”, “acción”, “complemento”, “posición” antes de los respectivos elementos descodificados, como se ilustra en la figura 15.



**Figura 15. Modelo historial de equipo**

HISTORIAL DE EQUIPO			
DESCRIPCION	IDENTIFICACION	No. OT	FECHA
OCURRENCIAS			
EFECTO:		ACTIVIDAD:	
CAUSA:		SOLICITANTE:	
ACCION:		SECTOR RESP.:	
COMPLEMENTO:		HORAS HOMBRE:	
POSICION:		FECHA EJECUCION:	

#### 4.5 Gestión de costos

El concepto de los índices de gestión financiera, se conforman por los siguientes tópicos para formar el costo de mantenimiento:

- 1) **Personal:** Directos ( salarios y comisiones ), indirectos ( recargos sociales y beneficios (transporte, alimentación, seguro médico, recreación, habitación, deportes, auxilio de capacitación, etc. ), administrativos ( rateo de gastos de recursos humanos y capacitación en función de la cantidad de empleados del departamento de mantenimiento)
- 2) **Material:** Directos ( costo de reposición del material ), indirectos (capital inmovilizado, costo de energía eléctrica, almacenaje), administrativos ( rateo de los gastos de las áreas de compras y bodegas, en función del tiempo de ocupación del personal para atención al departamento de mantenimiento ).
- 3) **Contratación:** Directos ( costos de los contratos permanentes y eventuales ), indirectos ( servicios y recursos utilizados por terceros y costeados por la empresa { transporte, alimentación, instalaciones, etc.}), administrativos (

rateo de los gastos de las áreas de administración de contratos, financiera y contable en función de la implicación con los contratos del departamento de mantenimiento ).

4) **Depreciación:** Directos ( costo de reposición ), indirectos ( capital inmovilizado ), administrativos ( rateo de los gastos en las áreas de contabilidad, control de patrimonio, acompañamiento y adquisición de máquinas y herramientas para el departamento de mantenimiento ).

5) **Pérdida de facturación:** Directos ( pérdida de producción ), indirectos ( pérdida de materia prima, pérdida de calidad, devolución, reproceso ), administrativos ( rateo de los gastos de las áreas de control de calidad, ventas, mercadeo, jurídica en función de la implicación debida a mantenimiento ).

Además de los índices de costos ya presentados como clase mundial, existen otros que son utilizados en las empresas de proceso y servicios como las concreteras.

#### 4.5.1 Componente del costo de mantenimiento

Es la relación entre el costo total de mantenimiento y el costo total de la producción.

$$\text{CCMN} = \frac{\text{CTMN}}{\text{CTPR}} \times 100$$

En el costo total de la producción debemos incluir: gastos directos e indirectos de ambos órganos ( operación y mantenimiento ) y la facturación cesante.

#### **4.5.2 Progreso en los esfuerzos de reducción de costos**

Es la relación entre el índice de mano de obra “ trabajo en mantenimiento programado” y el índice de costo clase mundial “ costo de mantenimiento por facturación”.

$$\text{PERC} = \frac{\text{TBMP}}{\text{CMFT}}$$

Este coeficiente nos indica la influencia de la mejora o deterioro de las actividades de mantenimiento bajo control.

#### **4.5.3 Costo relativo con personal propio**

Es la relación entre los gastos con personal propio y el costo total del área de mantenimiento en el período observado.

$$\text{CRPP} = \frac{\text{E CMOP}}{\text{CTMN}} \times 100$$

#### 4.5.4 Costo relativo con material

Es la relación entre los gastos con material y el costo total del área de mantenimiento en el período observado.

$$\text{CRMT} = \frac{\text{E CMAT}}{\text{CTMN}} \times 100$$

#### 4.5.5 Costo de mano de obra externa

Relación entre los gastos totales de mano de obra contratada ( licitadas a otras empresas ) y los gastos totales de mano de obra utilizada en los servicios en el período observado.

$$\text{CMOE} = \frac{\text{E CMOC}}{\text{E (CMOC+CMOP)}} \times 100$$

Otra forma de calcular este índice es, la relación entre los gastos de mano de obra contratada ( contratos globales y otros ) y el costo total de mantenimiento en el período observado.

$$\text{CMOE} = \frac{\text{E CMOC}}{\text{CTMN}} \times 100$$

#### **4.5.6 Costo de mantenimiento con relación a la producción**

Es la relación entre el costo total de mantenimiento y la producción total en el período observado.

$$\text{CMRP} = \frac{\text{CTMN}}{\text{P RTP}} \times 100$$

El resultado de este índice es dimensional ya que el denominador es expresado en nuestro caso en unidad de producción ( m<sup>3</sup>).

#### **4.5.7 Costo de capacitación**

Es la relación entre el costo de capacitación del personal de mantenimiento y el costo total de mantenimiento.

$$\text{CTET} = \frac{\text{E CEPM}}{\text{CTMN}} \times 100$$

Este índice representa la cuota de gastos de mantenimiento invertida en el desarrollo del personal propio a través de la capacitación interna y externa.

#### 4.5.8 Inmovilizado en repuestos

Es la relación entre el capital inmovilizado en repuestos y el capital invertido en equipos.

$$\text{IMRP} = \frac{\text{E CIRP}}{\text{E CIEQ}} \times 100$$

Este índice es difícil de calcular ya que hay que establecer una proporcionalidad entre repuestos específicos y no específicos para los equipos que están bajo responsabilidad del área de mantenimiento.

#### 4.5.9 Costo de mantenimiento por valor de venta

Es la relación entre el costo total del mantenimiento acumulado de un ítem y el valor de reventa del mismo.

$$\text{CMVD} = \frac{\text{E CTMN}}{\text{VLVD}} \times 100$$

#### 4.5.10 Costo global

Es el valor de reposición menos la suma del valor de venta con el costo total de mantenimiento de un determinado equipo.

$$\text{CMVD} = \text{VLRP} - (\text{VLVD} + \text{CTMN})$$

#### 4.6 Gestión de mano de obra

Los mecanismos de control de mano de obra, deben ser orientados a obtener mayor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles como un todo, como propiciar al personal mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus atribuciones.

Al establecer informes individuales de las personas ejecutantes del mantenimiento se pueden producir rechazos, reacciones, indisciplinas y hasta boicoteo de las informaciones para alimentar el sistema de control; por lo cuál se debe implantar algún plan de estímulos, por ejemplo: Empleado del mes, así quedará claro que los datos obtenidos tienen la finalidad de premiar en vez de castigar.

##### 4.6.1 Trabajo en mantenimiento programado

Es la relación entre las horas hombre gastados en mantenimiento programado ( por tiempo y por estado ) y las horas hombre disponibles ( ejecutantes de mantenimiento presentes en al instalación y físicamente posibilitados a desempeñar trabajos requeridos ).

$$\text{TBMP} = \frac{\text{E HHMP}}{\text{E HHDP}} \times 100$$

#### **4.6.2 Trabajo en mantenimiento correctivo**

Es la relación entre las horas hombre gastadas en mantenimiento correctivo ( reparación de fallas ) y las horas hombre disponibles.

$$TBMC = \frac{E \text{ HHMC}}{E \text{ HHDP}} \times 100$$

#### **4.6.3 Otras actividades del personal de mantenimiento**

Es la relación entre las horas hombre gastadas en actividades no ligadas al mantenimiento de los equipos ( servicios de apoyo ) pertenecientes a la unidad de producción y las horas hombre disponibles.

$$OAPM = \frac{E \text{ HHSA}}{E \text{ HHDP}} \times 100$$

#### **4.6.4 Capacitación del personal de mantenimiento**

Es la relación entre las horas hombre gastados en capacitación del personal de mantenimiento y las horas hombre disponibles.

$$PECI = \frac{E \text{ HHEI}}{E \text{ HHDP}} \times 100$$



Este índice representa una de las cuotas del índice “otras actividades del personal de mantenimiento” el cuál nos indica si la capacitación está mejorando la calidad del mantenimiento, debiendo compararlo con el índice “Horas de interrupción para reparaciones correctivas”.

#### 4.6.5 Horas no calculadas del personal de mantenimiento

Es la relación entre la diferencia de las horas hombre disponibles menos las horas hombre trabajadas sobre las horas hombre disponibles, indicando qué lapso del tiempo del personal no fué ocupado en ninguna actividad.

$$HNAP = \frac{E [ HHDP - ( HHTTP + HHRC + HHSA ) ]}{E HHDP} \times 100$$

Este índice cuando es negativo representa el exceso de servicios del personal de mantenimiento y cuando es positivo puede interpretarse como ociosidad del personal de mantenimiento, aunque a veces es debido a la falta de registro del tiempo real trabajado en la tarjeta de tiempo o la propia OT.

El índice de ociosidad del personal de mantenimiento ( ausencia o espera de servicio ) no debe confundirse con el índice de improductividad, ya que el tiempo de ociosidad va incluido en el cálculo de la improductividad, en la cuál también debemos incluir tiempo perdido por exigencias legales de contrato de trabajo y rutinas normales, retrasos y salidas anticipadas de horario, esperas, transportando materiales y herramientas, recogiendo materiales y herramientas en bodega, recibiendo instrucciones del trabajo a realizar.

#### **4.6.6 Estructura – personal de control**

Es la relación entre las horas hombre involucrados en el control del mantenimiento y las horas hombre disponibles.

$$\text{EPCT} = \frac{\text{E HHCT}}{\text{E HHDP}} \times 100$$

#### **4.6.7 Estructura – personal de supervisión**

Es la relación entre las horas hombre de supervisión y las horas hombre disponibles.

$$\text{EPSP} = \frac{\text{E HHSP}}{\text{E HHDP}} \times 100$$

El inconveniente que encontramos en este índice que indica la razón entre el número de supervisores y subordinados, es el sondeo del dato “horas hombre de supervisión” ya que algunos no sólo ocupan su tiempo al mantenimiento sino también lo distribuyen en las áreas de operación, administración, material, etc.

#### **4.6.8 Estructura – envejecimiento del personal - edad**

Es la relación entre las horas hombre del personal faltando “N” años para jubilarse (normalmente 1 o 2) y las horas hombre disponibles.

$$EEPE = \frac{E \text{ HHPN}}{E \text{ HHDP}} \times 100$$

#### **4.6.9 Clima social – movimiento de personal**

Es la relación entre el efectivo promedio en los “M” meses precedentes y la suma de este efectivo con el número de transferencias y dimisiones voluntarias.

$$CSMP = \frac{EMMM}{EMMM + NOTR + NODV} \times 100$$

No en todas las empresas se permite el cálculo de este índice, debido a que muestra la insatisfacción del personal, el resultado si es decrecimiento (inferior a uno) alerta a los gerentes a que algo está afectando la motivación del personal, lo que al sondearlo y solucionarlo puede traer mejores índices de producción.

#### **4.6.10 Efectivo real o efectivo promedio diario**

Es la relación entre las horas hombre efectivas menos las horas hombre de licencia (vacaciones, accidentes, enfermedades, permisos, capacitación externa, apoyo a otra área, faltas) y las horas hombre efectivas.

$$EFMD = \frac{E (HHEF - HHAP)}{E HHEF} \times 100$$

Al tener el valor de este índice nos indica que se necesita del estudio de un plan de vacaciones o la incidencia de otros eventos (accidentes, faltas no justificadas).

#### 4.6.11 Tasa de frecuencia de accidentes

Es el número de accidentes con personal de mantenimiento por millón de horas hombre trabajadas.

$$TFAC = \frac{NACD}{HHTB} \times 10^6$$

#### 4.6.12 Tasa de gravedad de accidentes

Son las horas hombre perdidos debido a accidente por millón de horas hombre trabajadas.

$$TGAC = \frac{E HHAC}{HHTB} \times 100$$

## **5. SEGUIMIENTO Y CONTROL**

En esta etapa debemos analizar la información que obtenemos de los índices descritos en el capítulo anterior, verificando variaciones, observaciones positivas y negativas, comparaciones con otros índices, para poder orientar de mejor manera la toma de decisión y establecimiento de metas respecto de los equipos y personal.

### **5.1 Control dinámico de grandes reparaciones**

Normalmente cuando se realizan las paradas anuales de equipos para una gran reparación, los supervisores de mantenimiento y operación trabajan juntos para esquematizar la programación, para reducir al máximo el período de indisponibilidad del sistema o equipo sobre el cuál se ejercerá esta actividad.

Es común que otras áreas de la empresa se vean afectadas, también debemos incluirlas en la planificación, además contratación de terceros, eventualmente se solicita apoyo a los representantes del fabricante y empresas que participaron en el montaje, con el objetivo de acelerar los servicios.

Hay que tomar en cuenta que las paradas para grandes reparaciones producen un alto riesgo de accidentes, teniendo que intervenir también el departamento de Seguridad Industrial y no es raro que si no se ejecuta bajo controles rígidos comprometa la productividad de la empresa.

Si esta tarea se ejecuta a través del sistema manual, generalmente no se tiene éxito debido a la complejidad de la red de tareas y recursos involucrados, cantidad de datos a procesar, posibilidad de ocurrencias aleatorias, que nos pueden alterar algunos de los objetivos establecidos.

Si se cuenta con alguna base de datos de grandes reparaciones anteriores similares, se puede desarrollar un programa auxiliar para calcular los valores promedios de recursos y duraciones de tareas ocurridas en el pasado, para beneficiar la planificación de la nueva gran reparación.

Al definir los criterios de tiempo y recursos, la información debe ser procesada para el establecimiento de la previsión y ejecución de las tareas, diagramas de explicación de las diversas etapas y establecer la ruta crítica.

La previsión de la ejecución, deberá ser verificada diariamente para corregir las desviaciones entre los servicios programados y los realmente ejecutados, es aconsejable que las representaciones gráficas sean procesadas para el sistema y para algunos equipos y componentes que concentran el mayor trabajo.

Para que sea más fácil debemos procesar programaciones diarias de trabajo con las respectivas tareas y duraciones; en caso de atraso en la ruta crítica, deberá existir el reprocesamiento de las actividades para no atrasar la planificación de la ejecución del trabajo.

Para evitar perjuicios en el tiempo de la reparación, debemos prever la ejecución de las actividades de apoyo y antes de iniciar realizar evaluaciones de recursos para las actividades, completar las herramientas necesarias, lubricación y limpieza de las mismas, niveles de provisión de materiales y repuestos en almacén, cantidad y estado de vehículos de transporte de carga y de personal, alimentación en el caso de turnos o de horas extra, organización en la documentación para recolectar información, vestimenta adecuada para la actividad, equipos de protección individual, limpieza, conservación de

sanitarios, personal de apoyo para el registro de información, transporte, bodega, herramientas y preparación de la alimentación.

Para que la implementación del Control Dinámico de Grandes Reparaciones sea eficiente, debemos centralizar en el mismo lugar de la reparación la recolección de los datos para ser procesados, obtener y distribuir informes, efectuar registros, analizar las actividades, esto debe ser antes del inicio de la reparación.

## **5.2 Control del costo de mantenimiento**

El costo de mantenimiento, está compuesto por costos directos, costos indirectos, costos administrativos de los cuales sólo se utilizan los primeros dos y es un factor importante en el incremento del desempeño global de los equipos.

Para poder tener un mejor control de los costos de mantenimiento debemos basarnos en la implantación de el mantenimiento planificado, buscando la prevención o predicción de la falla; conservando el mantenimiento no planificado debajo del 10%, la utilización eficiente de mano de obra y el mínimo de horas extra, detectando los problemas de los equipos de forma precoz.

La inversión en mantenimiento incluye personas altamente calificadas, un soporte sofisticado de computadora para el mantenimiento planificado y la política de mantenimiento de la empresa y equipos en estado de nuevo.

Se debe tener coordinación entre los subsistemas planificación de la producción, estrategia de mantenimiento, adquisición de repuestos, programación de servicios, flujo

de información para poder llegar a la meta propuesta (mantenimiento planificado) y no crear costos por roces que nos afecten el control de costos.

En términos mundiales el costo de mantenimiento debe estar alrededor de 2% o menos del valor del activo, como se ilustra en el siguiente ejemplo:

Total de activos= \$ 60,000,000.00

Gasto mensual de mantenimiento= \$ 140,000

Es adecuada la gestión?

Veamos el cálculo;

$60,000,000 \times 2\% = \$ 1,200,000$

$1,200,000 / 12 \text{ (meses)} = \$ 100,000$

Esto nos indica que la gestión no es adecuada ya que estamos gastando 40% más, lo que nos afectaría el balance de la empresa en forma significativa.



Para mantener mejoras significativas en el costo debemos tomar en cuenta el mejoramiento continuo de equipo, ejecución de actividades por parte del operario del equipo, capacitación de los responsables de mantenimiento, evaluar servicios necesarios e innecesarios, recopilar información de las necesidades de los clientes.

## CONCLUSIONES

1. Con los informes de gestión “ Clase Mundial ” obtenidos, el gerente de mantenimiento podrá tomar decisiones, establecer metas y analizar el comportamiento de los equipos en el tiempo de su vida útil de una manera práctica y fácil.
2. Se puede establecer modelos de rutas de mantenimiento programado, minimizando el costo de mantenimiento no programado manteniéndolo por debajo del 10%.
3. Se pueden establecer prioridades adecuadas a los servicios prestados por el departamento de mantenimiento, evaluando servicios necesarios e innecesarios.
4. La cultura de mantenimiento preventivo y predictivo, se logra, mediante un proceso de sensibilización y capacitación continua enfocada al personal encargado de la reparación y operación de la maquinaria y equipo.
5. El costo total de mantenimiento está compuesto por cinco elementos y tres subdivisiones, pero las empresas se limitan a considerar sólo dos o tres elementos (personal, material y eventualmente terceros) y una o dos subdivisiones (costos directos y eventualmente costos indirectos).

## **RECOMENDACIONES**

1. Las empresas que producen concreto deberían implementar los Índices de Gestión Clase Mundial para controlar el comportamiento de los equipos, ya que es una herramienta básica para la administración efectiva de mantenimiento.
2. Involucrar a los distintos departamentos de la empresa en el proceso de implementación de los análisis de gestión, para que los objetivos trazados permitan obtener la toma de decisiones de una manera práctica.
3. Capacitar continuamente a los ejecutantes de la actividad de mantenimiento sobre los diferentes tipos de equipos que se tienen y, que estén conscientes, de que los datos suministrados en la ejecución de los trabajos son de suma importancia para la elaboración de los diferentes índices, para facilitar el análisis del gerente del departamento.
4. Con los datos obtenidos de los análisis de gestión se puede efectuar un proceso de renovación de la maquinaria y equipo, tomando en cuenta la fase de su vida útil en que se encuentran.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Reyes Franco Juan José.

Programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo de la división T.M.T del ingenio tuluá. Tesis de Ingeniería Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 2000.

2. Mercedes Benz.

**Manual de mantenimiento preventivo automotriz.** Edición Limitada.

3. Harmsen Fernando – Graña & Montero.

**Mantenimiento clase mundial.** XXIII Convención de UPADI. Acapulco México 1994.

4. López Berganza Marco Vinicio.

Administración del mantenimiento de flotas para vehículos. Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 1995.

5. Tavares Lourival.

**Administración moderna de mantenimiento.** Novo Polo Brasil 1999.

6. Mercedes Benz.

**Administración del Mantenimiento de Flotas.** Brasil 1987.



