

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

#### *1.1 ANTECEDENTES*

Hoy el mantenimiento requiere un enfoque global que lo integre en el contexto empresarial con la importancia que se merece. Su papel destacado en la necesaria orientación a los negocios y resultados de la empresa, es garantizado por su aporte a la competitividad a través del aseguramiento de la confiabilidad y disponibilidad del equipo, maquinaria e instalaciones de la organización.

Para conocer el estado actual de operación de la empresa, para saber si se están administrando y utilizando correctamente sus recursos humanos y físicos, se necesitan indicadores o índices de desempeño para poder tomar decisiones o hacer cambios dentro de la organización.

El objetivo principal en la función de mantenimiento es asegurar que todos los recursos físicos de la empresa cumplan y sigan cumpliendo la función para la cual fueron diseñados.

Los indicadores de desempeño típicamente usados por la industria están basados en conceptos tales como eficiencia y productividad. En la literatura informal en muchas ocasiones se confunden ambos conceptos, por lo que es importante diferenciarlos.

Sumanth (2000) propone la definición de eficiencia como “Proporción de los resultados generados en relación con los estándares de resultados preescritos” (p. 11) y la de productividad como “Proporción entre el resultado total y la suma de todos los factores de insumos. Es una medida holística que considera el impacto asociado y simultáneo de todos los recursos de los insumos en la producción como fuerza de trabajo, materiales, máquinas, capital, energía, etc.” (p. 5).

En la mayoría de las organizaciones manufactureras ambos conceptos son utilizados para medir el desempeño de áreas productivas y no productivas.

La aplicación de dichos indicadores se relaciona directamente con áreas productivas por lo que se analizará si deben de modificarse en el caso de la evaluación de áreas no productivas tales como Mantenimiento, objeto del presente estudio.

El personal que se dedica al mantenimiento ha tenido que adaptarse a nuevas formas de pensar y actuar, tanto como ingenieros como administradores. Al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento los han llevado a utilizar nuevas técnicas de administración, no importando lo automatizadas y computarizadas que se encuentren.

La manera de ver y responder a las actividades de mantenimiento ha ido cambiando conforme las necesidades de las industrias se han incrementado, paralelamente al avance de la tecnología. De acuerdo a John Moubray (2000) pueden observarse 3 etapas o generaciones (Figura 1.1) en las que se ve claramente el cambio en la forma de apreciar la función de mantenimiento.

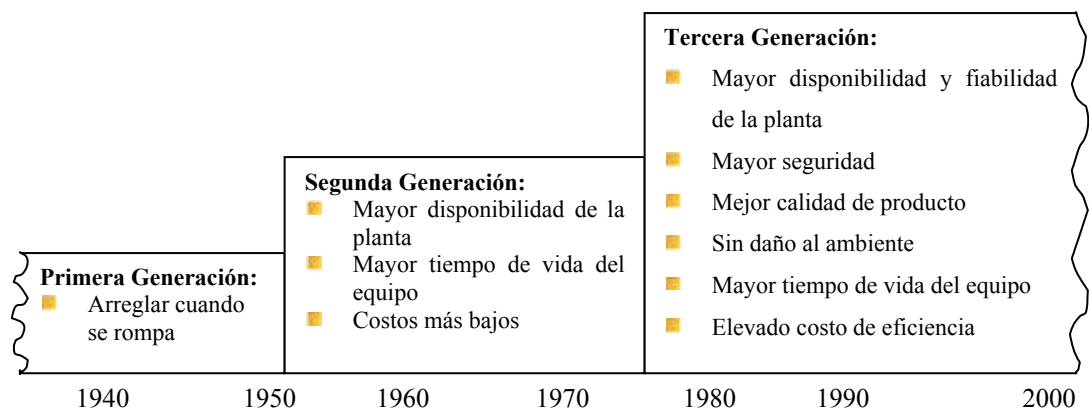


Figura 1.1.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moubray, J. Reliability-Centered Maintenance. Aladon. 2000. USA

Según John Moubray (2000) actualmente el mantenimiento ocupa el segundo lugar o incluso el primero en costos operativos. Por estos costos elevados, y por lo que significa económicamente una máquina o equipo sin trabajar se han desarrollado nuevas técnicas, métodos y herramientas enfocados a tratar de tener cero paros y cero defectos dentro de los procesos.

Para comprender la importancia de una eficiente administración del mantenimiento, sus ventajas y factores que propician una mayor atención a equipos y máquinas; el presente trabajo se dividirá en seis capítulos en los cuales se analizará dicha función, comparando los resultados teóricos con los obtenidos por medio de la aplicación de cuestionarios a industrias manufactureras.

Por lo tanto, la estructura del trabajo quedará dividida como se explica a continuación.

## ***1.2 ESTRUCTURA DE CAPÍTULOS***

1.2.1 Capítulo 1. Se da una introducción al tema que será tratado en esta tesis, se establece un objetivo, una metodología que sirva para su alcance, y se justifica la propuesta de este tema. También se plantea una segmentación de industrias que sea conveniente para el logro de los objetivos planteados.

1.2.2 Capítulo 2. Se explica la importancia de la administración del mantenimiento y las ventajas que se obtienen de ella, tanto económica como organizacionalmente. Se hace referencia a diferentes formas de clasificación del mantenimiento, y se explica la importancia de saber definir correctamente cada una de las partes que forman esta actividad. Se hace un análisis de las herramientas de mantenimiento útiles en cada

segmento propuesto en el capítulo 1. Se plantea la relación de la productividad con la administración del mantenimiento.

1.2.3 Capítulo 3. Se justifica la denominación de sistema, y se jerarquizan las labores de la administración del mantenimiento. Según la clasificación propuesta se comparan los diferentes flujos de proceso con los pasos de implementación y planeación de cada técnica, logrando así conocer los métodos y herramientas más convenientes para cada segmento.

1.2.4 Capítulo 4. Se definen nuevos factores que incrementan la importancia de llevar a cabo un mantenimiento preventivo eficiente dentro de las industrias.

1.2.5 Capítulo 5. Esta dedicado a la definición de los indicadores de desempeño más convenientes en el área de mantenimiento. Explica la importancia de tener indicadores.

1.2.6 Capítulo 6. Se concluye sobre las diferencias encontradas entre la actividad real de las empresas y la propuesta por autores.

### **1.3 OBJETIVO**

Definir los factores que afectan las tareas de mantenimiento y comparar los resultados teóricos vs. prácticos basados en técnicas usadas para su administración.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La utilización directa de los conceptos de eficiencia y productividad en la medición del desempeño del área de mantenimiento puede llevar a una toma de decisiones errónea.

Actualmente se estiman aproximadamente 1,216,250 empleados en áreas de Mantenimiento, sólo en E.U. De ser cierto que las técnicas e indicadores utilizados

actualmente no son los apropiados significaría un desperdicio considerable de esfuerzo humano, y además que puede tener efectos negativos en la productividad de la empresa.

Además se calcula que el mantenimiento ocupa el segundo lugar en costos dentro de cualquier empresa de manufactura, después de los costos por nómina, constituyendo una preocupación de la administración para disminuirlos.

### ***1.5 METODOLOGÍA***

- Definición de criterios para clasificar las empresas.
- Revisión bibliográfica para obtener los diferentes indicadores por categoría y técnicas actualmente utilizadas.
- Análisis de dichos indicadores y técnicas.
- Elaboración y aplicación de un instrumento de medición y análisis para poder contrastar lo que se dice en teoría y lo que se hace en la práctica.

### ***1.6 SEGMENTACIÓN***

El mantenimiento no es una actividad exclusiva para ciertas industrias, sino que todas tienen relación directa o indirecta con este. Se buscó algún tipo de clasificación de industrias, que permitiera comparar la importancia que tiene el mantenimiento según el giro de la empresa. Las referencias encontradas que muestran la clasificación de industrias manufactureras más comunes es la proporcionada por el INEGI (México); el cual tiene la misma base y código como el de la CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme), que es recomendada por la Organización de las Naciones Unidas. Estas clasificaciones

están estructuradas de forma que permiten la localización de cualquier actividad o actividades.

Por lo tanto, para segmentar tomando en cuenta la importancia del mantenimiento en de las industrias, se tomó en consideración lo siguiente; por lo complejo que resulta la manufactura se decidió que este estudio se concentrará únicamente en industrias manufactureras contenidas en la clasificación anterior. Esto no quiere decir que las actividades de mantenimiento, así como su administración sean exclusivas de industrias manufactureras, las técnicas y métodos utilizadas en este tipo de industrias pueden ser empleadas de igual forma en industrias de servicios, sólo se tendrían que adaptar a las necesidades de cada empresa, departamento o área.

Posteriormente, para completar la matriz que sirva como base para explicar la importancia de la administración del mantenimiento, dependiendo del tipo de industria y el proceso de manufactura que siga; se seleccionó segmentar a estas según las diferentes estructuras de flujo de proceso.

De acuerdo a Chase (2000), las estructuras de flujos de proceso “son la manera en que una fábrica organiza el flujo de material mediante una o más de las tecnologías de procesos de conversión, fabricación, ensamble y prueba” (p. 97). Según Hayes y Wheelwright (1984) existen cuatro grandes estructuras de flujo de proceso las cuales explican como:

- *“Talleres de trabajo:* Producción de pequeñas series de una gran cantidad de productos diferentes, la mayor parte de los cuales requiere una serie o secuencia distinta de pasos de procesamiento.
- *Lotes:* Esencialmente, es una especie de taller de trabajo un poco estandarizado. Esta estructura suele emplearse cuando una empresa tiene una línea relativamente estable

de productos, cada uno de los cuales se produce en lotes periódicos, ya sea de acuerdo con los pedidos del cliente o como inventario. Casi todos estos elementos siguen el mismo patrón de flujo de planta.

- *Línea de ensamble*: Producción de componentes discretos, que pasan de una estación de trabajo a otra a un ritmo controlado, siguiendo la secuencia requerida para fabricar el producto.
- *Flujo continuo*: Conversión o procesamiento adicional de materiales no diferenciados como petróleo, químicos o cerveza. A semejanza de lo que ocurre en las líneas de ensamble, la producción pasa por una secuencia de pasos predeterminada, pero el flujo es continuo en vez de discreto. Estas estructuras suelen ser altamente automatizadas y, en efecto, constituyen una máquina integrada que debe ser operada las 24 horas al día para evitar cierres y arranques costosos”. (p. 97)

La relación entre flujos de proceso y requerimientos de volumen, se describen en una matriz de proceso de productos como lo representa la figura 1.2 en el Apéndice A. Actualmente una de estrategias principales de las industrias manufactureras es buscar la flexibilidad de sus estructuras de procesos, mezclando en ciertos casos algunos de los flujos presentados.

Finalmente uniendo a las estructuras de flujo de procesos con la clasificación internacional uniforme de las industrias manufactureras, y tomando en cuenta los flujos más utilizados dentro de estas, queda entonces una matriz de segmentación de la siguiente manera:

Tabla 1.1 Segmentación por flujo

Flujo de proceso / Industria Manufacturera	Talleres de trabajo	Lotes	Ensamble	Flujo continuo
Fabricación de productos alimenticios, bebidas y tabaco				✓
Industrias de bebidas				✓
Textiles, prendas de vestir e industrias de cuero	✓	✓	✓	✓
Industria de la madera y productos de la madera, incluidos muebles	✓	✓	✓	✓
Fabricación de papel y productos de papel, imprentas y productos editoriales	✓	✓		✓
Fabricación de sustancias químicas y de productos químicos, derivados del petróleo y carbón, de caucho y plástico				✓
Fabricación de Productos minerales no metálicos exceptuando los derivados del petróleo y carbón				✓
Industrias metálicas básicas de hierro y acero				✓
Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo	✓	✓	✓	✓
Otras Industrias Manufactureras	✓	✓	✓	✓

De esta manera se hará un análisis usando esta segmentación; con el que se determinarán algunos factores para conocer tanto el estado del equipo, el índice de desempeño del personal que labora en el área de mantenimiento, como la importancia que tienen algunas técnicas de administración del mantenimiento para cada segmento.



## CAPÍTULO 2

### ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Hasta 1980 la mayoría de las industrias de los países occidentales tenían una meta bien definida, obtener a partir de una inversión dada, el máximo de rentabilidad de esta.

Sin embargo cuando el cliente comenzó a convertirse en un elemento importante, muchas de las decisiones tomadas tenían que ver con este, puesto que exigía calidad en el producto o servicio proporcionado.

Este nuevo factor de calidad se convirtió en una necesidad para poder seguir teniendo un lugar competitivo dentro del mercado nacional e internacional.

Igualmente, a la industria le interesaba mantener una alta productividad, para ello se necesitaba alcanzar y conservar altas eficiencias en todo el equipo y maquinaria, de esta forma suponían que la inversión retornaría más rápido.

Así surge la necesidad de crear un área o departamento que se responsabilice y asegure que la productividad de la planta no se verá afectada por algún tipo de avería o algún paro del equipo. En un principio no se prestaba mucha atención a lo que a mantenimiento se refiere, hasta que las empresas se dieron cuenta que uno de los gastos más importantes eran por falta de esta actividad, además de que los costos por mantenimiento ocupaban el primer o segundo lugar dentro de los gastos más significativos.

Entonces se decidió atribuir una serie de responsabilidades a este departamento, como reducir el tiempo de paralización de los equipos, reparación en el tiempo oportuno, garantizar el funcionamiento continuo de todo el equipo, de forma que los productos no salieran de los límites y estándares establecidos por control de calidad.

Un argumento primordial hoy en día es saber por que es necesario administrar el mantenimiento. El área de mantenimiento se considera para la industria un área no

productiva, ya que de esta área no se obtiene ningún bien tangible, o algo que reditúe a la empresa en capital directo.

Actualmente una preocupación existente va dirigida hacia la optimización de sus activos, el aseguramiento de la calidad, productividad del equipo y maquinaria. De esta manera es como las compañías están centrando su atención en encontrar una técnica adecuada para administrar el mantenimiento.

Los dos factores más importantes que contribuyen a la mala administración del mantenimiento según Terry Wireman (1998) son la falta de medición adecuada y la falta de sistemas de control para el mantenimiento.

Según Wireman (1998), la administración de mantenimiento es “la administración de todos los activos que posee una compañía, basada en la maximización del rendimiento sobre inversión en activos”. (p. 3)

Existen una serie de problemas que se deben enfrentar, todo en base a ciertos factores y tendencias que presenta actualmente la industria de proceso y manufactura. Según Shirose (1992), Wireman (1991), Pritchard (1990) y Tuttle (1983) todos estos factores, afectan directamente la manera de administrar los recursos físicos, así como la administración general de la empresa, todo enfocado a permanecer en el lugar donde se ha querido estar o para mejorar esta posición. Estos factores son:

- Competencia a nivel mundial
- Altos estándares de calidad
- Requisitos de certificación de sistema de calidad por parte de terceros
- Conceptos de “Justo a Tiempo”
- Incremento en la capacidad y productividad de equipos y maquinaria
- Reducción de tiempos de ciclo de fabricación

- Reducción de costos de fabricación (producción y mantenimiento)
- Seguridad personal e industrial
- Integración total de los trabajadores
- Cultura de limpieza y disciplina
- Relación entre Administración y Sindicato
- Programas de asimilación de Tecnología

Sin importar el tipo de industria manufacturera y la estructura de flujo de proceso que siga, el mantenimiento juega un papel sumamente importante dentro del buen funcionamiento de las empresas, porque si se administra correctamente se pueden obtener mejoras en eficiencias de máquinas y equipo, mayor productividad en la línea de producción y disminución de gastos por mantenimiento correctivo.

### ***2.1 TAXONOMÍA DEL MANTENIMIENTO***

Uno de los problemas más trascendentales encontrados dentro de las empresas, del lenguaje común, y hasta en conferencias internacionales, es la falta de un verdadero significado para lo que es la administración del mantenimiento, y para uniformizar los conceptos de lo que es mantenimiento. Un ejemplo de esto podrían ser las diferentes definiciones para un mismo término o las diferentes clasificaciones que existen sobre esta actividad, para Dounce (2000) el mantenimiento es una división de la Conservación, y la otra división es Preservación. Para este autor preservación es lo que todos los demás autores consideran como mantenimiento, la mayoría de estos no hacen distinción entre el “mantenimiento” a máquinas y el que se le proporciona al servicio que da la máquina. En general para algunos autores como Dounce (2000) el mantenimiento es un trabajo para

prevenir el deterioro del rendimiento y funciones del equipo, es decir, prevenir el mal funcionamiento, o falla de la maquinaria o equipo.

De esta forma existen varios ejemplos en los que una palabra que tiene un significado específico es utilizada erróneamente en el lenguaje diario. Por esta razón muchas veces cuando se implementa una nueva propuesta no es entendida correctamente por todo el personal, porque no significa lo mismo para todos, es decir, no hay uniformidad de significado. Algunas de las clasificaciones encontradas se muestran en las figuras 2.1 y 2.2 en el Apéndice B.

## ***2.2 HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO***

Para ejecutar satisfactoriamente la administración del mantenimiento y obtener resultados cuantitativos que ayuden a tomar decisiones, se necesita de ciertos instrumentos o herramientas que faciliten el trabajo. Gracias al uso de estas herramientas se pueden planear, organizar y controlar mejor las actividades de mantenimiento.

Algunas de estas herramientas de acuerdo a Dounce (2000), Smith (1993) y Suzuki (1994) se explican a continuación.

### ***2.2.1 Índice ICGM (RIME)***

Para Dounce (2000), esta herramienta es importante porque en muchas ocasiones los problemas tanto de maquinaria, equipo o instalaciones se pueden presentar al mismo tiempo, haciendo difícil al departamento de mantenimiento el asignar prioridades. Algunas veces no se toma la decisión correcta y se repara aquel equipo que no tenía tanta importancia, mientras que aquel que si la tenía queda parado por más tiempo.

Para ayudar al departamento de mantenimiento en este tipo de toma de decisiones existe el ICGM (Índice de Clasificación para los gastos de Mantenimiento), el cual permite clasificar los gastos de mantenimiento relacionándolos con el equipo y el trabajo que se debe efectuar. El ICGM se compone de dos factores:

- *Código máquina.*- jerarquiza al equipo dependiendo de su importancia
- *Código trabajo.*- califica al trabajo que se efectuará

Por lo tanto:

$$\text{ICGM} = \text{Código máquina} \times \text{código trabajo}$$

Para poner en práctica esta herramienta se forma un comité integrado por personas del área de mantenimiento, producción y contabilidad los cuales hacen un levantamiento de inventario de todos los activos de la empresa, de ahí se establece cada código máquina para los activos. La calificación de dichos activos dependerá de su grado de importancia, estas calificaciones van de 10 si son recursos vitales hasta 0 si son triviales, de igual forma se establecen diferentes criterios para asignar un código a los trabajos.

Estos códigos no son constantes, se aconseja hacer una publicación mensual, para ayudar al departamento de mantenimiento a conservarse actualizado.

### 2.2.2 Análisis de problemas

Otra herramienta citada por Dounce (2000) es el análisis de problemas. Su objetivo es minimizar las fallas y las quejas de los clientes y del personal. Esta herramienta puede combinarse con otros métodos para obtener un análisis más profundo y exacto de la situación. Algunas herramientas complementarias son: Juntas de lluvia de ideas, diagramas de causa y efecto y el diagrama de Pareto.

### 2.2.3 Inventario jerarquizado

En una industria es importante saber cuales son los paros de los recursos que nos afectan más, es decir, se debe tener una clasificación de los recursos que son vitales, importantes y triviales. Para Dounce (2000) con apoyo del ICGM y diagramas de Pareto se puede determinar y jerarquizar la importancia de cada uno de los activos, esto permite conocer la capacidad y la flexibilidad que tiene la empresa.

### 2.2.4 Costo mínimo de mantenimiento

Otra herramienta considerada importante por Dounce (2000) es el costo mínimo de mantenimiento, el cual define como el punto de equilibrio entre el costo de mantenimiento y el costo de tiempo de paro. Se debe estimar que si a un recurso se le da menos o más mantenimiento del necesario se pueden tener pérdidas económicas por hipermantenimiento o por paro por falta de mantenimiento, lo que significa gasto.

Se debe tomar en cuenta la importancia del recurso y los diferentes horarios en los que puede suceder el paro para saber económicamente cómo afecta menos o más al costo. Posteriormente se debe calcular el costo por mantenimiento de cada uno de los recursos físicos para conocer la cantidad óptima de mantenimiento que se le debe proporcionar a cada elemento para no tener pérdidas por falta o exceso de mantenimiento.

### 2.2.5 Mantenibilidad y Fiabilidad del equipo

De acuerdo a Dounce (2000) la mantenibilidad es “la rapidez con la cual las fallas, o el funcionamiento defectuoso en los equipos son diagnosticados y corregidos, o el mantenimiento programado es ejecutado con éxito” (p. 135). Para lograr esto se deben tener

procedimientos para el cambio de sus partes, las herramientas necesarias, y el equipo debe estar colocado de manera que sea accesible para que el técnico pueda hacer su trabajo.

También Dounce (2000) define a la fiabilidad como “la probabilidad de que un equipo no falle, es decir, funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que el equipo se utilice para el fin y con la carga para la que fue diseñado” (p. 136). Sirve para saber el grado de confiabilidad que tiene un equipo antes de fallar.

#### 2.2.6 AMEF

Esta herramienta es usada por varios autores como Dounce (2000), Smith (1993) y Suzuki (1994). Es una de las herramientas más utilizadas en la ingeniería de fiabilidad. El objetivo de esta herramienta es identificar los modos de falla del equipo, es decir la manera en que el personal detecta que el equipo esta trabajando mal, (como puede ser sobrecalentamiento, derrame de aceite, etc.) sus causas, y finalmente los efectos que pueden resultar durante la operación, con el propósito de eliminar las fallas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas, sus objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

Para efectos del presente trabajo, y como se ha justificado anteriormente, el tipo de segmentación que se ha escogido es en base a las estructuras de flujo de proceso dentro de una empresa. En este caso se puede apreciar que a mayor volumen de producción y automatización es necesaria mayor atención a todo el equipo. De manera teórica se podría decir que cualquiera de estas herramientas es útil para todos los segmentos, pero parece que resulta muy costoso para algunos casos en los que no se necesita tanta estructura, y tal vez sería demasiado papeleo y pérdida de tiempo el contemplar el uso de todas estas herramientas dentro del trabajo cotidiano.

Por lo tanto para cada segmento se definen algunas herramientas suficientes para ayudar a la administración de este departamento dentro de la empresa, estas herramientas se seleccionan según el tamaño y capacidad de la estructura y el costo que representa.

En base a esto se definen las herramientas que convienen por las causas descritas anteriormente en la tabla 2.1

Utilizar herramientas que ayuden a la administración del mantenimiento, también sirven para aumentar la productividad de la planta.



Tabla 2.1

	Talleres de trabajo	Lotes	Ensamble	Flujo continuo
Índice ICGM (RIME)	✓	✓	✓	✓
Análisis de problemas	✓	✓	✓	✓
Inventario jerarquizado				✓
Costo mínimo de mantenimiento		✓	✓	✓
Mantenibilidad y fiabilidad del equipo		✓	✓	✓
AMEF	✓	✓	✓	✓

Tener un mantenimiento productivo interesa a las industrias porque significa una disminución de costos, en muchas ocasiones innecesarios; porque con un mantenimiento preventivo eficiente y eficaz, las fallas de equipos se eliminan en un porcentaje elevado.

Por lo tanto, la productividad tiene una relación importante con el mantenimiento.

### ***2.3 PRODUCTIVIDAD EN LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE INDUSTRIAS MANUFACTURERAS***

Llevar una eficiente administración del mantenimiento depende en cierta forma de diferentes factores, uno de ellos es el personal de la planta, los empleados deben sentirse involucrados, perseguir los mismos objetivos.

Administrar al mantenimiento bajo alguna técnica establecida permite reducir costos, aumentar la calidad del producto, disminuir tiempos muertos, aumentar el tiempo de vida de la maquinaria y equipo, etc.

Todo esto conduce al logro de una mayor productividad en el área de mantenimiento, al igual que en otras áreas. En esta sección se describe el concepto de productividad, su importancia en el área de mantenimiento en industrias manufactureras, así como los factores que la afectan.

La productividad es un concepto muy recurrente en los campos de la industria, economía y negocios en general. Una preocupación característica de la sociedad actual es el aseguramiento de la calidad, la productividad y disminución de los costos en las industrias. La productividad es un reto que quiere alcanzar cualquier empresa para poder tener una posición competitiva sostenida en el mercado nacional e internacional.

Estas exigencias han motivado a diferentes autores a nivel internacional, a tratar el problema del logro y medición de la calidad y productividad desde diversos enfoques.

La productividad ha sido definida tradicionalmente como la relación que existe entre las entradas y las salidas en el proceso de transformación. Las salidas corresponden al producto terminado de cada industria. Las entradas son las unidades de recursos típicamente usados en la fabricación, que según Pritchard (1990) generalmente se dividen en cuatro categorías principales:

- **Mano de obra directa:** el número de horas de mano de obra asignadas directamente al proceso de transformación.
- **Bienes de capital:** inversión en planta, maquinaria o sistemas de información.
- **Materiales:** materias primas, componentes y materiales auxiliares que están presente en el proceso.
- **Procesos:** los procedimientos que configuran la función del proceso de fabricación.

Esta última categoría, incluye al mantenimiento, la ingeniería de procesos, la administración del personal de fabricación, los sistemas de control y supervisión, así como otras actividades necesarias para que el proceso de fabricación funcione correctamente, como son capacitación, motivación del personal, cooperación entre departamentos, seguridad, etc.

Actualmente no es suficiente producir grandes volúmenes de producto terminado, el cliente pide además que se produzca cierto nivel de calidad y dentro de un plazo establecido.

Entonces las salidas no son simplemente un producto que ha recorrido los diferentes procesos de fabricación hasta quedar terminado, sino que debe ser además un producto que satisfaga al cliente. Las entradas serán los recursos utilizados inteligentemente para fabricar dicho producto.

Pritchard (1990) analiza la palabra PRODUCTIVIDAD, que se descompone en dos términos: PRODUCCION Y ACTIVIDAD. Esto es lo que ha conducido durante muchos años a creer que este concepto está asociado únicamente a la actividad productiva de ciertas áreas de una empresa y ha limitado su utilización en otras áreas que no clasifican como tal.

El concepto más generalizado de productividad es el siguiente:

**Productividad = Resultados Logrados/Insumos o Recursos Empleados**

De esta manera se puede definir a la productividad, no sólo como una medida de la producción, ni de la cantidad de productos fabricados, sino como una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir todos los resultados específicos planteados.

Algunos autores como Sink y Tuttle (1981) están de acuerdo en que el término de productividad esta relacionado con la eficiencia y la eficacia. Donde según Sumanth (1999)

la eficiencia es “la proporción de los resultados generados en relación con los estándares de resultados prescritos”, y la eficacia “es el grado en que se logran metas u objetivos de interés para la empresa”.

Entonces la eficiencia en el mantenimiento es que tan bien la organización usa el equipo o maquinaria para producir sus productos, y la eficacia es que tanto la organización alcanza sus objetivos de cero fallas, mantenimiento correctivo mínimo y mayor disponibilidad de equipo.

#### ***2.4 IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.***

El mantenimiento en si, es un medio de obtener mayor productividad para la empresa, al lograr mayores niveles de disponibilidad de los equipos productivos, lo cual incrementa la producción. Además ayuda a mantener las condiciones adecuadas en los equipos para asegurar los estándares de calidad del producto, y a reducir los costos de mantenimiento.

Es importante la productividad en el área de mantenimiento, porque invirtiendo en la función de mantenimiento se logran mejorar los procesos productivos, haciéndolos más eficientes; mejorar la calidad del producto terminado según los requerimientos del cliente; se eliminan costos por mantenimiento correctivo, tiempo muerto, mayor número de refacciones y piezas desperdiciadas; velocidad en el proceso de fabricación, etc.

Como se ha comentado con anterioridad, muchas empresas y autores coinciden en que el mantenimiento ocupa un lugar importante dentro de los costos más significativos de las empresas, el segundo lugar en muchas de ellas. Y a pesar de ello, se siguen negando a un cambio en su administración, porque resulta muy costoso, requiere mucho tiempo para

la implementación completa de un nuevo sistema administrativo, o porque la gerencia no esta convencida de que el retorno de la inversión será rápido.

Todo es cierto, el cambiar un sistema administrativo y la cultura de la gente dentro de sus tareas predeterminadas, requiere además de tiempo y dinero, un cambio de mentalidad y de visión.

Hoy en día existe una gran necesidad de aplicar principios y herramientas administrativas al mantenimiento, porque aún es vista como un área no productiva, cuando en realidad es el punto de partida para un incremento de productividad global.

Al planear, programar, coordinar y ejecutar las tareas de mantenimiento en forma eficiente se logran disminuir los paros por fallas de equipo y maquinaria, además de mantener cierto estado del equipo, alargando su calidad y tiempo de vida.

Cuando se organizan los departamentos de producción y mantenimiento para dar el servicio adecuado a los equipos, se eliminan muchas pérdidas posteriores, desgraciadamente estos departamentos actualmente tienen objetivos definidos diferentes y opuestos, lo cual provoca una interminable guerra por la utilización del equipo, y por culparse entre si por los defectos que este presenta.

Al lograr la aceptación en el cambio de administración del mantenimiento, si se usa la técnica apropiada, con sus métodos, herramientas; y en conjunto con algunos factores que se explicarán posteriormente, que incrementan la importancia de un mantenimiento efectivo, se alcanzarán unos índices mayores de productividad en toda la planta, ya que todos los departamentos están relacionados y tienen un objetivo en común, la obtención de productos de calidad.

## ***2.5 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL***

Al igual que en los procesos productivos, en las diferentes técnicas de administración del mantenimiento, se necesitan indicadores que permitan saber si las actividades o procesos se están llevando de la mejor manera, y si los recursos humanos y físicos están siendo usados como se debe.

El tener una buena disciplina, comunicación, organización, planeación y control de los métodos, políticas, recursos y herramientas permiten aumentar la eficiencia en la administración, lo que dará como resultado un aumento de productividad de los procesos.

Las razones generales por las que es importante medir la productividad según Pritchard (1990) son:

- Facilita la comunicación entre los miembros de la organización.
- Ayuda a evaluar el progreso hacia la mejora de productividad.
- Facilita hacer cambios después de un cierto periodo.
- Revela problemas potenciales e identifica las oportunidades de mejora.
- Es una forma de retroalimentación del personal.
- Es una fuente de motivación.
- Ayuda a establecer prioridades.
- Identifica los problemas antes de que se conviertan en algo serio.
- Ayuda a la toma de decisiones.
- Provee el análisis estadístico y matemático.
- Ayuda a la planeación a largo plazo.

Además con la medición de la productividad en diferentes periodos de tiempo, se pueden comparar los resultados para saber el comportamiento del equipo, desempeño del personal, y encontrar áreas de oportunidad que permitan mejorar.

## ***2.6 EFECTOS DE LOS RECURSOS HUMANOS EN LA PRODUCTIVIDAD***

Uno de los factores más importantes para el aumento de productividad es la fuerza laboral. Si se cuenta con personas capacitadas, motivadas e involucradas con la empresa se puede asegurar una alta productividad dentro de las diferentes áreas.

El tener una buena administración de los equipos, no es suficiente, se necesita también saber administrar los recursos humanos de la empresa, porque una organización no la conforman simplemente los equipos, máquinas e infraestructura, sino que es un conjunto de gente que trabaja junta para alcanzar ciertos propósitos u objetivos. Las organizaciones dependen de los esfuerzos de la gente para alcanzar los resultados que se desean.

Entender el comportamiento organizacional ayuda a pensar de forma sistemática sobre el comportamiento de la gente en su trabajo, permite emplear técnicas para tratar ciertos problemas y oportunidades que se presentan dentro de la empresa.

Si se tienen empleados contentos con su trabajo, comprometidos con la empresa y capacitados en las actividades correspondientes a su área, se tiene el complemento para alcanzar altos niveles de productividad, la otra parte corresponde a los recursos físicos.

Según Staley (1963) se puede decir que algunas causas que afectan la productividad de las personas son:

- Lugar de trabajo.
- Involucramiento.
- Contagio de entusiasmo.

- Métodos de trabajo y herramientas.
- Habilidad del trabajador: capacitación
- Motivación
- Salarios e incentivos
- Políticas administrativas
- Cambio
- Reconocimientos
- Relaciones
- Retroalimentación

Es importante establecer calendarios de capacitación del personal, para que siempre estén involucrados con su trabajo y las herramientas que deberán utilizar.

El encargado de la comunicación entre el personal y la administración deberá ayudar al trabajador para que no se sienta insatisfecho con su trabajo y para incorporarlo dentro de la empresa. Para esto deberá dar a conocer desde un principio su forma de trabajo, y establecer normas que estarán al alcance de todos.

De esta manera será más fácil la medición del desempeño de cada uno de los trabajadores, y en base a su trabajo se podrán dar incentivos para aquellos que estén por arriba del estándar, que ofrezcan sugerencias para aumentar la calidad, o cuando han sido eficientes por un periodo determinado, logrando así una motivación del personal.

Al igual que se tienen indicadores para medir la productividad del equipo y de la planta, se deben tener ciertos indicadores que indiquen el grado de insatisfacción del personal, para así evitar problemas posteriores. Hay ciertos síntomas que pueden asegurar que existen problemas, algunos de ellos son:



- Excesivo número de quejas.
- Ausentismo
- Poca participación en capacitación
- Bajo desempeño
- Poco involucramiento

Incrementar la productividad del empleado ayuda a incrementar la productividad del equipo, y esto aumenta la productividad de la planta.

## ***2.7 EFECTOS DE LA CULTURA ORGANIZACIONAL EN LA PRODUCTIVIDAD***

La cultura es el factor educativo y cohesionador en una empresa, es un conjunto de maneras de pensar, de sentir y de actuar que se aprende y comparte, que sirve objetiva y simbólicamente para hacer a una organización particular y distinta. Es cohesionador porque el dueño o director de una empresa no puede solo llevar a cabo la estrategia pues requiere del apoyo, los conocimientos y la energía del grupo de gente que lo acompaña.

Muchos de los autores como Giral Barnes (1998) coinciden que existe una relación entre la estructura y la cultura, estos dos conceptos en la organización se retroalimentan.

La cultura es un generador de energía, de cambio, capacitación y educación continua de la organización, es un conjunto de creencias y valores. Estos valores se relacionan mucho con el marco estratégico en el proceso de formación de una visión compartida, que es un punto fundamental para conseguir el propósito de la organización.

Con una buena cultura organizacional, se puede incrementar el nivel de confianza y apoyo mutuo entre los miembros de la organización, además se incrementa el nivel de responsabilidad personal y de grupo en la planeación e implementación de nuevas técnicas.

Si la gente tiene ciertas costumbres o hábitos es muy difícil cambiar su forma de actuar o pensar. Esto dependerá en gran medida de las costumbres adquiridas por el personal debido a la falta de normas establecidas por la administración.

Un factor importante es la ideología que la administración tenga para llevar a cabo las actividades dentro de la empresa. Las prioridades de la administración, serán las prioridades del personal. Si la administración esta convencida de que lo más importante es lograr las máximas eficiencias del equipo, los supervisores y operadores trabajarán a la máxima capacidad de las máquinas, dejando un tiempo mínimo o nulo para las labores de mantenimiento.

En la mayoría de las empresas se busca la productividad sólo en áreas consideradas productivas, pero el área de mantenimiento puede ser la base para propiciar que las áreas consideradas como productivas, efectivamente lo sean, sin arreglar datos e información, sino obteniendo resultados reales.

### ***2.8 MEJORA CONTINUA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO***

En estos últimos años se ha incrementado la importancia que tiene la mejora continua de los sistemas productivos, pues antes difícilmente se pensaba en el desafío que podría significar la competencia, la calidad y la globalización de productos y servicios.

Una de las formas en que las industrias mantienen una mejora continua dentro de sus procesos, son las herramientas propuestas por Ishikawa, pues ayudan a conocer el estado actual del sistema y localiza las áreas de oportunidad.

Las siete herramientas de Ishikawa son:

- Histograma
- Diagrama de Pareto

- Diagrama causa-efecto (o diagrama de Ishikawa)
- Hojas de comprobación o de chequeo
- Gráficas de control
- Diagramas de dispersión
- Estratificación

Otra metodología usada para detectar algún problema y solucionarlo, o seguir con mejoras en el sistema es siguiendo ciertos pasos conocidos como el ciclo de Deming o mejoramiento de Shewhart; estos son:

- Planeación
- Ejecución
- Verificación
- Corrección

Estos pasos junto con las siete herramientas de Ishikawa, forman una buena opción para lograr la mejora continua en las industrias manufactureras.

Actualmente existen nuevas técnicas que buscan dichas mejoras, una de las más populares hoy en día es seis sigma. Esta técnica es usada por la mayoría de las industrias, y todos sus procesos son controlados por medio de herramientas estadísticas.

Lo importante de estas herramientas y técnicas es lograr una mejora significativa y medible para poder ser comparada.

En cuanto a la administración del mantenimiento, también tiene ciertas técnicas que le ayudan a ser más eficiente y a disminuir costos. Estas técnicas, junto con sus técnicas y herramientas se describen en el siguiente capítulo.

### **CAPÍTULO 3**

#### **SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

De acuerdo a la Teoría General de Sistemas de Bertalanffy (1969) para que un sistema sea considerado como tal, debe tener ciertos principios generales.

Al ver el mantenimiento como un sistema permite conocer las propiedades que este tiene, entenderlo mejor, estudiarlo como un todo en vez de hacerlo a través de subsistemas componentes. De esta manera al lograr el incremento de productividad del sistema total, se mejora la de los subsistemas componentes, encontrando las causas de mal funcionamiento dentro de los límites del sistema y rehusando su extensión.

Esto se refiere a que se comporta como un sistema holístico, es decir, permite que los procesos que se dan en cada uno de los subsistemas componentes se orienten hacia un resultado total.

La organización o empresa es el sistema a mejorar, el cual se compone de varios subsistemas, entre los que se encuentra el de mantenimiento. Aunque el mantenimiento sea un subsistema, será analizado como un sistema global, ya que es nuestro tema de estudio.

Al referirse al sistema de mantenimiento se estará englobando su administración y el servicio o actividades directas con maquinaria y equipo.

El sistema de mantenimiento es visto como un sistema abierto porque interactúa constantemente con otros sistemas, hay intercambio de información. Estos intercambios determinan su equilibrio y continuidad.

Por lo tanto es considerado negentrópico, esto se refiere a que como sistema abierto, tiende a la organización y estabilidad, es decir, es capaz de conservar estados de organización improbables, porque puede importar energía extra para mantener sus estados

estables. Incluso puede desarrollar niveles más altos de improbabilidad, que le permitan mantener su funcionamiento y trabajar de manera efectiva.

Esto se apoya también en el principio de mantenibilidad, la cual busca asegurar que los distintos subsistemas componentes estén balanceados para que el sistema total se mantenga en equilibrio, esto lo hace mediante mecanismos o técnicas de mantenimiento, las cuales se explicarán más adelante. Estable no significa equilibrado totalmente, sino que sus desequilibrios pueden ser permanentemente compensados, esto se puede lograr mediante procesos y técnicas flexibles.

De acuerdo al principio de equifinalidad; el equilibrio, el cual es el objetivo del sistema, puede ser alcanzado por diferentes caminos.

Esto se refiere a que para administrar el mantenimiento se pueden emplear diferentes técnicas, métodos y herramientas; y de acuerdo al tipo de empresa serán escogidos para ayudar a la administración del mantenimiento, buscando el mismo fin, disminución de paros, fallas, costos y aumento de productividad.

Es un sistema sinérgico porque sus componentes de manera aislada no pueden predecir su comportamiento, sino que la sinergia surge de las interacciones entre sus partes. Este concepto corresponde al postulado aristotélico que dice que “el todo no es igual a la suma de sus partes” considerando a las partes de manera independiente. Se puede expresar también como, la totalidad es la conservación del todo mediante la interacción recíproca de las partes componentes, lo cual es una representación del principio teleológico.

Debido al constante desarrollo de la tecnología debe ser un sistema adaptable, es decir, poder aprender y modificar sus características en respuesta a los cambios internos y externos a través del tiempo, para lograr esto es necesario su intercambio con el medio en el que se desarrolla.

Las entradas de este sistema serán recursos humanos, herramientas, materiales e información, esto constituye la fuerza de arranque que suministra al sistema sus necesidades operativas.

Una organización es un sistema abierto, porque transforma los recursos físicos y humanos recibidos como entradas, y los convierte en bienes y servicios que son devueltos al medio que los trajo. Todo esto es posible por la interacción de la organización con su medio ambiente; y su supervivencia dependerá de la habilidad de la organización para satisfacer la demanda del medio exterior. Con base en esta teoría se puede entender el funcionamiento y objetivos del sistema de mantenimiento.

### ***3.1 JERARQUIZACIÓN DE LAS LABORES DE LA ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO***

Para poder hacer mención de los diferentes procedimientos y métodos que ayudan a la administración del mantenimiento, es indispensable definir cada una de las actividades que tienen que ver con esta función y saber en que categoría se encuentran.

De esta manera, se puede establecer una jerarquía para poder situar y nombrar correctamente cada una de estas acciones. A continuación se propone una forma de Jerarquización:

#### **Sistema.**

Sistema es lo que englobará a todos los elementos, es decir el sistema será el mantenimiento, que es el objeto de estudio. Se considera como sistema porque cumple con las siguientes definiciones:

- “Conjunto de objetivos y entidades que poseen una relación esencial, y debido a su arreglo o montaje, logran un propósito único o una combinación de propósitos”.

Production Handbook (1972, p.139)

- “Una colección organizada independiente e interactiva de personal, máquinas y métodos combinados para lograr un conjunto de funciones específicas, como una gran unidad utilizando las capacidades de todas las unidades separadas”.

Production Handbook (1972, p.241)

### **Estructura.**

Posteriormente se necesita definir la manera en que irán dispuestos los elementos, para esto se necesita una estructura de la administración del mantenimiento. La estructura se ubica después del sistema porque de acuerdo a las definiciones encontradas es:

- “Todo sistema construido con materiales, métodos y modelos convenientes y con una técnica adecuada”. Vocabulario científico y técnico (1990, p.97)
- “Modo en que son dispuestas las partes constituyentes de un todo” Vocabulario científico y técnico (1990, p.98)

### **Proceso.**

Abajo del nivel de estructura se encuentran los procesos, porque son las fuentes donde se generan fallas o paros, que requieren de atención para ejecutar las tareas de mantenimiento. La definición de proceso es:

- “Serie de acciones u operaciones planeadas (ejem. Mecánicas, eléctricas, químicas, pruebas de inspección) que pasa un material o procedimiento de una etapa de terminación a otra. Un tratamiento planeado y controlado que somete materiales o procedimientos a la influencia de uno o más tipos de energía (ejem. Humana,

mecánica, eléctrica, química, térmica) por el tiempo necesario para obtener las reacciones y resultados deseados”. Diccionario APICS (1999)

### **Procedimiento.**

Todo proceso necesita de una secuencia de acciones, por ello los procedimientos se encuentran bajo los procesos. Cada proceso puede contar con uno o varios procedimientos, dependiendo de su complejidad. Las definiciones de procedimiento son:

- “Forma una red compleja de planes de acción interrelacionados”. Grant (1995, p. 245)
- “Es un curso de acción predeterminado. Son planes fijos para que el personal siga repitiendo tareas administrativas de forma sistemática. Establece la secuencia, tiempo y condiciones de las operaciones y especificaciones donde se debe hacer, y por quien se debe hacer”. Salvendy (1990, p.132)

### **Técnica.**

Las técnicas serán dependientes del tipo de proceso que tiene una empresa, por lo tanto, estas tomarán un lugar bajo los procedimientos.

- “Campo de actividad humana en el que un conjunto de recursos se aplican a fines útiles”. Vocabulario científico y técnico”. (1990, p. 176)

### **Método.**

Toda técnica requiere pasos definidos de acción para poder ser ejecutada correctamente, por lo tanto se necesita de métodos para saber la secuencia y forma en que se llevaran a cabo las tareas establecidas. Las definiciones de métodos son:

- “Descripción de cómo se deben usar los recursos para lograr los propósitos. Es la secuencia de operaciones y/o procesos usados para producir un producto o lograr



un trabajo dado”. Handbook of Industrial Engineering and Management (1990, p. 89)

- “Es el procedimiento o secuencia de movimientos de los trabajadores y/o máquinas usadas para lograr una operación dado o una tarea”. Industrial Engineering Terminology (1990, p.114)

### **Herramienta.**

Por último ya que se define la manera en que se utilizan los recursos, se necesita conocer los recursos de los que se habla, los que ayudarán a alcanzar los objetivos planteados. Estos recursos son llamados herramientas, las cuales se definen como:

- “Es un mecanismo o elemento diseñado y usado para un objetivo único bajo condiciones controladas y establecidas”. Enciclopedia de la Ciencia y la Técnica (1982, p. 64)

Una vez establecida la clasificación de los elementos que conforman e interactúan en el sistema de administración del mantenimiento, se puede definir su ubicación como lo indica la figura 3.1.

En este caso se puede decir que el sistema es la Administración del Mantenimiento, el cual tiene una estructura, dada por el conjunto de procesos, procedimientos, métodos, técnicas y herramientas que cada empresa establece según sus operaciones y producto.

Dependiendo del flujo de proceso que tenga cada empresa, los cuales pueden ser de fabricación, ensamble, conversión y prueba según Chase (2000); al enfocarnos en sistema de administración del mantenimiento nuestros procesos deben ser los mismos, porque el mantenimiento existe de acuerdo a los procesos de producción, no pueden verse de forma separada.

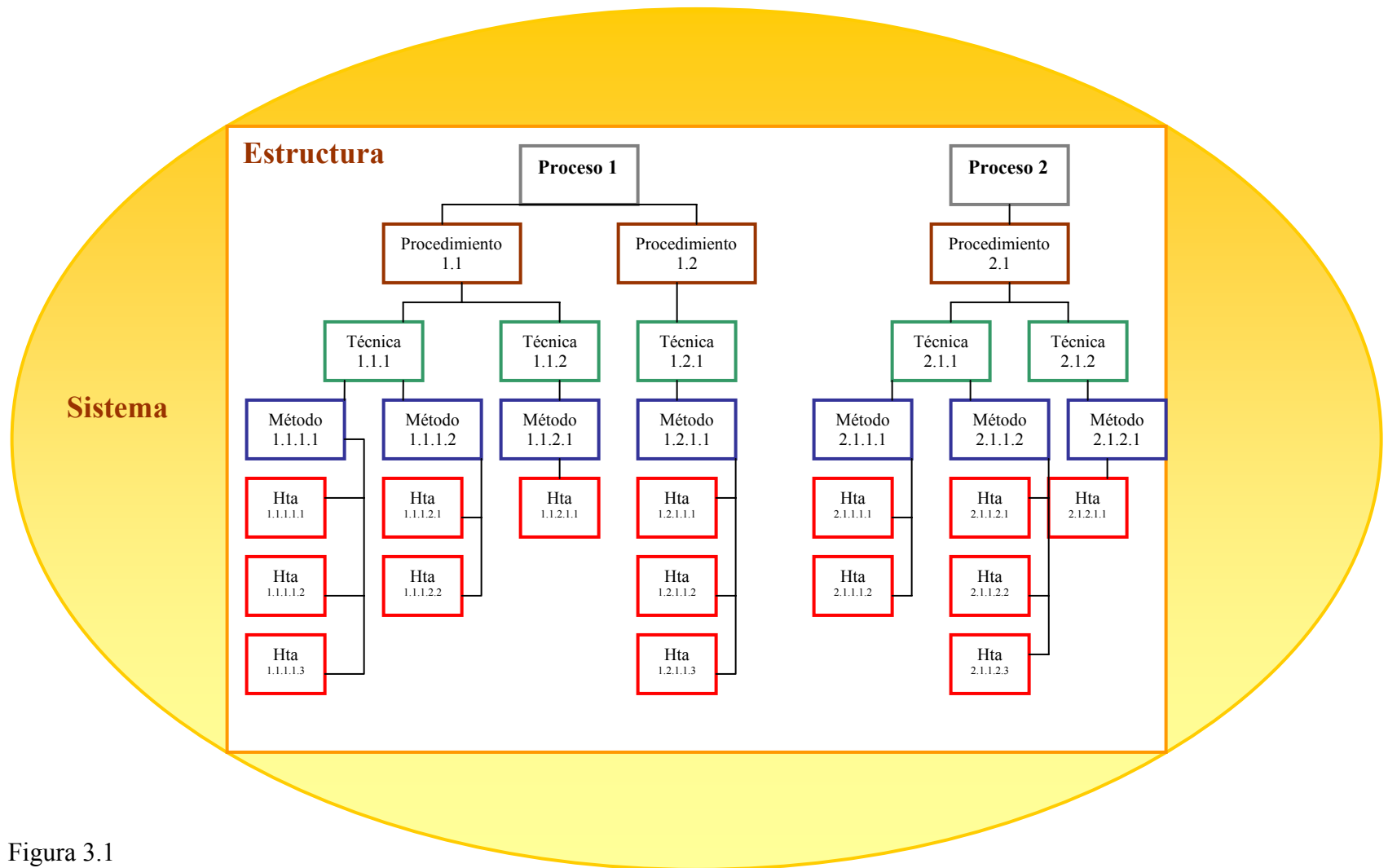


Figura 3.1

Los procedimientos serán la descripción de cada una de esas tareas, es decir, la forma en como se van a llevar a cabo, y por quien.

Las técnicas pueden ser variadas, en este apartado podríamos citar a todas las técnicas de mantenimiento mencionadas anteriormente, y que se explicarán a más detalle en los siguientes apartados de este capítulo. Entre las que están TPM, RCM, PM, ECM, RCM, etc.

Los métodos son el conjunto de pasos con los que cada una de estas técnicas se implementa en las empresas dependiendo de lo que sus operaciones y necesidades requieran.

Por último, las herramientas son los mecanismos de cada técnica para poder alcanzar su objetivo.

Por lo tanto se puede representar esto en la figura 3.2 basada en un solo proceso.

Existen diferentes técnicas utilizadas por las empresas para ayudar a la buena administración del mantenimiento, estas técnicas muchas veces son implementadas parcial o totalmente según los requerimientos del sistema de cada compañía. Algunas de estas técnicas son muy costosas en el momento de su introducción, pero los resultados y beneficios posteriores exceden ese costo, dándole a la empresa una buena opción para reducir sus gastos por mantenimiento, así como poder estar seguro y confiado de que los equipos seguirán trabajando y sacando productos de buena calidad.

Algunos estudios hechos por autores como Bond, (1997); Mobley, (1990); Willmott, (1994) mencionan que las actividades de mantenimiento pasaron de ser reactivas y costosas como el mantenimiento por averías, mantenimiento por la localización de fallas y el mantenimiento correctivo; a ser proactivo, eficiente en costo y mantenimiento de un alto nivel de servicio.

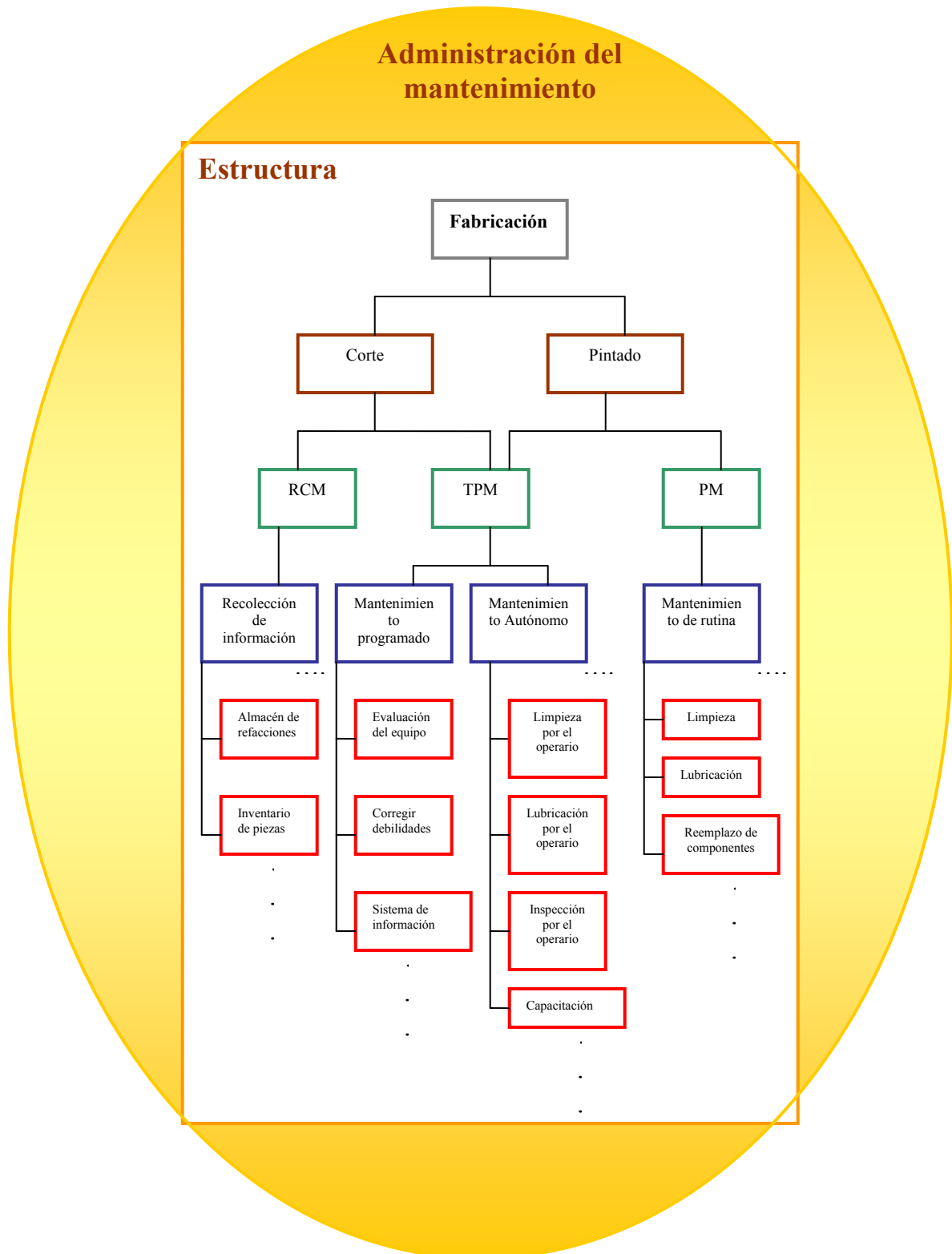


Figura 3.2<sup>2</sup> Sistema de administración del mantenimiento

<sup>2</sup> Elaboración propia

De esta forma nacen procedimientos y técnicas de mantenimiento que ayudan a las organizaciones a alcanzar esos objetivos. Así es como dichos autores aseguran que el uso del mantenimiento preventivo (PM), mantenimiento predictivo (PdM) y mantenimiento basado en condición (CBM), reducen el servicio de mantenimiento, el costo por paro y aumentan la confiabilidad del equipo.

Existen diferentes técnicas que pueden ser utilizadas independientemente o al mismo tiempo según las necesidades de las empresas, algunas de estas técnicas publicadas en un artículo del Journal of Quality in Maintenance Engineering son:

- PaM.
- TPM
- RCM
- ECM

Estas técnicas son todas derivadas del programa de mantenimiento preventivo (PM) y son las que ayudan a las industrias a mejorar su productividad global en las funciones de mantenimiento. Dependiendo del tamaño y la naturaleza de la empresa, será el tipo de enfoque que se escogerá para tener una mejor administración y organización dentro de la industria.

### **3.2 PM**

Es la base de todos los programas de mantenimiento preventivo, puede ser usado en cualquier tipo de empresa.

En muchas de las plantas manufactureras en México el tipo de mantenimiento más utilizado es el Mantenimiento Preventivo. Este tipo de mantenimiento permite a la empresa calendarizar sus actividades de mantenimiento a lo largo del año, según especificaciones del proveedor del equipo, para lograr un buen funcionamiento. La mayoría de las empresas

se apoyan en software de mantenimiento preventivo como Maximo, MP 7.2 o Avantis entre otros. Este software permite tener un control sobre las piezas y refacciones de cada máquina, además producen órdenes de trabajo para el personal de mantenimiento, dependiendo del que le toque a cada máquina. Estas órdenes son planeadas anualmente, pero se programan por semana.

Muchas veces estas órdenes de trabajo son omitidas o desplazadas por el plan de producción que se debe cumplir, o porque los operadores no dejan la máquina ociosa pues no cumplirían con su meta del día, lo que les quitaría su bono de productividad. Existen muchos problemas entre los departamentos de mantenimiento y producción, porque cada uno tiene objetivos diferentes a cumplir, y sus actividades obstaculizan el trabajo del otro.

El mantenimiento preventivo es una actividad que disminuye los costos por mantenimiento si se hace correctamente. Lo que se pretende en una planta de manufactura es disminuir el porcentaje de mantenimiento correctivo y aumentar el de mantenimiento preventivo.

Existe un poco de confusión en lo que respecta al término de mantenimiento preventivo. Muchas de las plantas han operado por largos periodos, en algunos casos hasta años, en un modo reactivo, lo que significa que las actividades de mantenimiento se efectuaban cuando fallas inesperadas en el equipo se producían. El mantenimiento correctivo es el modo de operación del departamento de mantenimiento en la mayoría de los casos, y muchas personas confunden estas dos actividades.

El mantenimiento preventivo según Smith (1993) es “el cumplimiento de las tareas de inspección y/o de servicio que han sido planeadas para mantener las capacidades funcionales del equipo operativo y de los sistemas en un tiempo específico”. (p. 10)

Smith (1993) define al mantenimiento correctivo como “la realización de tareas de mantenimiento no planeadas para restaurar las capacidades funcionales del equipo que falla o que trabaja mal y de los sistemas”. (p. 10)

Según Smith (1993) existen tres razones principales por las que se debe hacer el mantenimiento preventivo:

- Prevenir fallas
- Detectar la aparición de fallas
- Descubrir fallas escondidas

En general, para cumplir con un programa de mantenimiento preventivo óptimo se deben tener en cuenta diferentes actividades como se muestran en la figura 3.3:

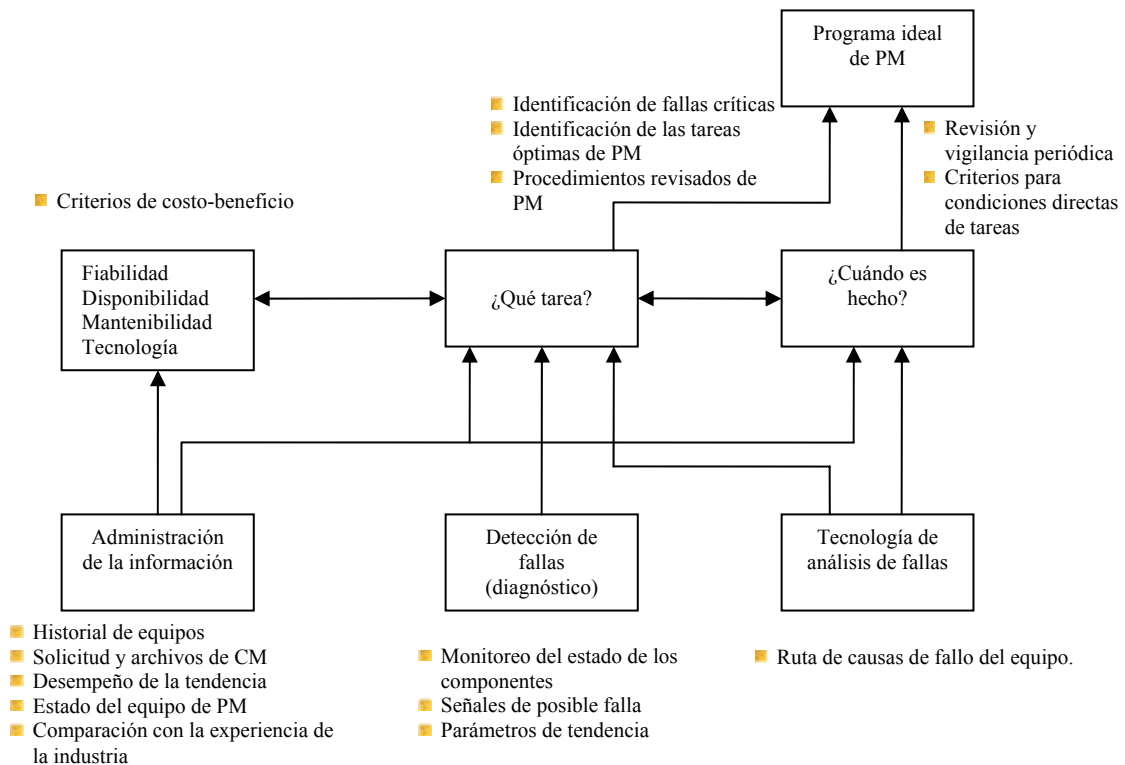


Figura 3.3<sup>3</sup> Diagrama de mantenimiento preventivo

<sup>3</sup> Smith (1993), p. 23

Hay diferentes razones por las que es importante el mantenimiento preventivo dentro de la administración. Según Wireman (1990) estas razones son:

- Incremento de automatización
- Manufactura Justo a Tiempo
- Pérdida de negocios debido a retrasos en la producción
- Reducción de equipo redundante (doble)
- Reducción de inventarios de refacciones
- Dependencia de células
- Mayor tiempo de vida del equipo
- Minimización del consumo de energía
- Producir productos de mayor calidad
- Necesidad de un ambiente más organizado y planeado

Los tipos de mantenimiento preventivo según Wireman (1990) son:

- De rutina: Lubricación, limpieza, inspecciones, etc.
- Reemplazos preactivos.
- Restauraciones calendarizadas.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento basado en condición.
- Ingeniería de fiabilidad.

Los pasos que se necesitan para la implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo son:

- **Paso 1.** Determinar las unidades críticas.
- **Paso 2.** Clasificar las unidades dependiendo los tipos de componentes.



- **Paso 3.** Determinar los procedimientos de mantenimiento preventivo para cada tipo de componente.
- **Paso 4.** Desarrollar un plan de trabajo para cada procedimiento.
- **Paso 5.** Determinar un horario para cada tarea de mantenimiento preventivo.

Este tipo de técnica ayuda a la administración de mantenimiento a llevar un control más detallado sobre el estado de cada una de las máquinas y de las refacciones que hay en inventario, disminuyendo los tiempos de paro; el retrabajo, porque mantiene la calidad con la que el equipo esta trabajando; y horas extras, porque los equipos trabajan constantemente sin fallas que retrasen la producción diaria. Los encargados de ejecutar las órdenes de trabajo, aparte de cumplir las labores de su orden de trabajo, llevan un registro del deterioro que sufre la máquina, así como de otras clases de anomalías que presente. Esto permite tener un mayor control sobre los activos físicos y prevenir fallas futuras.

### ***3.3 TPM***

El TPM es una técnica desarrollada en Japón en los setentas, nace como una necesidad por mejorar y controlar la calidad de los productos y servicios. Fue desarrollado para las industrias de fabricación y ensamble, aunque actualmente es utilizado en las industrias de procesos, también es adoptado en departamentos administrativos y de soporte, así como de desarrollo del producto y de ventas, pues mejora la eficiencia de sus actividades.

El TPM promueve que todos los empleados trabajen unidos siguiendo objetivos comunes. “El TPM es el total involucramiento y participación en un mantenimiento productivo” –Nakajima (1988). “El TPM es la permanente mejora de la efectividad del

equipo, con la involucración activa del operador” -Hartmann (1987). Adoptando esta técnica, el trabajo de conservación de los equipos y máquinas de producción llegan a ser una responsabilidad de cada empleado, transformando las estaciones de trabajo, y aumentando el nivel de conocimiento y las habilidades de los trabajadores en producción y mantenimiento. Con esto desaparece la separación que existe entre el departamento de producción y el departamento de mantenimiento, puesto que tienen los mismos objetivos. Con el TPM se logra mantener una mejor comunicación entre todos los niveles de la empresa, y por ende una mayor organización. Es una técnica para administrar tanto el mantenimiento como la productividad de la industria.

Para el TPM existen 6 grandes pérdidas que se deben medir y controlar:

- Fallas de equipo
- Preparación o ajustes
- Inactividad y paros menores
- Reducción de velocidad
- Defectos de calidad en el proceso
- Pérdidas por arranque

### ***3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL TPM***

Después de la introducción del mantenimiento preventivo a los sistemas de las industrias, muchas empresas empezaron a implementar el TPM.

Según Tokutarō Suzuki (1994) existen tres razones principales por las que TPM se ha expandido a través de la industria japonesa y ahora en el mundo: Garantiza resultados sumamente grandes, transforma visiblemente el lugar de trabajo, e incrementa el nivel de conocimiento y de habilidades en los trabajadores de producción y mantenimiento.

En las fases iniciales, la empresa debe considerar el gasto por restaurar el equipo hasta estar en condiciones apropiadas y los de capacitación de personal, además puede que se necesiten pagar horas extras para entrenamiento. El objetivo del TPM es cero paros, cero defectos; si estos son eliminados los índices de operación de equipo aumentan, los costos bajan, el inventario baja y la productividad aumenta.

De acuerdo a Suzuki (1994) el TPM se implementa en 4 fases:

- Preparación
- Introducción
- Implementación
- Consolidación

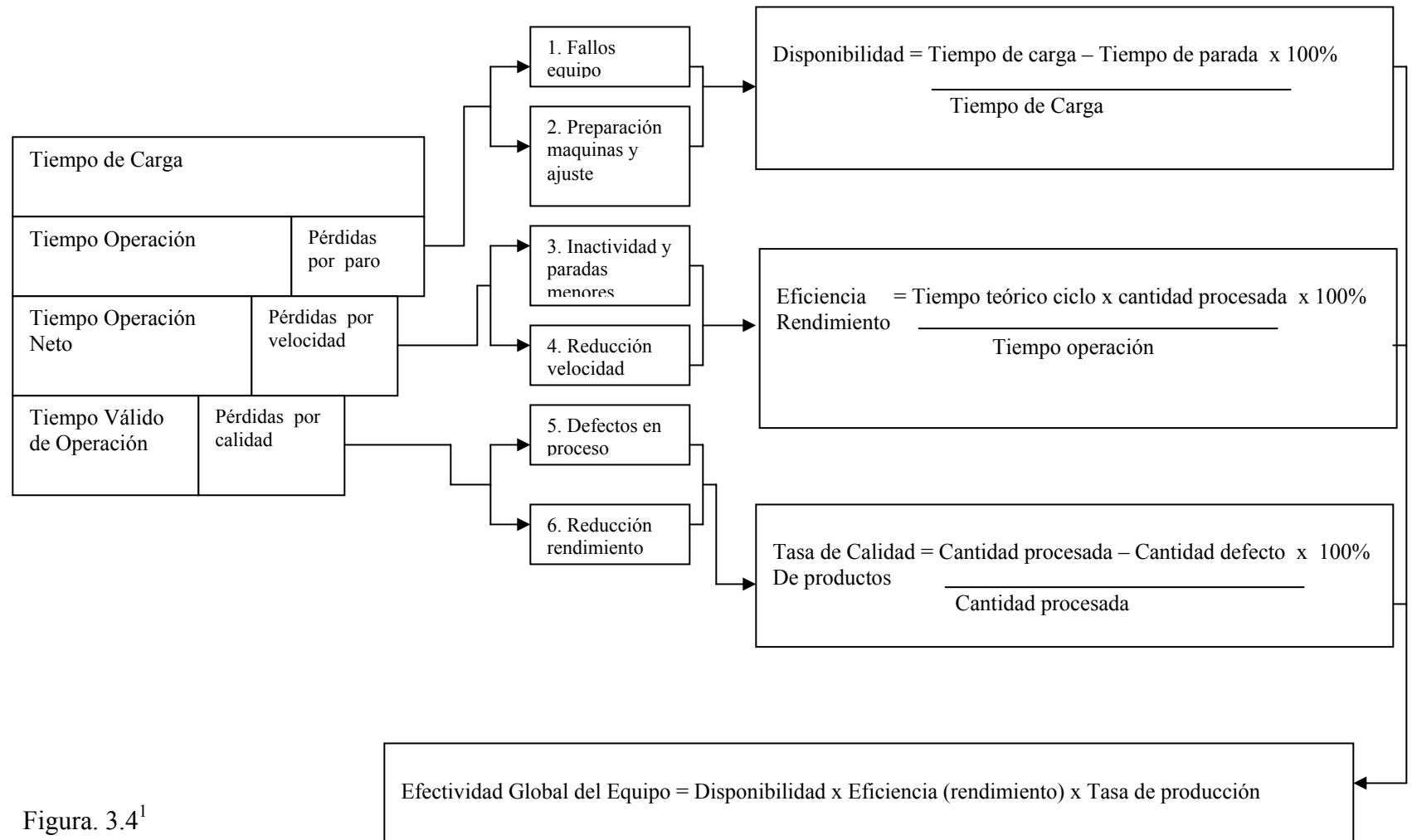
### ***3.5 INDICADORES DEL TPM***

#### **3.5.1 OEE y OPE**

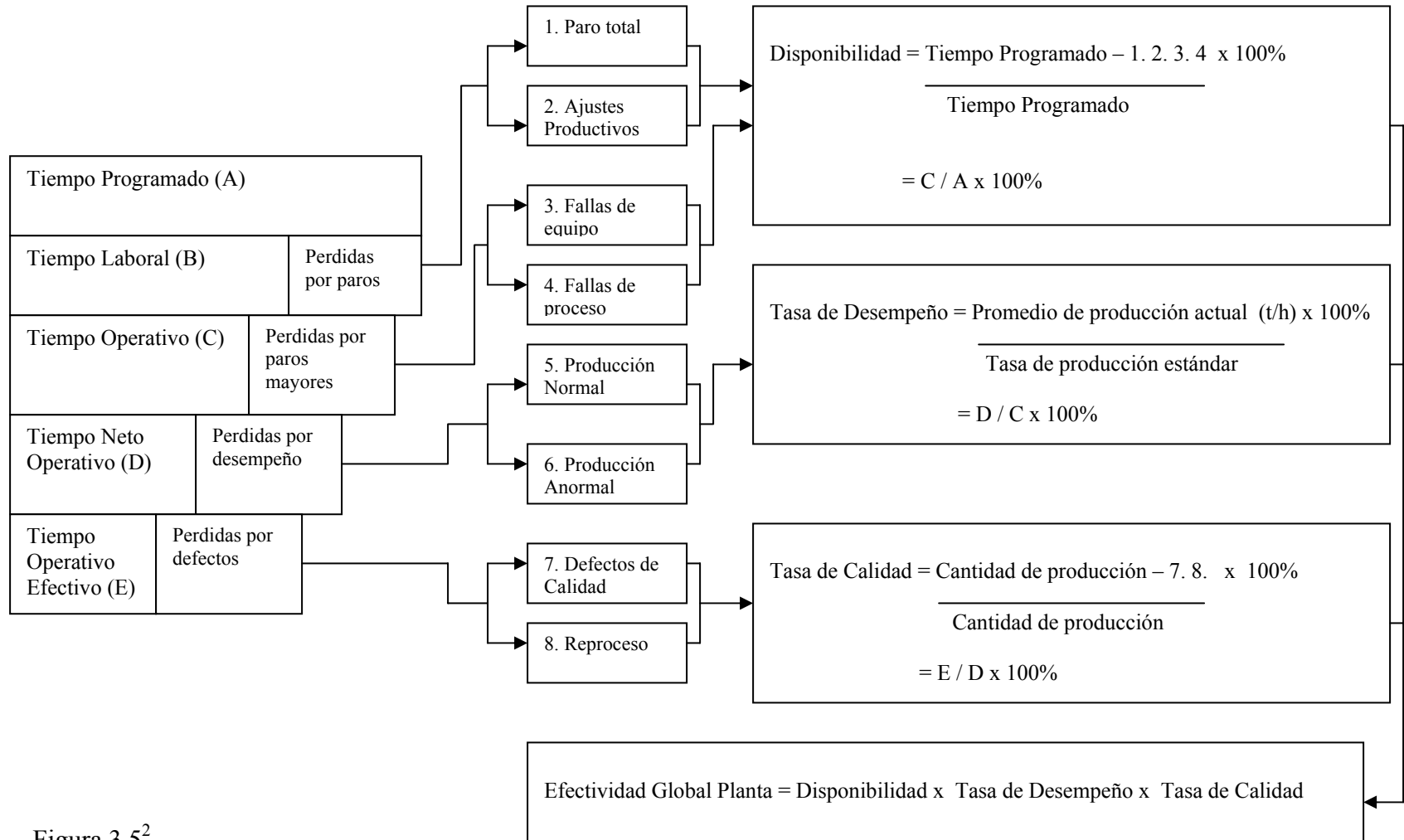
El OEE (Eficiencia Global del Equipo) permite conocer la eficiencia global con que las diferentes máquinas y equipos operan y el OPE (Eficiencia Global de la Planta) nos da un panorama global de cómo esta trabajando toda la planta, y las áreas en las que esta fallando.

Estos indicadores nos ayudan a saber cuando es conveniente hacer algún trabajo de mantenimiento y también si es necesario comprar nuevo equipo o trabajar a otra capacidad con el que ya se cuenta. En los siguientes diagramas se representa la manera en que se calculan estas herramientas.

OEE

Figura. 3.4<sup>1</sup><sup>1</sup> Shirose (1992). P. 53

OPE

Figura 3.5<sup>2</sup><sup>2</sup> Suzuki (1994). P. 28

Con el OEE puede darse cuenta cual es nuestra área de oportunidad o problema a atacar por cada máquina y mejorar su rendimiento, así como las soluciones para las 6 grandes pérdidas que ataca el TPM.

El OEE engloba las 6 grandes pérdidas de la siguiente manera:

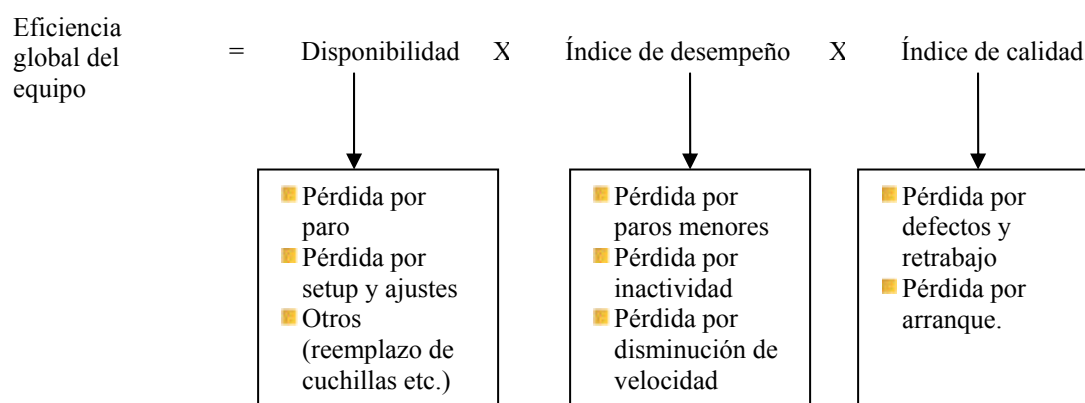


Figura 3.6<sup>6</sup> OEE

Entonces se hacen notorias cuáles son las pérdidas de mayor impacto en la eficiencia del equipo y determinar las posibles soluciones.

### 3.5.2 Análisis P-M

Esta herramienta sirve para conocer las causas que originan una falla y encontrar las posibles soluciones.

Este análisis se basa en las 4 M's (Maquinaria, Material, Mano de obra, Método), y tiene por objetivo:

- Clarificar el fenómeno
- Hacer un análisis físico del fenómeno
- Definir las condiciones que producen el fenómeno

<sup>6</sup> Shirose (1992). P. 55

- Listar los factores que causan esa condición
- Planeación de la investigación
- Identificar las anomalías específicas
- Hacer planes de mejora

Además se pueden apoyar con diagramas o dibujos de las piezas o máquinas.

Según Suzuki (1994), se tiene estimado un tiempo de 3 años para que la implementación de este programa de resultados globales, en el sistema, la maquinaria y económicamente.

### **3.6 RCM**

Para Moubray (2000) el mantenimiento es “Asegurarse que los recursos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga” (p.15) y al Mantenimiento centrado en la confiabilidad lo define como “el proceso utilizado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que los recursos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en el contexto actual de operación”. (p.15)

Según Smith (1993) la metodología del RCM se basa en cuatro objetivos:

- Preservar las funciones
- Identificar los modos de falla que puedan alterar las funciones
- Jerarquizar las necesidades de las funciones
- Seleccionar sólo las tareas de mantenimiento preventivo aplicables y efectivas.

El RCM busca tener un mejor grupo de trabajo, incrementar la seguridad, el desempeño de operaciones, aumentar la eficiencia de costos de mantenimiento, mejorar la motivación de los empleados, y tener una base de datos que dé información confiable y rápida para mantener el sistema en buenas condiciones.

Lo que le importa al RCM es clasificar los siguientes elementos para poder administrar la función de mantenimiento:

- Funciones y estándares de desempeño
- Fallas funcionales
- Modos de falla
- Efectos de falla
- Consecuencias de la falla
- Tareas proactivas
  - ◆ Tareas de restauración calendarizadas
  - ◆ Tareas de eliminación calendarizadas
  - ◆ Tareas según condición calendarizadas
- Acciones preestablecidas

De acuerdo a Smith (1993) para llegar a la implementación de un programa de RCM se deben seguir los siguientes pasos:

- Planeación
- Revisión de grupos
- Especialistas
- Auditorias
- Implementación

Algunas herramientas que el RCM utiliza son el OEE (Eficiencia Global del equipo) y el AMEF (Análisis de Modo y Falla del Equipo, FMEA) anteriormente explicados. Lo que el RCM trata de contestar es el por qué detrás de cada tarea (presente y futura). Además intenta asegurar que la selección de la tarea se derive de un conocimiento amplio de los diferentes modos de falla



que puede tener el equipo, y que esta sea la más efectiva (menos costosa) para la implementación.

En conclusión RCM se enfoca en que tareas deben hacerse y por qué deben hacerse, además se debe establecer cuando se harán.

### **3.7 ECM**

El ECM (Mantenimiento basado en la eficiencia) es un enfoque integral de mantenimiento que abarca las funciones del sistema de la empresa y el servicio al cliente, además contribuye al mejoramiento continuo de la administración de prácticas de mantenimiento; cuenta con dos índices ISE (Eficiencia individual del sistema), y el OSE (Eficiencia global del sistema), los cuales controlan al ECM dentro de una compañía.

El ECM hace énfasis en “hacer las cosas correctas” en lugar de “hacer las cosas bien”. Este enfoque abarca algunos de los conceptos principales de la administración de calidad, del TPM y del RCM. El ECM se basa en la mantenibilidad de los equipos, se compone de elementos como la participación de la gente, mejora de calidad, desarrollo de estrategias de mantenimiento, y medición del desempeño.

Para implementar el ECM se hace en cuatro fases:

- Participación y capacitación de la gente
- Diagnóstico de mejora de calidad
- Desarrollo de estrategias de mantenimiento
- Medición del desempeño

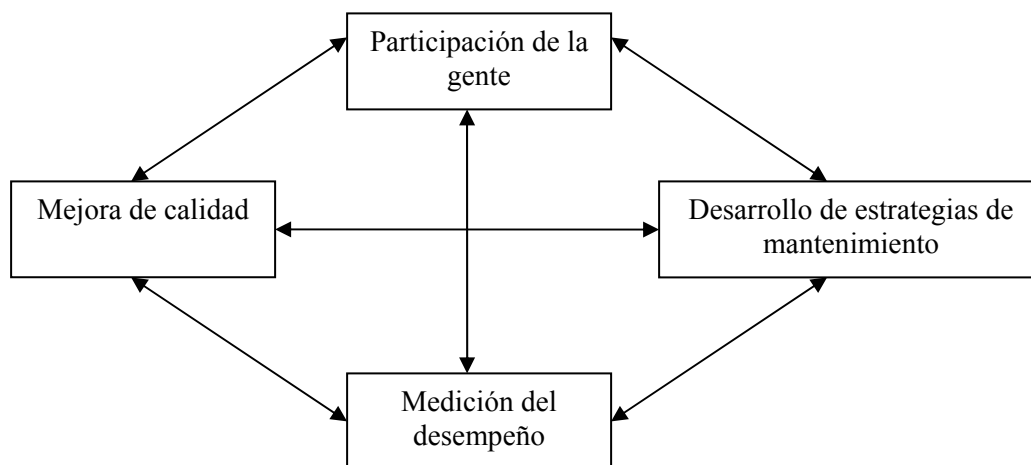


Figura 3.7<sup>7</sup> ECM

Este programa usa muchos elementos del método del RCM y del TPM, el ECM se basa en la participación activa de todos los empleados, y en algunas técnicas del RCM para analizar las prácticas de mantenimiento existente y sugiere una forma de calendarización de actividades de mantenimiento. El ECM esta enfocado al servicio al cliente.

### 3.8 ELECCIÓN DE TÉCNICA

Como se ha explicado existen diferentes técnicas que facilitan la administración del mantenimiento. Si se hace un análisis de costo-beneficio se podría observar que el costo es alto pero el beneficio que se tiene es grande también.

Algunas diferencias entre los métodos de administración de mantenimiento más comunes y utilizados se muestran en la tabla 3.1 del Apéndice C, para la cual se tomó como base un artículo publicado por el Journal of Quality in Maintenance Engineering (2002), pero fue complementada según las necesidades del presente trabajo. La tabla 3.2 en el Apéndice D hace referencia a los requerimientos que tiene cada uno de los métodos para su implementación.

<sup>7</sup> *An effectiveness-centred approach to maintenance management*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2002. Vol 8. p353

En base a la segmentación propuesta, el método más recomendable para cada estructura de flujo de proceso dependerá de:

- El tamaño de la empresa
- Cantidad de equipo y maquinaria
- Cantidad de personal laboral
- Capital disponible para inversión
- Disposición al cambio
- Demanda dependiente o independiente

Estos métodos no trabajan independientemente, sino que pueden mezclarse algunas herramientas o métodos dependiendo de las necesidades de la empresa, además no tienen que implementarse al 100%, sólo se toman los métodos que más convengan.

En la tabla 3.4 en el apéndice E, se muestra cual puede ser la técnica ideal para cada tipo de flujo de proceso, se toma en cuenta la inversión que se debe tener en consideración para su implementación y la funcionalidad de cada una. Las herramientas y métodos de cada técnica que pueden aplicarse a cada flujo de proceso se enlistan en la tabla 3.3

*Tabla 3.3* Técnica para cada flujo

	<i>Talleres de trabajo</i>	<i>Lotes</i>	<i>Ensamble</i>	<i>Flujo continuo</i>
<b>PM</b>	✓	✓	✓	✓
<b>TPM</b>	✓		✓	✓
<b>RCM</b>			✓	✓
<b>ECM</b>	✓	✓		✓

### 3.9 ESTRUCTURA DE ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Según Wireman (1998) la mejor manera de administrar al mantenimiento es de acuerdo a la siguiente figura:

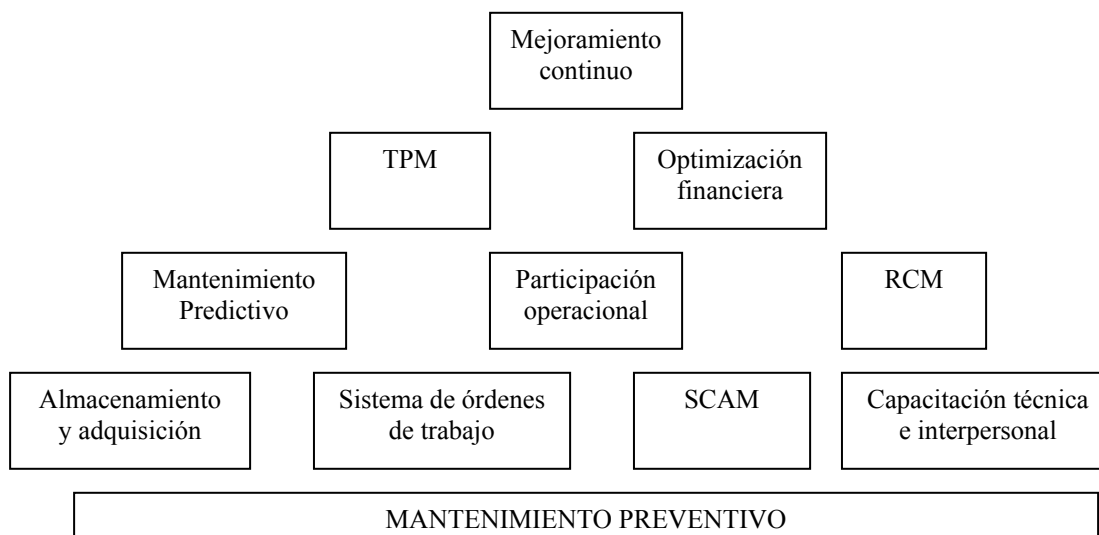


Figura 3.8<sup>8</sup>

Donde la base de cualquier sistema administrativo de mantenimiento es el mantenimiento preventivo, por lo tanto, se necesitan tener implementados los métodos y herramientas del programa de mantenimiento preventivo para poder implementar cualquier otra técnica de mantenimiento. De lo contrario, tomará más tiempo del que se planea y más esfuerzo, pues se tendría que empezar por su implementación para que las otras técnicas funcionen correctamente.

Posteriormente de acuerdo a un software seleccionado se programarán las tareas de mantenimiento preventivo según los manuales y recomendaciones del fabricante del equipo. Todos los componentes y dispositivos, al igual que el equipo y maquinaria críticos deberán contar con un reemplazo en almacén para disminuir los tiempos de paro.

<sup>8</sup> Wireman (1998), P. 10

Todos estos componentes deberán estar cargados en el software para conocer el inventario con el que se cuenta, o saber si se debe mandar pedir alguna refacción por estar agotada.

Conforme la planeación de las actividades haya sido calendarizada, se extenderán órdenes de trabajo diarias, en las que se especificarán los trabajos en cada máquina o equipo, así como el método y las herramientas para hacer cada actividad. Estas órdenes servirán para rastrear los defectos, conocer el estado del equipo, documentar las acciones sobre cada equipo y el desempeño del personal que las lleva a cabo.

Esto tendrá que ligarse a la capacitación del personal, para proporcionarle las habilidades y conocimientos necesarios para que ejecute un mantenimiento adecuado.

Una vez que se logren estas actividades se podrán implementar tareas más complejas de mantenimiento basado en la confiabilidad y mantenimiento predictivo, lo que nos permite conocer el estado del equipo y prevenir fallas antes de que ocurran. Para esto se necesita una constante comunicación entre los departamentos de producción y el de mantenimiento.

Posteriormente alcanzadas estas etapas, se podrá implementar un mantenimiento productivo total, en el que habrá plena colaboración e involucramiento del personal de las dos áreas, producción y mantenimiento.

Por consecuencia los beneficios económicos serán notorios, al disminuir los tiempos de paro, reclamaciones del cliente por falta de calidad o por entregas posteriores a la fecha prometida, aumento de confiabilidad del equipo, disminución de mantenimiento correctivo, etc.

Una vez logradas cada una de estas fases, se pueden establecer herramientas para buscar una mejora continua.

## CAPÍTULO 4

### FACTORES QUE INCREMENTAN LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como se ha explicado anteriormente, para saber la importancia que tiene un mantenimiento productivo dentro de una industria manufacturera, se decidió segmentar en base a la estructura del flujo de proceso; pero en el capítulo anterior resultó notorio ser insuficiente este tipo de clasificación.

Por lo tanto, al visitar algunas empresas manufactureras se hizo evidente la necesidad de considerar nuevos factores que determinaran la importancia del mantenimiento.

#### ***4.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO***

Antes de visitar las industrias se decidió crear un instrumento que proporcionara un diagnóstico más confiable sobre diferentes aspectos dentro de la empresa; en un principio, la base de las preguntas de ese cuestionario fue establecida de acuerdo a los criterios de los diferentes premios de calidad empleados para calificar a las empresas. Se compararon los criterios de los siguientes premios y estándares:

- ISO 9001:2000
- Premio Nacional de Calidad
- Modelo Shingo
- Premio Deming
- Premio Malcolm Baldrige

El resumen de los criterios se encuentra en la tabla 4.1 en el Apéndice F.

Una vez conocidos los diferentes criterios, y tomando en cuenta al departamento a evaluar se hizo un cuestionario compuesto de 33 preguntas abiertas, dicho cuestionario se encuentra en el Apéndice G.

Posteriormente se elaboró un nuevo cuestionario, tomando como base algunas de las preguntas del primero, y aumentando algunas otras que ayudarán a analizar de una manera más profunda el área de mantenimiento.

Este nuevo cuestionario se elaboró para usar la escala Likert. Se escogió esta escala porque es un método sencillo, y a la vez significativo para llevar a cabo encuestas o cuestionarios donde las respuestas se dan en forma gradual, normalmente se utilizan 5 grados para la calificación.

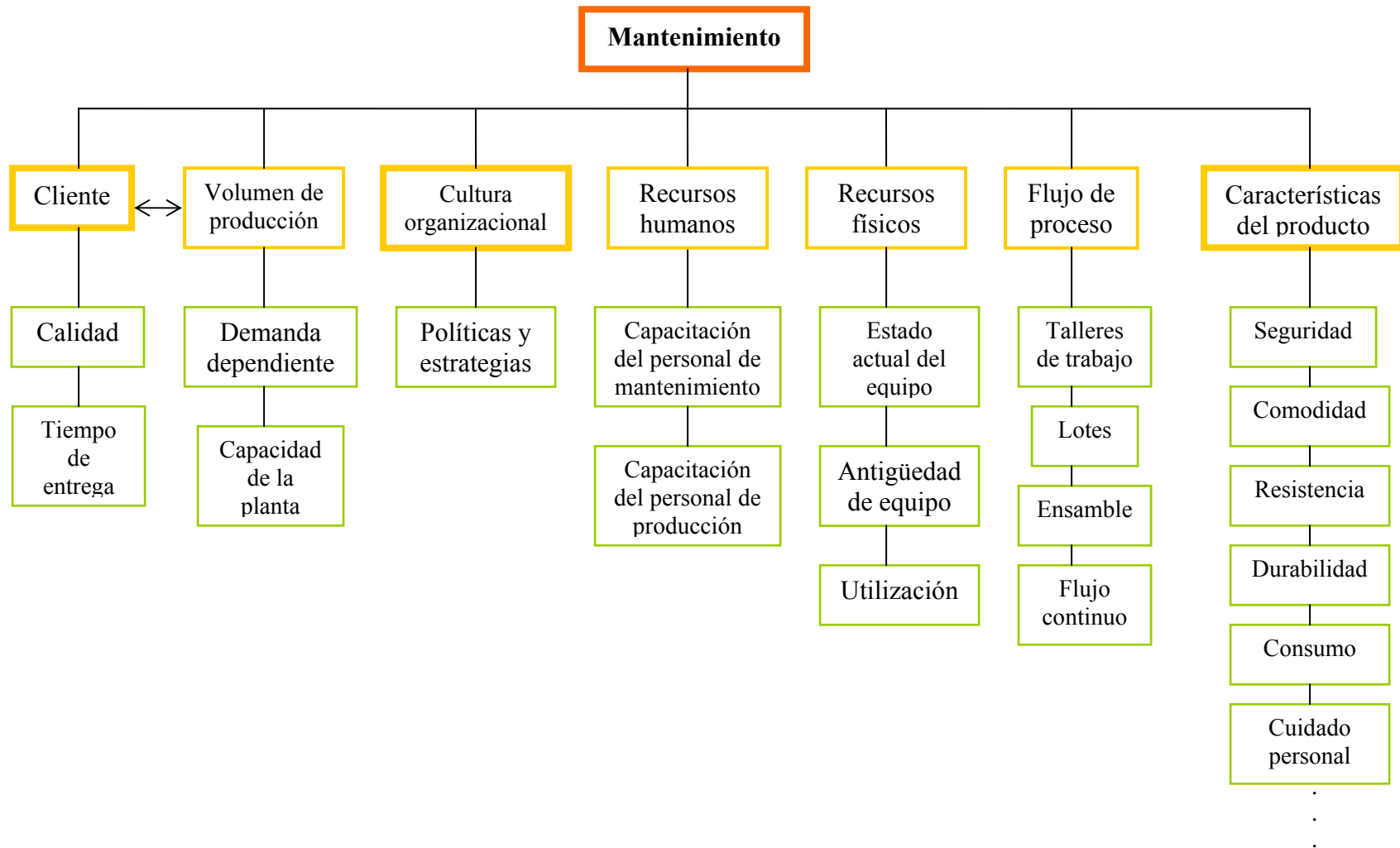
Este nuevo cuestionario tiene como objeto determinar, a través de la opinión del personal del área de mantenimiento, el nivel de eficiencia del equipo, el grado de conocimiento del personal en actividades relacionadas a su área y el desempeño del mismo. Este cuestionario se encuentra en el Apéndice H.

Después de un análisis de los resultados obtenidos y de las observaciones tomadas en cada empresa, se definieron nuevos factores que tienen peso sobre la importancia del mantenimiento en las industrias.

Muchos de estos factores se presentaron de manera repetitiva en diferentes industrias por lo que se decidió estudiar su efecto sobre el área estudiada.

Dichos factores se resumen en la figura 4.1 y se describen a continuación.

Figura 4.1 Factores que influyen en la importancia del mantenimiento preventivo





Con los resultados obtenidos de algunas empresas se concluyó que estos son los factores que afectaban la importancia del mantenimiento (unos en mayor grado que otros). A continuación se explicará el efecto que tiene cada uno de estos factores sobre el mantenimiento.

#### ***4.2 EFECTOS DEL CLIENTE EN EL MANTENIMIENTO***

Un elemento crítico hoy en día para cualquier empresa o negocio es el cliente. Si los clientes no están satisfechos, no regresaran a comprar otra vez ni recomendaran los productos o servicios con otros. De hecho, un simple cliente insatisfecho puede tener potencialmente un alto efecto negativo en una organización. La satisfacción del cliente es, definitivamente, el componente más importante del éxito permanente de cualquier empresa.

Es necesario establecer una buena relación cliente-proveedor para que haya una comunicación continua, y la empresa conozca con exactitud lo que el cliente busca, tanto del producto como de la misma organización.

El área de producción juega un papel importante, pero esta área no podría operar a su máxima eficiencia, si existieran problemas con la maquinaria y equipo, por lo tanto, las cualidades que el cliente busca tienen relación con las diferentes tareas del mantenimiento.

Si existe una buena administración del mantenimiento, y un buen cumplimiento de esta actividad entonces se puede comprometer a la empresa a lo siguiente:

- *Mantener la calidad deseada.* Al monitorear el equipo, y hacer un mantenimiento preventivo, se asegura que el servicio que da el equipo no saldrá de las especificaciones y tolerancias preestablecidas. El producto saldrá entonces con la calidad implantada por el cliente.

- *Cumplimiento del tiempo de entrega.* Al conocer la capacidad del equipo en buen estado, se puede cumplir con los tiempos de entrega establecidos, eliminando la molestia del cliente por retardos, o en su caso, eliminando grandes costos por parar su línea de producción por falta de materia prima.

Se sabe que hoy en día, el perder o tener un cliente insatisfecho representa grandes pérdidas para la empresa, que pueden verse reflejadas en disminución de la demanda, recorte de personal o hasta su desaparición.

Los elevados costos por atraso, devolución, retrabajo y desperdicio son causa de una mala administración del mantenimiento. Los clientes cada día se muestran más estrictos en sus peticiones, todo esto exige a los proveedores a tener un buen sistema de mantenimiento para evitar cualquiera de estos problemas, y para asegurar su lugar en el mercado.

#### ***4.3 EFECTOS DEL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN EN EL MANTENIMIENTO***

Este factor tiene una relación muy estrecha con el cliente, porque es quien demanda cierta cantidad de producto en un determinado lapso de tiempo.

En muchas ocasiones, el departamento de ventas toma contratos por grandes pedidos, es decir, pasa del nivel de productos que la capacidad de la empresa puede fabricar. En la mayoría de los casos, esto lo hace de acuerdo con el departamento de producción, para saber si podrá ser atendido dicho pedido.

Desgraciadamente en la estimación de la capacidad del equipo, maquinaria y personal no se toma en cuenta el tiempo necesario para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo, quitándole el tiempo destinado a esta actividad para utilizarlo como tiempo de producción, de lo contrario no se alcanzaría a cubrir la venta prometida.

Cuando se tienen esta clase de situaciones, el equipo se ve duramente perjudicado, y si en un futuro se tienen problemas por fallas y paros, el responsable será el área de mantenimiento.

Por lo tanto, cuando se haga una estimación de la capacidad de la planta, para poder tomar nuevos y más grandes pedidos, se deberá tomar en cuenta, tanto al área de producción como al área de mantenimiento.

Dentro de las visitas, se encontró que las empresas que tienen implementado al 100% algún sistema de administración del mantenimiento, en este caso TPM, tenían fusionadas el área de mantenimiento con el área de producción, existiendo una sola gerencia para estas dos funciones. Con esta medida se eliminan los problemas entre el personal, porque persiguen un mismo objetivo.

#### ***4.4 EFECTOS DE LA CULTURA ORGANIZACIONAL EN EL MANTENIMIENTO***

Un aspecto muy importante que determina en gran medida la libertad o limitación de las actividades de cualquier área es la cultura organizacional.

Dependiendo de las políticas y de la mentalidad de los administrativos serán los cambios positivos o negativos para cualquier departamento, y dependiendo de sus prioridades será la importancia que tenga el mantenimiento.

Si la prioridad de la gerencia es tener altos índices de eficiencia en el área de producción, quedará restringido el acceso a las máquinas para el personal de mantenimiento.

Si de la misma manera también les importa la productividad global de la planta, incluyendo obviamente a la de mantenimiento, y no se tiene acceso al equipo, se buscará

hacer cualquier tipo de trabajo o tareas, aunque no sean lo que realmente ayudará al equipo a seguir trabajando con la mejor calidad y velocidad.

De igual forma si la mentalidad de los empleados es producir más, para obtener bonos por productividad, lo que menos les importará será el estado de la máquina, exigiéndole más de lo que su capacidad pueda dar.

Si los altos directivos no están convencidos de que el mantenimiento no es un mal necesario, sino que es el punto de partida para una mayor productividad, una inversión que tendrá muchas ventajas, entonces se seguirán teniendo altos costos, fallas habituales, y paros no deseados.

#### ***4.5 EFECTOS DE LOS RECURSOS HUMANOS EN EL MANTENIMIENTO***

La causa de los defectos y fallas son muchas, y estas están divididas de acuerdo a Páez (1973) en tres áreas: condiciones del equipo, condiciones del área, y condiciones de los operadores y personal.

En cuanto a los efectos negativos que puede ocasionar el personal son porque:

- Cometan errores al operar el equipo
- No realizan chequeos regulares (no saben como)
- Cuando el equipo se debe aceitar sólo algunos operadores saben cuando, cuanto y donde debe hacerse.
- No saben reemplazar partes y hacer chequeos precisos
- Siempre llaman a mantenimiento para cualquier falla insignificante
- No ven a los defectos como sus problemas, sino como los problemas de mantenimiento.
- Sus instrumentos y forma de medición son inadecuados.

Y en cuanto al personal de mantenimiento, a muchos les falta capacitación, conocimiento de los procedimientos y metodologías, hacen siempre un trabajo individualista.

Según sea la naturaleza del interés de los miembros del equipo, responderán con entusiasmo o resentimiento, participación o apatía, innovación o desgana, compromiso o resistencia, decisión o vacilación.

Los recursos humanos son un factor muy importante para el flujo continuo de trabajo, y el aumento de productividad de la planta.

#### ***4.6 EFECTOS DE LOS RECURSOS FÍSICOS EN EL MANTENIMIENTO***

Los recursos físicos son los elementos básicos de la preocupación del área de mantenimiento, por lo tanto, es un factor que por su naturaleza importa a la administración del mismo. El grado de mantenimiento dependerá del estado actual del equipo, así como de su antigüedad y de la manera en que se use.

##### ***4.6.1 Estado actual del equipo.***

La mayoría de las empresas que carecen de un sistema productivo para la administración del mantenimiento, les resulta normal ver a los equipos siendo usados por arriba de su capacidad, lo que provoca daños como, deterioro más rápido, pérdida de calidad en el producto y fallas constantes en el tiempo.

Si el equipo no se somete a un mantenimiento periódico, tal como lo establece el proveedor de la maquinaria, entonces la empresa deberá estar conciente de las posibles pérdidas por consecuencia del estado del equipo.

Cuando se establecen órdenes de trabajo previamente planeadas según las especificaciones del proveedor, y se llevan a cabo, se asegura una disminución considerable de los daños previamente comentados.

Por lo tanto, el mantenimiento preventivo, también dependerá del estado actual de la maquinaria y equipo, porque en base a este, se conocerá su tiempo de vida actual, la carga a la que puede ser sometido y la calidad con que puede responder a las especificaciones establecidas. Se podrá en algunos casos, alargar el tiempo de vida, y mejorar la calidad obtenida de cada equipo.

#### *4.6.2 Antigüedad del equipo.*

Otro factor importante de los equipos es su antigüedad, porque al igual que en el punto anterior conociéndolo se podrán identificar las exigencias que se le puede pedir en calidad y capacidad.

Muchas empresas trabajan con equipo que sobrepasa el tiempo de vida establecido previamente por los proveedores, esto se debe a los altos costos que representa el adquirir nuevo equipo, la capacitación del personal que lo usará, y los cambios que habrá por la diferencia de capacidad de este.

Si no se hace la inversión necesaria para adquirir nuevos elementos de producción, entonces el departamento de mantenimiento se debe acoplar a los recursos actuales, haciéndolos funcionar de la mejor manera posible.

#### *4.6.3 Utilización.*

Si los equipos son utilizados a su máxima capacidad para obtener los niveles de eficiencia y utilización que le demandan al área de producción, entonces el tiempo que

estos equipos quedan “libres” para trabajar en ellos, dándoles el mantenimiento necesario, se ve disminuido o en ocasiones eliminado.

Por esto es necesario establecer ciertas normas, para que se intente disminuir un poco la carga de trabajo de los equipos, para poder darles un mantenimiento periódico. Este punto va relacionado con la demanda y el volumen de producción.

También debe tomarse en consideración, cuando la empresa cuenta con una clasificación de equipos dependiendo de su importancia en el proceso de fabricación, por ejemplo según Dounce (2000) los equipos se pueden clasificar como vitales, normales o triviales, otra clasificación utilizada por las empresas visitadas es nombrándolos como cuellos de botella y no cuellos de botella.

En cualquiera de los casos, algunos equipos destacan por su importancia, y estos deben ser atendidos con mayor cuidado y diligencia.

#### ***4.7 EFECTOS DEL FLUJO DE PROCESO EN EL MANTENIMIENTO.***

Como se explico en el capítulo 1, es importante el tipo de flujo de proceso que caracteriza la empresa, por los costos que representan las fallas o paros, y las consecuencias que varían dependiendo de cada estructura.

Resulta más caro tener un paro o falla en una máquina que este en una línea de flujo continuo por las pérdidas que representa, como son; paro de toda la línea, tiempo muerto, tiempo de ocio de los trabajadores.

Y si se trata de un sistema justo a tiempo puede provocar el retraso de las líneas del cliente, significando grandes multas y pérdidas para la empresa.

Mientras que en los flujos de talleres de trabajo, el tener una falla o paro, representa varios costos, pero no tan elevados como en el caso de flujo continuo, porque los procesos son independientes, aunque en un menor grado también tiene consecuencias en el tiempo de ciclo.

#### ***4.8 EFECTOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO EN EL MANTENIMIENTO.***

Dependiendo para lo que el producto sea utilizado una vez terminado, será el grado de importancia que se le de a la hora de su fabricación. Existen muchas características dependiendo del tipo de producto que se esté manufacturando, como pueden ser, de seguridad, entretenimiento, comodidad, resistencia, para cuidado personal, consumo, etc.

En el caso de productos de seguridad, el mantenimiento a los equipos debe ser alto, por los estándares y características tan exigentes que se requieren del producto.

Si se trata de un producto en el que va la vida de alguien de por medio las fallas deben ser nulas, en este caso la mayoría de las empresas trabajan bajo filosofías de cero defectos, cero fallas. Para esto se requiere tener un sistema administrativo del mantenimiento sumamente eficiente, para que el porcentaje de mantenimiento correctivo sea casi nulo, y la empresa trabaje casi al 100% bajo una mentalidad de mantenimiento preventivo.

Las características del producto junto con las exigencias del cliente obligan a la empresa a invertir en un sistema administrativo eficiente, que elimine errores que le cuesten a la empresa.



## CAPÍTULO 5

### INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Como se explicó en el capítulo 2, el tener una buena administración del mantenimiento permite aumentar la productividad no sólo en esta área, sino que sus consecuencias se verán reflejadas en diferentes áreas de toda la empresa.

Para poder conocer el estado de una planta, es necesario medir algunos procesos, el desempeño de los recursos físicos y humanos, entre otras cosas. Para ello la empresa se vale de indicadores, los cuales son calculados en periodos determinados de tiempo, y comparados con los de periodos anteriores.

En base a esta comparación, los administrativos o supervisores, conocerán el estado actual de la empresa, identificarán áreas de oportunidad para mejorar procesos, eficiencias o desempeño en cualquier área, es decir los indicadores de desempeño son usados para destacar un punto débil y posteriormente analizarlo con mayor detalle para detectar el problema que hace que el indicador sea negativo.

Dentro de los objetivos de los indicadores de desempeño en el área de mantenimiento esta el proporcionar información relevante para conocer el estado del equipo o maquinaria, el nivel de mantenimiento preventivo o correctivo dentro de la planta, los costos incurridos, y el nivel de desempeño del personal de mantenimiento.

Una vez definidos nos ayudan a detectar y corregir problemas lo más pronto posible para evitar que continúe la manufactura de productos de mala calidad o el paro de equipo; disminuyendo de esta manera la pérdida de tiempo, costos y esfuerzos.

Algunos autores dividen los indicadores por niveles, dependiendo de lo que es importante medirán y los resultados que se esperan de estos.

Según Wireman (1998) los niveles en los que se deben clasificar los indicadores son:

- Indicadores corporativos. Miden lo que es relevante para la alta gerencia, estos indicadores marcan la dirección de la empresa.
- Indicadores de desempeño financiero. Aseguran que el departamento esté alcanzando los objetivos financieros establecidos en un plan anual.
- Indicadores de eficiencia y efectividad. Mide que tan bien se logran y satisfacen los objetivos de los procesos en diferentes áreas.
- Indicadores de desempeño táctico. Resaltan las debilidades de una organización en puntos claves de cada área.
- Indicadores de desempeño funcional. Muestran como se están desempeñando las funciones específicas de mantenimiento.

Estos indicadores los representa en la figura 5.1:



*Figura 5.1*<sup>1</sup> Jerarquía de indicadores de mantenimiento

<sup>1</sup> Wireman, T. Desarrollo de Indicadores de Desempeño para Administración del Mantenimiento. Rojas Eberhard. Colombia. 1998.

Estos indicadores están orientados de la cúspide hacia abajo. Si los indicadores no están conectados, todo el esfuerzo organizacional esta suboptimizado. Al conocer las fallas o problemas en cada nivel, permite hacer reajustes de manera rápida para disminuir las pérdidas que conlleva un mal manejo de recursos físicos y humanos entre otros.

*Las fórmulas de todos los indicadores se encuentran en el Anexo I.*

Una manera de clasificar los indicadores dentro del área de mantenimiento de acuerdo a Paez (1973) es:

- Indicadores correspondientes a la Planeación y Control
- Indicadores de mantenimiento preventivo
- Indicadores de personal
- Indicadores correspondientes al comportamiento del equipo

Los indicadores propuestos en esta clasificación son:

- Indicadores correspondientes a la Planeación y Control
  - ✦ Porcentaje de cobertura de programas
  - ✦ Porcentaje de emergencias
  - ✦ Carga de trabajo en días
  - ✦ Porcentaje de cumplimiento de órdenes de trabajo
- Indicadores de mantenimiento preventivo
  - ✦ Porcentaje de cumplimiento de inspecciones
  - ✦ Porcentaje de cobertura de mantenimiento preventivo
  - ✦ Porcentaje de cumplimiento de trabajos resultantes de las inspecciones
- Indicadores de personal
  - ✦ Porcentaje de fuerza de trabajo en vacaciones

- ✦ Porcentaje de tiempo extra
- Indicadores correspondientes al comportamiento del equipo
  - ✦ Frecuencia de fallas
  - ✦ Gravedad de fallas
  - ✦ Disponibilidad del equipo

En cuanto a los indicadores propuestos por Wireman (1998) la clasificación con sus indicadores por nivel es la siguiente:

- Indicadores corporativos
  - ✦ Costo total de producción. Resume todos los costos necesarios para fabricar un producto.
  - ✦ Costo total de ocupación. Reúne todos los costos por ocupar una instalación o equipo.
  - ✦ Rendimiento sobre activos fijos. Compara la ganancia obtenida con el valor neto de los activos fijos de la empresa.
- Indicadores Financieros
  - ✦ Costos de mantenimiento por unidad procesada, producida o fabricada.
  - ✦ Costos de mantenimiento por proceso total, producción, o costos de fabricación
  - ✦ Costos de mantenimiento por ventas en pesos
  - ✦ Costos de mantenimiento por metro cuadrado
  - ✦ Costo de mantenimiento por valor de reemplazo estimado de la planta o activos de la instalación
  - ✦ Inversión de almacenamiento por valor de reemplazo estimado

- ✦ Valor del activo al que se le da mantenimiento por empleado de mantenimiento
- ✦ Costos de contratista por costos de mantenimiento total

Los siguientes indicadores tienen las mismas divisiones, que son:

- ✦ Mantenimiento preventivo
- ✦ Sistemas de órdenes de trabajo
- ✦ Capacitación técnica e interpersonal
- ✦ Participación operacional
- ✦ Mantenimiento predictivo
- ✦ Mantenimiento centrado en la confiabilidad
- ✦ Mantenimiento productivo total: efectividad total del equipo
- Indicadores de desempeño para eficiencia y efectividad
- Indicadores de desempeño táctico
- Indicadores de desempeño funcional

Otros indicadores propuestos por el Comité Panamericano de Ingeniería del Mantenimiento son:

- *Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)*. Es el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado, también es llamado tiempo operativo. Va asociado con la confiabilidad.
- *Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)*. Mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo. Va asociado con la mantenibilidad.

- *Disponibilidad.* Permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.
- *Utilización.* También llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado.
- *Confiabilidad.* Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente.
- *Tiempo Promedio entre Fallos (TPEF).* Indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo, es decir, es el tiempo medio hasta la llegada del evento “fallo”.

Todos estos indicadores pueden ser utilizados por cualquier clase de empresa manufacturera, incluso algunos de ellos pueden ser usados por empresas de servicios. Lo importante al desarrollar los indicadores de desempeño que sean utilizados por la empresa en la que se labora según Wireman (1998) son los siguientes puntos:

1. Hacer que los objetivos estratégicos sean claros para centrar y considerar a la organización como un todo.
2. Vincular los procesos empresariales esenciales a los objetivos.
3. Centrarse en los factores de éxito decisivos para cada uno de los procesos reconociendo que surgirán variables.
4. Rastrear las tendencias de desempeño y destacar el progreso y los problemas potenciales.
5. Identificar posibles soluciones para los problemas.

Los indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes. De esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar sus actividades.

Cuando se establecen indicadores en un área o departamento, se debe buscar que estos reflejen eficientemente el estado y comportamiento de los recursos físicos y humanos.

Los indicadores deben ser pocos, para no ser redundante en algunas actividades, y quitar atención a aquellos que son importantes. Estos indicadores deben estar integrados y ser independientes para proporcionar una perspectiva general sobre los objetivos y estrategias de la empresa, además de los objetivos específicos.

Se les debe dar la correcta interpretación y definición clara para que el resultado que de sea confiable, al igual que definir la forma de recopilación de datos necesarios para cada indicador.

Al escoger correctamente los indicadores y calcularlos de acuerdo al estado real de los procesos y desempeño, se obtendrá una fuente confiable para tomar decisiones en base a los problemas o deficiencias encontradas.

Las organizaciones que utilizan eficientemente los indicadores de desempeño reaccionan de una manera más rápida ante los problemas que se les presenten.

## CAPÍTULO 6

### COMPARACIONES Y CONCLUSIONES

Como se mencionó anteriormente, para poder comparar los indicadores, factores que afectan al mantenimiento, grado de mantenimiento preventivo y estado del equipo, se elaboró un cuestionario para evaluar estos aspectos. Las empresas encuestadas fueron seis.

El cuestionario se aplicó al Gerente o Supervisor del área de mantenimiento y al mecánico o encargado directo de llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

Dicho cuestionario tiene una suma total de 285 puntos, cada una de las preguntas tiene una escala del 1 al 5. Se obtiene el promedio del puntaje del Gerente o Supervisor y del mecánico o encargado de mantenimiento para poder conocer el grado en que se cumple correctamente la administración del mantenimiento.

Por lo tanto, el 100% son los 285 puntos posibles a alcanzar en el cuestionario, lo que significa que:

- El personal esta integrado a las actividades de mantenimiento, tiene un alto conocimiento de los procedimientos, técnicas, métodos y herramientas utilizadas.
- Reciben capacitación continua, tienen la habilidad de reconocer y reparar las fallas que se les presenten.
- La comunicación entre departamentos y administrativos es excelente.
- La empresa cuenta con una técnica eficiente para la administración del mantenimiento y se sigue dicha técnica.
- La empresa promueve la competitividad y desarrollo de sus empleados
- El estado del equipo y maquinaria dentro de la planta es bueno, es decir, su tiempo de utilización no excede su ciclo de vida y la calidad del producto que procesa esta dentro de los estándares.



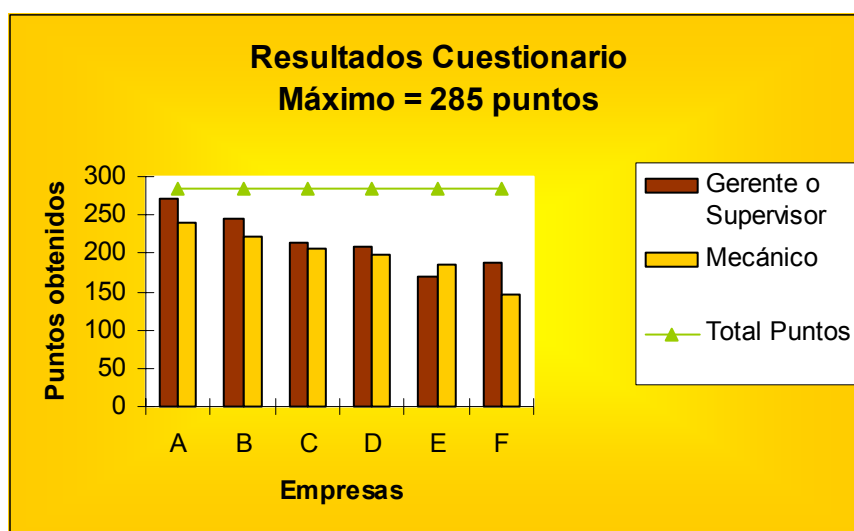
- La alta gerencia está convencida de los beneficios de la técnica de administración de mantenimiento y le da seguimiento.
- El porcentaje de mantenimiento preventivo es mucho mayor que el de mantenimiento correctivo.
- El departamento cuenta con la medición adecuada y mecanismos de control para el mantenimiento.

Los resultados obtenidos de los puntos posibles con su porcentaje correspondiente se enlistan en la tabla 6.1:

*Tabla 6.1 Resultados del cuestionario*

Empresas encuestadas	Puntos Gerente o Supervisor	Puntos Mecánico	Porcentaje
<b>A</b>	271	241	89.82%
<b>B</b>	245	223	82.11%
<b>C</b>	214	205	73.51%
<b>D</b>	210	197	71.40%
<b>E</b>	170	185	62.28%
<b>F</b>	188	145	58.42%

Se puede observar en las gráficas 6.1 y 6.2 el nivel en el que se encuentran cada una de las empresas en comparación con los puntos posibles a alcanzar.



*Figura 6.1 Resultados del cuestionario*

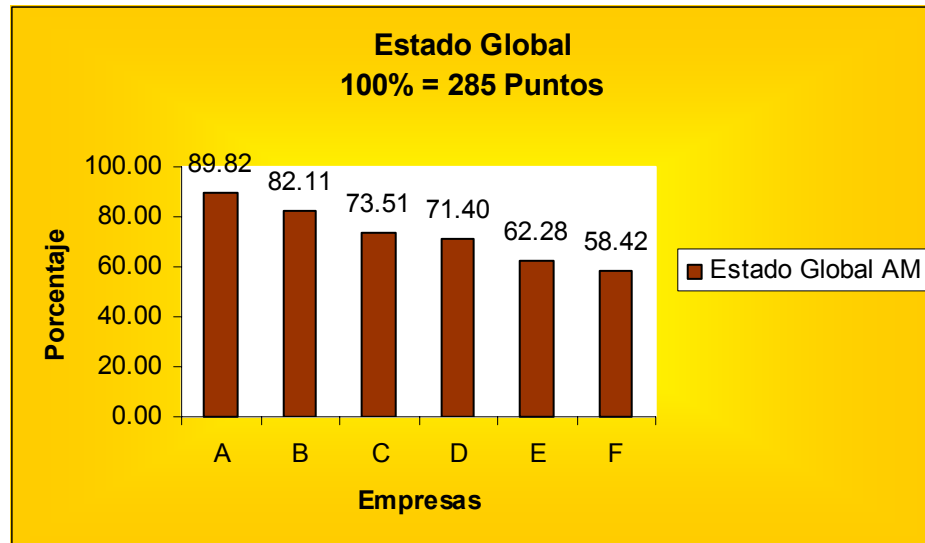


Figura 6.2 Estado global de las empresas

Estas empresas tienen diferentes características de sus procesos y sistemas de mantenimiento. En la tabla 6.2 se definen las técnicas empleadas en las empresas de acuerdo a las entrevistas.

Tabla 6.2 Técnicas empleadas por empresas

Empresas	Técnica empleada actualmente
A	TPM (implementado al 100%)
B	TPM (implementado al 90%)
C	TPM (implementado al 100%)
D	PM (se desea implementar TPM)
E	PM
F	Ninguna

Los indicadores usados por cada una de las empresas son:

Tabla 6.3 Indicadores empleados por empresas

Empresas	Indicadores utilizados en mantenimiento
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ % Cumplimiento de mantenimiento preventivo</li> <li>■ Tiempos muertos por área</li> <li>■ Cumplimiento de órdenes de trabajo</li> <li>■ Gastos por mantenimiento</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ % Cumplimiento de mantenimiento preventivo</li> <li>■ Tiempos muertos por área</li> <li>■ Tiempos muertos en toda la planta</li> </ul>

Continuación tabla 6.3

Empresas	Indicadores utilizados en mantenimiento
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cumplimiento del programa preventivo</li> <li>■ Tiempo de reparación</li> <li>■ Horas paro total de la planta</li> <li>■ Horas paro máquinas cuello de botella</li> <li>■ Tiempo reparación</li> <li>■ Tiempo espera para reparación</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ % FYP (reparación a la primera)</li> <li>■ Órdenes de trabajo cumplidas</li> <li>■ Tiempo extra</li> <li>■ Gastos por mantenimiento</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tiempos muertos</li> <li>■ Cumplimiento de órdenes de trabajo</li> </ul>
F	■ Ninguno

Los porcentajes de mantenimiento preventivo y de mantenimiento correctivo en cada una de las empresas son:

Tabla 6.4 Porcentaje de MP y MC.

Empresas	% MP	%MC
A	90	10
B	90	10
C	80	20
D	60	40
E	30	70
F	10	90

De manera general, gracias a los resultados proporcionados por los cuestionarios es notorio que el área de mantenimiento empieza a ser una preocupación para las empresas, por los altos costos que representa, así como la baja productividad del personal de esta área.

El departamento de mantenimiento es visto de manera deficiente por la mayoría de los casos, el personal de esta área no conoce las políticas ni procedimientos como debería, por lo tanto a pesar de la capacitación que reciben, se producen errores humanos constantemente.

Como se ha comentado anteriormente, el recurso humano juega un papel muy importante dentro de las labores de mantenimiento, porque la empresa puede contar con tecnología de punta para hacer sus productos y automatizar todos los procesos, con el fin de reducir los errores humanos.

Pero al final, quien hace las labores de mantenimiento no es una máquina, sino personas, por lo tanto, el desconocer procedimientos, falta de capacitación, habilidades, motivación, y conocimiento pueden empeorar o retardar más los problemas en lugar de encontrar una rápida solución.

De acuerdo al Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento las industrias destinan en los países desarrollados como Canadá, Estados Unidos, Francia, entre otros, entre el 7 y el 18% de sus ingresos anuales y en los países en vías de desarrollo dicha cifra supera el 35% anual.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las empresas encuestadas, con excepción de las empresas que cuentan con el TPM ya implementado, el promedio del tiempo ocioso del personal de mantenimiento es del 30%, del 70% restante, el 60% está destinado a labores correctivas. Además el promedio de personal dedicado a actividades de mantenimiento por los tres turnos es de 45 personas.

Si se contara con una administración correcta, los costos por salario disminuirían. En las empresas en las que se cuenta con una técnica como el TPM el promedio del tiempo ocioso es de 15%, del 85% restante, el 10% esta destinado a labores correctivas, y el promedio de personal dedicado a las actividades de mantenimiento por los tres turnos es de 14 personas.

Desgraciadamente el mantenimiento sigue siendo visto como un mal necesario por la mayoría de las empresas, estas siguen sin hacer mucho por administrarlo correctamente, aunque los costos lo apunten como su mayor problema.

Se necesita tener un sistema de mantenimiento estructurado para poder responder a las necesidades del sistema productivo de la empresa y a sus demandas.

La tecnología reciente ha forzado a hacer algunos cambios en los procedimientos y organización de las actividades de mantenimiento. Por la sofisticación de los equipos, se han tenido que desarrollar procedimientos más flexibles, nuevas habilidades y actitudes.

Las tendencias del mantenimiento están cambiando. El llevar una administración del mantenimiento representa grandes retos para incrementar los beneficios económicos de las empresas.

Lo importante es crear conciencia que se puede y se debe operar sin defectos, eliminar el desperdicio, corregir fallas y mejorar operaciones. Todo esto dependerá de la alta gerencia, esta deberá estar convencida que cambiar a un buen sistema de mantenimiento requiere de tiempo, capacitación y horas extra, pero los beneficios en calidad y productividad serán mejores.

Por lo tanto, en base al estudio en empresas y en revisión bibliográfica, se pueden resumir los objetivos básicos de la administración del mantenimiento como:

- Disminuir los tiempos de paro de producción.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Mejorar el uso de mano de obra de mantenimiento y herramientas.
- Controlar de manera efectiva las tareas de mantenimiento, horas invertidas, calidad del trabajo y material utilizado.

- Establecer y seguir procedimientos básicos para eliminar fallas de equipo y maquinaria.
- Planear, calendarizar, coordinar y ejecutar el trabajo de mantenimiento de forma eficiente.
- Capacitación y motivación continua del personal.
- Promover mejoras de los métodos en el trabajo de mantenimiento.

Además es importante establecer indicadores financieros para poder evaluar los resultados internos y para comparar la inversión con los resultados operativos de la empresa.

Algunas de las estrategias deben manifestarse en términos económicos para poder influenciar en la toma de decisiones, pues sólo planes que realmente impliquen beneficios tangibles tienen prioridad. El generar indicadores confiables permitirá a los diferentes niveles administrativos a tener la información adecuada para actuar de acuerdo a su propio nivel.

Para poder implementar satisfactoriamente alguna técnica o mejorar lo que se tiene es importante eliminar algunas ideologías de los administrativos, es decir aquello que les origina resistir al cambio como:

- Inseguridad
- Temor a bajar la productividad
- Pérdida de tiempo
- Pérdida de empleo
- Costumbre y rutina
- Mayores obligaciones
- Mayor exigencia

■ Elevadas inversiones sin retorno rápido

De acuerdo a lo alcanzado por el trabajo, es notorio que ésta área, aún con la importancia que tiene, no ha sido explotada como debería, existen oportunidades de desarrollo e investigación, que ayudarían a mejorar o incluso acelerar la manera en que se llega al objetivo del sistema de mantenimiento.

En el presente trabajo se encontraron diferentes factores que afectan su importancia de acuerdo a revisión bibliográfica y encuestas a empresas, pero puede haber algunos otros, que no han sido considerados de manera relevante por empresas o autores, y tal vez sean una causa más que afecte directamente al mantenimiento.

Se pueden hacer estudios sobre el cambio de mentalidad tanto del personal como de administrativos, para su aceptación, planteando herramientas o indicadores que permitan acceder a las nuevas tendencias.

Esto serviría para reducir el tiempo de introducción e implementación de algún programa de mantenimiento, lo cual es un aliciente para poder cambiar sin tantas restricciones. Se pueden además analizar nuevas fuentes para disminuir costos y hacer más atractiva la introducción a una nueva técnica.

El mantenimiento no puede seguir siendo catalogado como un área no productiva, hoy en día constituye la herramienta básica para la productividad.

**“La excelencia de ayer es**

**La norma de hoy y**

**La mediocridad del mañana”**

*- Terry Wireman*