

## **CAPITULO III**

### **EL MANTENIMIENTO**

#### **3.1 Conceptos Básicos de Mantenimiento**

Antes que realizar cualquier tipo de clasificación o descripción de los tipos de mantenimiento, es muy importante saber realmente lo que es el Mantenimiento y su diferencia con lo que se conoce como Mantenibilidad o Capacidad de Mantenimiento, las cuales se prestan en muchas ocasiones a confusión por parte del personal de una empresa.

**Mantenimiento.-** Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento. [1]

**Mantenibilidad.-** Esta característica se refiere principalmente a las propiedades de diseño, análisis, predicción y demostración, que ayudan a determinar la efectividad con la que un equipo puede ser mantenido o restaurado para estar en condiciones de uso u operación. La mantenibilidad es conocida también conocida como la capacidad para restaurar efectivamente un producto. [1]

Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de 3 formas:

1. Mantenimiento Correctivo.
2. Mantenimiento Preventivo.
3. Mantenimiento Predictivo.

Algunas fuentes manejan otras alternativas de mantenimiento pero principalmente estos mencionados anteriormente, forman las raíces de los diferentes tipos de mantenimiento manejados en las demás áreas mas específicas.

De los diferentes tipos o variaciones del mantenimiento se nombrarán y definirán las más importantes para posteriormente analizar específicamente el Mantenimiento Preventivo únicamente.

**Mantenimiento Correctivo .-** Mantenimiento realizado sin un plan de actividades, ni actividades de reparación. Es resultado de la falla o deficiencias. [1]

**Mantenimiento No Programado .-** Mantenimiento de emergencia con actividad correctiva, para restaurar un sistema o elemento dejándolo en condiciones de operación.

[1]

**Mantenimiento en Condiciones.-** Inspecciones de las características que cuentan con un alto riesgo de falla, además de aplicación del mantenimiento preventivo después de la alerta de riesgo pero antes de la falla total. [1]

**Mantenimiento Preventivo .-** Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente. [1]

**Mantenimiento Programado .-** Acciones previamente planeadas para mantener un elemento en una condición específica de operación. [1]

**Mantenimiento Predictivo.-** Este mantenimiento nació basado en la automatización y avances tecnológicos en la actualidad, la base de este tipo de mantenimiento se encuentra en el monitoreo de una máquina, además de la experiencia empírica, se obtienen gráficas de comportamiento para poder realizar la planeación de mantenimiento. Este mantenimiento como su nombre lo dice, realiza una predicción del comportamiento en base al monitoreo del comportamiento y características de un sistema y realiza cambios o plantea actividades antes de llegar a un punto crítico. [3]

### **3.2 Mantenimiento Preventivo**

La tesis se basa únicamente en lo que es el mantenimiento preventivo, debido a la línea de producción actual del horno y el tipo de mantenimiento correctivo que se aplica en la actualidad en la planta.

El mantenimiento preventivo se puede definir un sistema de conservación planeado del equipo y de la fábrica. No importando el tamaño de la empresa ni tipo de

producción, cualquier plan de mantenimiento preventivo deberá de cumplir con los siguientes puntos:

1. Una inspección periódica de las instalaciones y equipos para detectar situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
2. El mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

Básicamente es necesario llegar a un plan de mantenimiento antes de poder aplicar técnicas de mantenimiento preventivo, será necesario que la producción tenga cierto nivel de estabilidad, por el contrario el equipo de mantenimiento no se dará abasto para solucionar los problemas presentados. Se tomará como medida empírica que es necesario que una fábrica no emplee más del 75% de su tiempo de mantenimiento en resolver composuras para no enfrentar serios problemas, al pasar a un sistema de mantenimiento preventivo. [3]

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo es justificada por una gran cantidad de ventajas que dan como resultado de seguir un sistema de este tipo. A continuación se mencionan una variedad de ventajas:

- Menor tiempo perdido como resultado de los paros de maquinaria por descomposturas.
- Mejor conservación y duración de las cosas, por no haber necesidad de romper equipo antes de tiempo.

- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento.
- Menos reparaciones a gran escala, prevenidas por reparaciones de rutina.
- Menor costo por concepto de composturas, cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes, aumentado más el costo de servicio.
- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
- Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar las necesidades de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
- Mejores condiciones de seguridad.

Como se puede ver, existen grandes ventajas al implementar un sistema de mantenimiento preventivo, además de que a mayor sea el nivel tecnológico y el valor de las máquinas, mayores serán los beneficios del sistema. [3]

Es necesario realizar una delimitación de los elementos, máquinas o sistemas que deberán de incluirse en el programa de mantenimiento preventivo, los métodos de determinación crítica se realizarán en base a un análisis inteligente. Todos los miembros de una acción de mantenimiento encargados del diseño e implementación del sistema de mantenimiento preventivo deberán establecer políticas para su diseño, dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

- Todo esfuerzo gastado en el diseño de un nuevo programa de mantenimiento preventivo, es un gasto sustraído de las ganancias.
- Una tarea de mantenimiento preventivo incrementará los costos de mantenimiento; desde el momento de iniciarla hasta el momento de la aparición de los beneficios del mantenimiento.
- El grado del mantenimiento preventivo estará relacionado al tipo crítico de equipo, el mantenimiento será seleccionado para satisfacer las demandas críticas del mismo.
- El mantenimiento preventivo puede incrementar costos permanentemente en el caso de que la persona encargada del programa de mantenimiento no tiene los conocimientos suficientes acerca del mantenimiento.
- Los costos de las pérdidas en la producción deben de ser optimizados con el mantenimiento.
- El mantenimiento preventivo debe de ser optimizado por medio de los paros de mantenimiento.
- Al empezar el mantenimiento preventivo, debe de ser seleccionado un grupo de personas encargadas del diseño e implementación del programa.

Una vez teniendo estos puntos en mente, la administración es un proceso que deberá de ser realizado de la siguiente manera:

- Asignar al grupo de personas más competentes para el diseño de los sistemas.

- Empezar con los equipos más críticos y crear un programa de instrucciones e implementarlas de acuerdo a la capacidad de los recursos humanos para el mantenimiento.
- El nivel de implementación debe de ser designado para dar tiempo al programa de mantenimiento para dar los beneficios.
- Las pérdidas de producción deben de ser optimizadas contrarrestando el incremento de los gastos por mantenimiento.
- Las instrucciones de mantenimiento preventivo deben de ser optimizadas.

Cada uno de estos puntos dan como resultado diferentes tipos de tareas, las que deberán ser administradas y controladas de la misma forma por el jefe de mantenimiento.

[2]

### **3.3 Administración del Mantenimiento**

Primero que nada, es necesario realizar un plan de mantenimiento, el cual es un documento que puede servir de diferentes propósitos de acuerdo a la función del mantenimiento. Este trabajo requiere una gran cantidad de trabajo documental y al momento iniciar la actividad es necesario estar enterado de todas las actividades realizadas. [4]

Los datos típicos a revisar, contenidos en un plan de mantenimiento son los siguientes:

- **Instalación.-** ¿Quién instalará y controlará, los equipos?.

- **Ambiente.-** ¿Existe alguna temperatura o humedad específica o límite que controlar?.
- **Frecuencia del Mantenimiento.-** ¿Que tan seguido será requerido el mantenimiento?.
- **Entrenamiento.-** ¿Qué arreglos necesitan ser hechos para el entrenamiento de ingeniería del mantenimiento para los usuarios?.
- **Herramientas y Equipos.-** ¿Qué elementos especiales son requeridos y de donde pueden ser obtenidos?.
- **Documentación del Mantenimiento.-** ¿Qué documentación es necesaria tener en cuenta?.
- **Partes y Materiales.-** ¿Qué es necesario tener para mantener un abasto que garantice las acciones deseadas?.
- **Configuración del Control.-** ¿Será necesario realizar algún cambio de equipos, el abasto de partes o la documentación? ¿De que forma se podrán documentar e identificar los cambios?. [4]

La administración de mantenimiento se debe de realizar por medio de un programa con necesidades secuenciales, principalmente para poder realizar una buena administración del mantenimiento son necesarios 3 pasos:

1. La organización
2. La motivación
3. El control



Cada uno de estos puntos contiene una gran cantidad de información y actividades necesarios para una buena planeación y administración del mantenimiento. [3]

### **3.3.1 Organización**

La organización del mantenimiento de una fábrica, se desenvuelve de una forma gradual y a lo largo de cierto periodo. Esta organización se establece como resultado de dicho desenvolvimiento, sea siguiendo un plan o por el azar mismo. Se trata de una estructura de relaciones prácticas para ayudar a la consecución de los objetivos de la empresa.

Es necesario llevar un programa de actividades para la iniciación del sistema de mantenimiento, puesto que si una actividad se implementa de forma caótica, el funcionamiento será de una forma caótica.

Será necesario llevar al cabo las tareas necesarias en un orden obtenido de forma analítica en función de su importancia y dificultad de ejecución, además de que deberá de ser bien planeadas las tareas consecutivas en base a la complementación e interdependencia que pueden llegar a tener entre ellas.

Lo mas importante debe de ser detectar y localizar la zona a la cual se le aplicará el programa de mantenimiento preventivo. Una vez delimitada el área, se debe de analizar para poder llegar a determinar los elementos principales que la forman para

distinguir cada uno de los problemas presentados durante la producción y así poder realizar un diagnóstico correcto y determinar una oportuna solución. [3]

### 3.3.2 Motivación

En la actualidad, las empresas cuentan con maquinaria automatizada con sistemas complejos, cuya operación demanda cierto nivel de capacitación por parte de los operarios o supervisores por lo que es necesario realizar capacitación en el personal encargado de la producción.

Debido a los rápidos avances en la tecnología, muchas veces no se tiene en cuenta la capacitación por parte de la gerencia, lo que muchas veces los conocimientos del operario es muy básico, lo que pueden llegar a existir gran cantidad de problemas en la producción, desde paros no deseados hasta paros generales por fallas del sistema.

Todo esto repercute en un incremento de actividades y órdenes de trabajo en el mantenimiento y una forma de reducir estos problemas son “*cortando el problema desde la raíz*”, dando la capacitación necesaria a los operarios. Las capacitaciones otorgan de una mayor seguridad a los operarios y le da una gran motivación para realizar de mejor manera su trabajo, lo cual dará a la larga, grandes beneficios económicos a la empresa.

Debe de ser necesario para que este plan vaya en marcha, hacerle ver al operario que al implementar un sistema de mantenimiento no siempre se va a generar recortes de personal, reducciones de salario, sino que por el contrario será benéfico para ellos, pues

al crecer la empresa están asegurando un mejor salario y unas condiciones de trabajo mas seguras y de mejor calidad. [3]

### **3.3.3 El Control**

“El control se refiere principalmente a la evaluación del nivel de mantenimiento, un problema presentado generalmente en esta área es el costo de mantenimiento, se debe de saber distinguir bien entre el costo real del mantenimiento y el óptimo. Uno de los propósitos de la administración del mantenimiento consiste en reducir al mínimo la cantidad de horas-hombre por unidad de producción.

En la actualidad existe una tendencia hacia el empleo cada vez mayor de equipos complicados, lo que acentúa el problema del mantenimiento, en estos casos es necesario realizar un análisis para saber realmente cuanto mantenimiento es necesario. Pero por otra parte si se destinan pocos trabajadores al mantenimiento o si se determina un número adecuado, pero el equipo con labora con eficacia, disminuirá el nivel de mantenimiento de la fábrica.

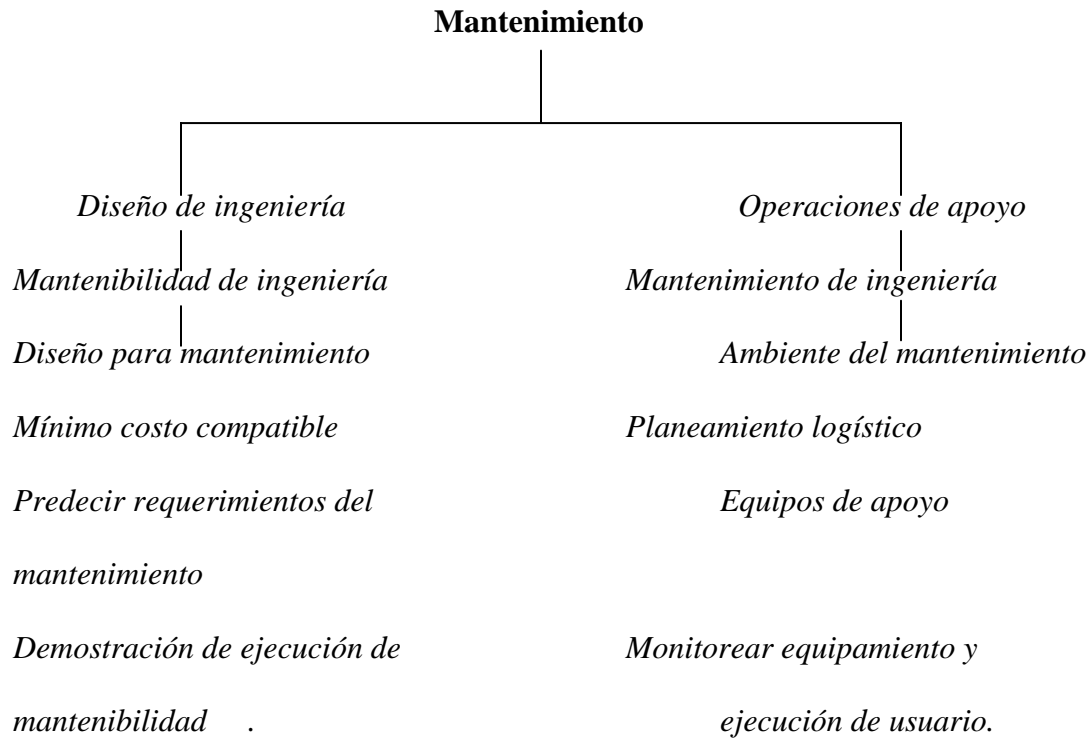
Por todo esto, deberá ser necesario realizar un control y un estudio para poder determinar el nivel de mantenimiento más alto posible, que es factible obtener sin incrementar el coso de mantenimiento. El nivel se obtiene por medio de un análisis de los informes de producción y tiempo. Habrá que determinar la pérdida monetaria causada por los diferentes aspectos de la industria como son, los costos por desperdicios, costo de

mantenimiento, personal de mantenimiento y el costo actual de mantenimiento correctivo.” [3]

### **3.4 Interrelaciones Funcionales del Mantenimiento**

El mantenimiento depende totalmente de la mantenibilidad, es imposible pensar que el mantenimiento pueda llegar a mejorar la mantenibilidad de un equipo sin realizar cambios físicos en su diseño, a lo mucho podrá llegar a incrementar las características de la mantenibilidad implementando el programa de mantenimiento mas económico y rudimentario.

El mantenimiento empieza desde las etapas iniciales de diseño del equipo. El principal problema presentado consiste en que la estrecha y complementaria relación entre el diseño de equipamiento y la mantenibilidad del mismo, no se ve reflejada en la cantidad de ingenieros de áreas de diseño interesados en el mantenimiento y en la mantenibilidad de sus productos.



**Figura 3.1 Árbol interrelacional del mantenimiento.” [4]**

### 3.5 Disponibilidad del Mantenimiento

Este puede ser uno de los indicadores del mantenimiento más utilizados, ayuda a dar una mejor percepción de la capacidad de realización y de mantenimiento de un proceso. Al realizar la compra de nuevo equipo, debemos de tener mucho cuidado para poder determinar bien el posible tiempo de operación de la máquina.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Posible tiempo de operación} - \text{Tiempo de reparación}}{\text{Posible tiempo de operación}} \quad [3.1]$$

Se debe resaltar que es muy importante la forma en la que se calculan estos tiempos, pues debido a la gran variedad de máquinas y complejidad de procesos de producción, los tiempos de trabajo y de reparación deben de ser calculados principalmente en base a variables como la cantidad de horas promedio trabajadas, el número de días que se trabaja a la semana, la cantidad de horas que se trabaja en el día y algunas probabilidades de disponibilidad de personal de mantenimiento en base a los turnos en los que se presentan los problemas.” [4]

### 3.6 Efectividad del mantenimiento

“Como se mencionó anteriormente, la mantenibilidad consiste en la efectividad con la que un equipo es mantenido. La efectividad del mantenimiento es usada para medir la mantenibilidad, y es una base muy útil para comparar diferentes equipos, la efectividad del mantenimiento se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Uso actual del equipo}}{\text{Esfuerzo requerido para el mantenimiento}}. \quad [3.2]$$

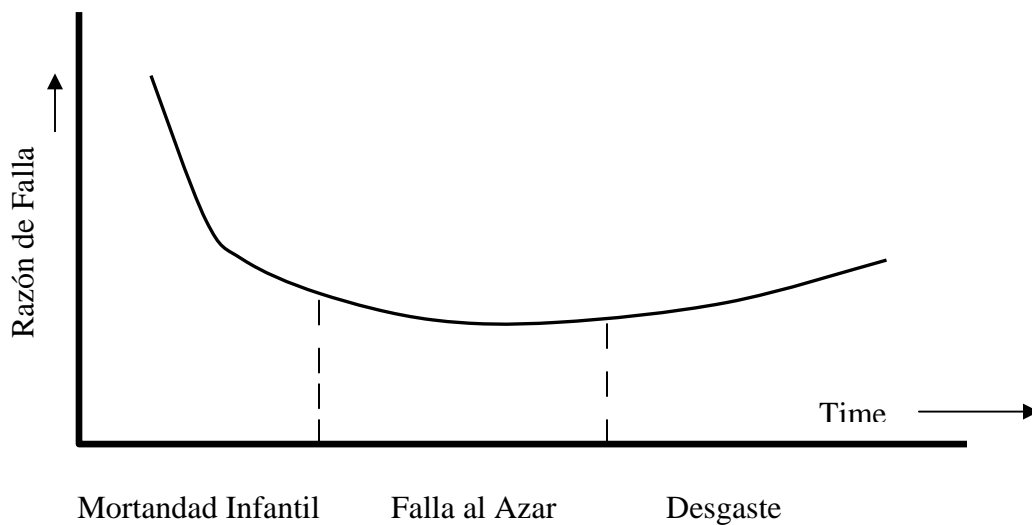
Las unidades deben de ser seleccionadas dependiendo del ambiente del equipo y un parámetro típico debe de ser: *Horas de operación por Horas de mantenimiento*”. [4]

### 3.7 Fallas

#### 3.7.1 Patrones de Falla

Las fallas ocurren de muchas formas diferentes y por muchas diferentes razones, las razones de las fallas pueden ser totalmente al azar y cada una debe de ser tratada como un problema independiente, y obviamente es necesario un punto de unión o punto similar para el estudio y solución del problema.

Para fallas de operación ha sido aceptado generalmente por varios años la tabla llamada “*tina de baño*” para representar un patrón de falla típica, representada en la figura 3.2. [4]



**Figura 3.2** Tabla “*Tina de Baño*”

#### 3.7.2 Fallas de Ocurrencia Aleatoria

En un equipo bien diseñado y manufacturado, las mayoría de las fallas presentadas son completamente al azar, este tipo de fallas se encuentran ubicadas en la gráfica presentada de “*tina de baño*” en la parte más baja de la curva y para muchos propósitos esta parte puede ser tomada como constante. Matemáticamente es necesario usar la distribución de Poisson para obtener la probabilidad de las fallas y así poder obtener una prueba de probabilidad antes de echar a andar el equipo.

Si:

$$\mathbf{P} = 1 - e^{-Ft} \quad [3.3]$$

Donde:

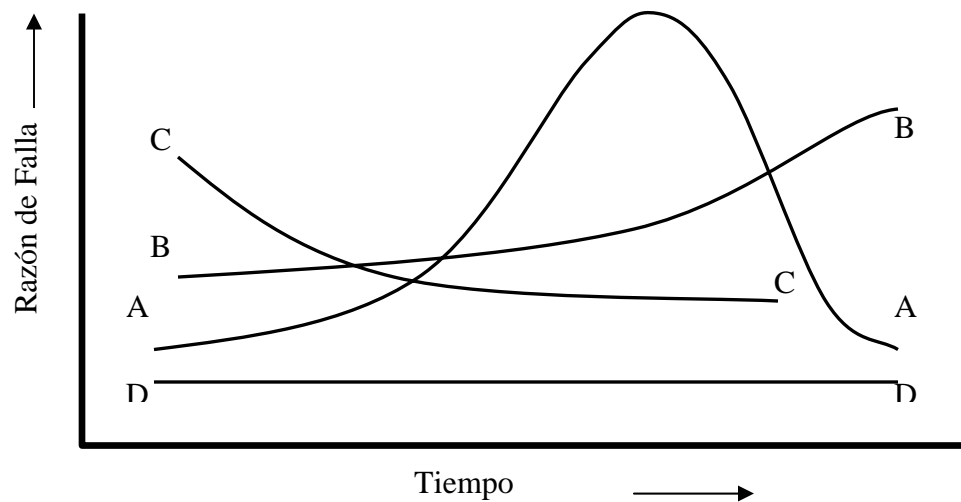
**P** = Probabilidad de falla en un tiempo  $t$ .

**F** = Tasa de falla.

**1/F** = Tiempo medio entre fallas.

Otras formas comunes de comportamiento de falla son las siguientes, como se muestran en la figura 3.3:





**Figura 3.3** Patrones de diferentes tipos de falla

- La línea **A** representa una falla por desgaste, para un elemento de vida finita. Como en el caso de un foco que está garantizado para durar 1000 horas, pero la mayoría se funde antes de alcanzar el doble de ese valor.
- La línea **B** muestra un elemento con un patrón de falla de que esencialmente forma parte de las dos últimas secciones de la falla de las graficas “*tina de baño*”. Este tipo de curvas son aplicables a muchas partes mecánicas en movimiento, sujetas a desgaste gradual.
- La línea **C** demuestra una trayectoria correspondiente al primer tercio de la gráfica de “*tina de baño*”, la llamada zona de “mortalidad infantil”. Este tipo de fallas se presenta en componentes eléctricos generalmente.
- La línea **D** puede ser usada usualmente para representar partes que fallan raramente, pero que están sujetas a daños o pérdidas durante el uso o el mantenimiento. [4]

### 3.7.3 Análisis de Falla

Debido a que diferentes componentes de un mismo equipo pueden registrar diferentes tipos de patrones de falla, entonces si se presenta un tipo de falla, de que manera puede ser determinado el patrón de falla de una pieza.

El punto de partida para determinar el patrón es realizar una regresión lineal, pero para este caso deberá de ser necesario una cierta cantidad de puntos o que los puntos no muestren un comportamiento muy aleatorio en la gráfica para poder encontrar un patrón confiable.

$$\text{Incremento de Fallas} = \frac{(A + 1) - B}{(C + 1) - D} \quad [3.4]$$

Donde:

**A** = Número total de elementos

**B** = Número total anterior de elementos de falla

**C** = Número total de elementos

**D** = Número total anterior de elementos del equipo

**Número de Fallas** = Número de fallas anterior + Incremento de Fallas

$$\text{Porcentaje de Fallas} = \frac{\text{Número de Fallas} - 0.3}{\text{Número total de elementos} + 0.4} \times 100 \quad [3.5]$$

### **3.8 Estimación de Costos de Mantenimiento**

Una etapa final de la demostración de mantenibilidad consiste en la preparación del costo de mantenimiento. Hasta ahora se habían nombrado mucho los términos de horas de mantenimiento, precio por hora de mantenimiento y costo de las partes, y es apropiado hablar de estos términos más a detalle. Las necesidades del administrador de mantenimiento y del contador de la compañía son muy diferentes. [4]

#### **3.8.1 Horas de Mantenimiento**

El tiempo de los ingenieros de mantenimiento puede ser aplicado a diferentes actividades, y el administrador del mantenimiento individual deberá de tomar decisiones que deberán de incluir las horas de mantenimiento, pero para las aplicaciones utilizadas se manejarán solo las horas actuales de trabajo por parte del equipo de ingenieros de mantenimiento. [4]

#### **3.8.2 Distribución del Tiempo**

El tiempo de los ingenieros puede ser catalogado dentro de las siguientes categorías:

- Tiempo de trabajo
- Tiempo de viaje
- Tiempo de administración
- Tiempo de espera
- Tiempo de no-disponibilidad

Todas estas categorías mencionadas contribuyen al costo por tiempo, directamente proporcionalmente a los factores de uso del tiempo de trabajo. [4]

### **3.8.3 Costo de Partes**

Las partes de un equipo pueden ser elementos internamente manufacturados, partes reparadas o ambos. Cada uno de las diferentes categorías en las que puede ser considerada una parte o refacción deberá de ser reportada en las cuentas de la empresa.

### **3.9 Costos de Ciclo de Vida**

Los costos de ciclo de vida asociados con un equipo son los costos de adquirir, usar, mantener en estado de operación y de disposición final. También deben de incluir los costos de estudios de viabilidad, investigación, desarrollo, diseño, manufactura, instalación y asignación, operación, mantenimiento, emplazamiento y cualquier crédito para disponibilidad. [4]

Puede ser establecido que:

$$\text{Costos de Ciclo de Vida} = \text{Costos de Operación} + \text{Costos de Propiedad}$$

[3.6]

### **3.9.1 Costos de Operación**

Esto comprende los costos directos de operación como son la energía, materiales y el trabajo realizado en la creación de productos o en la prestación de servicios.

### **3.9.2 Costos de Propiedad**

Estos incluyen todos los términos definidos anteriormente para los costos de ciclo de vida, con excepción de aquellos presentados en los costos de operación. Los costos de propiedad pueden ser subdivididos en 3 partes, los llamados costos de adquisición, costos de mantenimiento y costos de disponibilidad. De aquí se verá que los costos de propiedad son más importantes desde el punto de vista del mantenimiento. [4]

## **3.10 Tiempo de Mantenimiento**

El tiempo de mantenimiento es todo el tiempo que es cargado al departamento de mantenimiento y deberá de ser pagado por el presupuesto designado para el mantenimiento. [5]

La administración del tiempo de mantenimiento habilita para tomar control sobre las actividades de mantenimiento que ocurren fuera del tiempo estipulado, además de que asegura su efectividad. [5]

*El Tiempo es Dinero*, este es un dicho muy antiguo pero muy utilizado por personas del trabajo, el propietario deberá de pagar por el tiempo de estas personas, sin importar si la persona es productiva o si para por una tasa de café; si el trabajo realizado es eficiente o ignorante y lento. [5]

### **3.11 Software para la Administración Computarizada del Mantenimiento(CMMS)**

Este es un tipo de mantenimiento, básicamente preventivo, que ha ido creciendo conforme se incrementan la cantidad de industrias que cuentan sistemas computarizados en las líneas de producción, así como automatización en sus líneas.

Este tipo de mantenimiento se basa principalmente en la administración computarizada del mantenimiento por medio de un software (CMMS), principalmente la idea es que por medio de este software se realice la planeación, administración y control de la acciones del mantenimiento.

La complejidad de estos programas es proporcional a la complejidad de la línea en cuestión principalmente la idea consiste en realizar un programa de calendarización para poder llevar al cabo cada una de las tareas de mantenimiento preventivo con un control de cada una de las actividades y áreas que tienen relación al mantenimiento y así volver

mas eficiente el sistema de mantenimiento y por consiguiente reducir los costos al evitar pérdidas de tiempo del equipo de mantenimiento.