



MANTENIMIENTO Y COSTOS DE GESTIÓN EN UN SECTOR EMPRESARIAL  
EN EL VALLE DE ABURRÁ

OSCAR JOSÉ LOZANO ARIAS

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ÁREA DE MANTENIMIENTO  
MEDELLÍN  
2009

MANTENIMIENTO Y COSTOS DE GESTIÓN EN UN SECTOR EMPRESARIAL  
EN EL VALLE DE ABURRÁ

OSCAR JOSÉ LOZANO ARIAS

Proyecto de grado

Asesor:

ING. JUAN SANTIAGO VALLEJO JARAMILLO

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ÁREA DE MANTENIMIENTO  
MEDELLÍN

2009

## DEDICATORIA

A mis padres, Iris y José por estar siempre presente. Gracias por su incondicional apoyo, cariño y comprensión.

A mi novia, Julia M. Jaller por estar siempre a mi lado. Gracias por ayudarme, comprenderme y hacerme feliz.

A ustedes con mucho cariño les dedico este proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Juan Santiago Vallejo por guiarme, asesorarme y compartir sus conocimientos en esté y muchos proyectos donde fue incondicional su aporte.

A todas las empresas que participaron en esta investigación, en especial al Metro de Medellín por brindarme una perspectiva diferente al momento de desarrollar el muestreo.

A mis amigos y compañeros de la carrera gracias.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

JURADO

---

JURADO

MEDELLÍN, 29 MARZO DE 2009

## CONTENIDO

		pág.
0	PRÓLOGO	13
0.1	INTRODUCCIÓN	13
0.2	JUSTIFICACIÓN	13
0.3	OBJETIVOS GENERALES	14
0.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
0.4.1	Objetivo 1	14
0.4.2	Objetivo 2	14
0.4.3	Objetivo 3	15
0.4.4	Objetivo 4	15
0.4.5	Objetivo 5	15
0.4.6	Objetivo 6	15
1	HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	16
1.1	¿QUÉ SE ENTIENDE POR MANTENIMIENTO?	21
1.2	ÁREA Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO	22
1.3	VARIABLES DE MANTENIMIENTO	24
1.4	TIPOS DE MANTENIMIENTO	26
1.4.1	Post-averías	27
1.4.2	Pre-averías	30
1.5	CONCLUSIÓN	39

2	MÉTODOS DE COSTEO EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO	41
2.1	INTRODUCCIÓN	41
2.2	COSTOS EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO	41
2.3	UTILIDAD DE LOS COSTOS EN EL MANTENIMIENTO	42
2.4	CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS	44
2.4.1	Clasificación de los costos según la función que cumplen	44
2.4.2	Clasificación de los costos según su grado de variabilidad	45
2.4.3	Clasificación de los costos según su asignación	46
2.4.4	Clasificación de los costos según su comportamiento	47
2.4.5	Costos Financieros	49
2.4.6	Costos de la no disponibilidad por fallas	49
2.5	COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	50
2.6	COSTOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO	51
2.7	COSTOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO	52
2.8	COSTOS EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO	53
2.9	CONCLUSIÓN	54
3	METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE UN MUESTREO	56
3.1	INTRODUCCIÓN	56
3.2	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESTADÍSTICA	56
3.3	¿QUÉ SE ENTIENDE ESTADÍSTICA?	58
3.3.1	Estadística descriptiva	59
3.3.2	Estadística inferencial	59
3.4	¿QUÉ ES UN MUESTREO?	60



3.5	TIPOS DE MUESTREO	61
3.5.1	Muestreo probabilístico	62
3.5.2	Muestreo no probabilístico	66
3.6	RAZONES PARA EMPLEAR EL MUESTREO	68
3.7	PROCESO REGULAR DE MUESTREO	70
3.8	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	71
3.8.1	Tamaño de una muestra aleatoria simple en el sector manufacturero	73
3.9	DESARROLLO DE LA ENCUESTA	74
3.10	CONCLUSIÓN	74
4	RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS EMPRESAS A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MUESTREO ALEATORIO SIMPLE	76
5	CONCLUSIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	94

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Posición del mantenimiento hasta la década de 1914	16
Figura 2. Mantenimiento en las décadas de 1930 y 1940	17
Figura 3. Ingeniería de mantenimiento en los años 1950	17
Figura 4. Subdivisión de ingeniería del mantenimiento en el año 1966	18
Figura 5. Subdivisión de la empresa y área de mantenimiento a partir de 1980	19
Figura 6. Evolución del mantenimiento	20
Figura 7. Generaciones del mantenimiento	20
Figura 8. Tipos de mantenimiento (según normas AFNOR X 60010 Y 60011)	27
Figura 9. Curva de mantenimiento correctivo respecto las fallas	30
Figura 10. Curva de mantenimiento preventivo respecto de las fallas	34
Figura 11. Curva de mantenimiento sistemático y degradación probable	36
Figura 12. Curva de mantenimiento sistemático respecto de las fallas.	36
Figura 13. Curva de mantenimiento predictivo respecto de las fallas	39
Figura 14. Algunos costos ocultos de mantenimiento	43
Figura 15. División de la estadística	59
Figura 16. Tipos de muestreo	62
Figura 17. Tipos de muestreo probabilístico	62
Figura 18. Tipos de muestreo no probabilístico	67
Figura 19. Etapas del proceso de muestreo	70
Figura 20. Clasificación de las empresas encuestadas por tamaño	76
Figura 21. Tipos y porcentaje de mantenimiento realizados en las empresas	77
Figura 22. El personal empleado en la ejecución del mantenimiento	77
Figura 23. La variable principal del mantenimiento en su empresa	78
Figura 24. Requerimiento de los equipos para la realización del mantenimiento	78
Figura 25. Indicador anual de gestión utilizado por la empresa	79
Figura 26. Frecuencia de seguimiento de los indicadores	79

Figura 27. Costo anual aproximado del mantenimiento en la empresa	80
Figura 28. Realización del consolidado de los costos	80
Figura 29. Distribución de los costos de mantenimiento vs elemento de costo	81
Figura 30. Costo de mantenimiento respecto al concepto	81
Figura 31. Distribución de los costos de mantenimiento vs tipo de actividad	82
Figura 32. El costo de mantenimiento respecto a los activos fijos de la empresa	82
Figura 33. Frecuencia de registro de la información de costos de mantenimiento	83

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Media de los tiempos de buen funcionamiento	24
Ecuación 2. Media de los tiempos técnicos de reparación	25
Ecuación 3. Disponibilidad	25
Ecuación 4. La fórmula del costo variable total es la siguiente	47
Ecuación 5. Costo fijo unitario	48
Ecuación 6. Costo total unitario	48
Ecuación 7. Costo total	48
Ecuación 8. Costo total del mantenimiento correctivo	50
Ecuación 9. Costo directo de mantenimiento correctivo	50
Ecuación 10. Costo de lucro cesante	51
Ecuación 11. Costo directo del mantenimiento preventivo	51
Ecuación 12. Costo total por mantenimiento preventivo sistemático	52
Ecuación 13. Costo directo del mantenimiento preventivo	52
Ecuación 14. Costo de implementación de mantenimiento correctivo	53
Ecuación 15. Costo directo del mantenimiento predictivo	53
Ecuación 16. Tamaño de una muestra $n$ en una población infinita	72
Ecuación 17. Tamaño de una muestra $n$ en una población finita	72
Ecuación 18. Muestra $n$ en una población infinita	73
Ecuación 19. Muestra $n$ en una población finita	73

## 0 PRÓLOGO

### 0.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto de grado, aborda temas de interés relacionado con el manejo de los costos en el departamento o área de mantenimiento, sus antecedentes y utilización en diversas empresas del Valle de Aburrá. En él, se encuentra material relacionado con sistemas de costeo, metodologías, estrategias y tácticas utilizadas por el área de mantenimiento para garantizar su viabilidad y permanencia dentro de la empresa. Además enuncia la importancia de cuantificar los costos en un área de vital necesidad, como es la de mantenimiento y nos ayuda a conocer si las metodologías usadas por las empresas son las adecuadas en relación con las tendencias mundiales; para ello es necesaria una breve contextualización de los fundamentos de mantenimiento, costos del área y metodologías para el diseño de una muestra, donde esta última será objeto de análisis para poder concluir en forma general acerca de los manejos dados a los costos en el área o departamento de mantenimiento.

### 0.2 JUSTIFICACIÓN

El sector empresarial requiere conocer los costos en el área de mantenimiento para mejorar su gestión y hacer de este departamento una “fuente de beneficio” y no un centro de gasto; para ello es necesario investigar acerca de la administración de mantenimiento en algunas empresas del Valle de Aburrá. Entre los temas a tratar se encuentran: tipos mantenimiento, tipos y formas de costeo, costos en relación con el mantenimiento, tipos y desarrollo de una muestra (Souris, 1992).

El mantenimiento es una actividad desempeñada en toda empresa, tiene como fin preservar y recuperar el estado inicial del equipo y asegurar la competitividad y confiabilidad de la empresa, a través del uso de estrategias pre-establecidas.

Con este estudio se pretende concluir acerca de la forma como es llevado el costeo en los departamentos de mantenimiento, con el fin de alimentar y mejorar la administración de costos del sector y así preparar, ayudar y mejorar las técnicas usadas por las empresas.

Adicionalmente el proyecto hace parte del marco de desarrollo de una tesis de maestría en el tema de costos e indicadores de mantenimiento, desarrollada por un integrante del grupo de estudios en mantenimiento industrial (GEMI) de la universidad EAFIT.

### 0.3 OBJETIVOS GENERALES

Comparar para un sector específico seleccionado mediante análisis estadístico la gestión de costos en los departamentos de mantenimiento.

### 0.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### 0.4.1 Objetivo 1

Describir los diversos tipos de mantenimiento utilizados comúnmente en los sectores empresariales y su evolución en el tiempo. N2

#### 0.4.2 Objetivo 2

Explicar el uso de los métodos de costeo en relación a su aplicación al departamento de mantenimiento de las empresas, y los factores involucrados en los costos de este departamento desde diferentes enfoques. N2

#### 0.4.3 Objetivo 3

Reconocer algunas metodologías relacionadas con el desarrollo de muestreos y la selección de un sector objeto de estudio. N2

#### 0.4.4 Objetivo 4

Emplear el estudio mediante encuesta en un sector específico seleccionado, con el fin de investigar el uso de gestión de costos en el área de mantenimiento.

#### 0.4.5 Objetivo 5

Analizar y comparar los resultados arrojados por las encuestas desarrolladas para las diferentes empresas seleccionadas de un sector empresarial N4

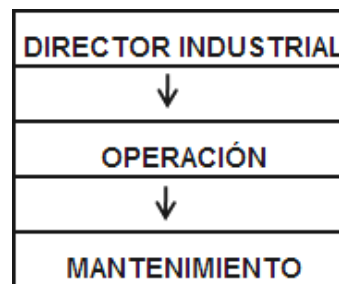
#### 0.4.6 Objetivo 6

Concluir los principales resultados y a partir de estos generar las respectivas recomendaciones.

## 1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las primeras reparaciones surgieron finalizando el siglo XIX, con la necesidad de mecanizar la industria. En esta época el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción, luego de la primera guerra mundial surge la producción en serie, instituida por la compañía *Ford-Motor Company*, desde ese momento las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y en consecuencia a sentir la necesidad de crear equipos que pudieran efectuar el mantenimiento en las líneas de producción en el menor tiempo posible (@Mailxmail, 2005)<sup>1</sup>.

Figura 1. Posición del mantenimiento hasta la década de 1914



(Tavares, 2001).

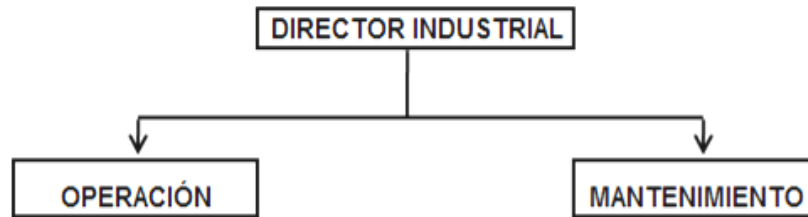
El mantenimiento surge como un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución de reparaciones, hoy conocida como mantenimiento correctivo. Esa situación se mantuvo hasta la década de los años 40, cuando en función de la segunda guerra mundial y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, preocupó la alta administración industrial no solo en corregir las fallas, sino también en evitar que estas ocurriesen; el personal técnico de mantenimiento pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, como una metodología para reducir y evitar las fallas (@Mailxmail, 2005).

---

<sup>1</sup> @ Denota página Web, tendrá igual significado en todo el documento.



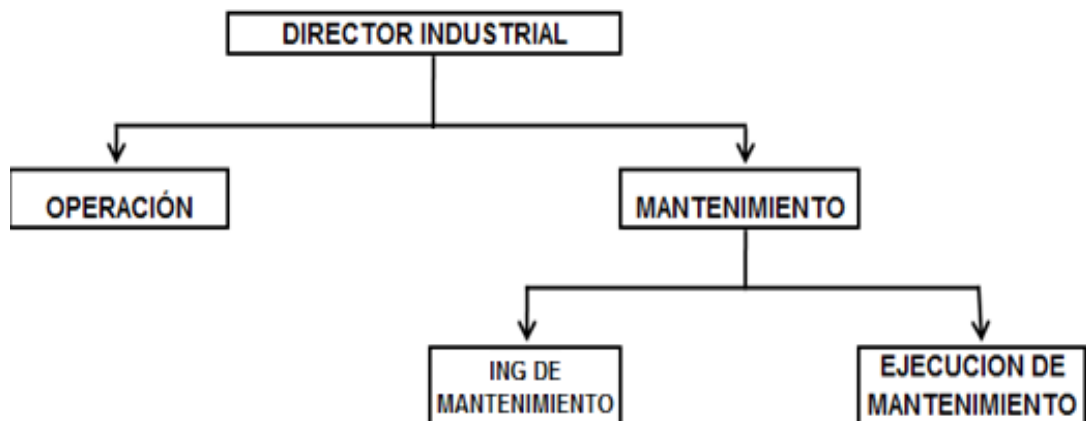
Figura 2. Mantenimiento en las décadas de 1930 y 1940



(Tavares, 2001).

El desarrollo que experimentó la industria para atender las necesidades de la *post*-guerra a mediados de los años 50's, la revolución de la aviación comercial y los inicios de la industria electrónica, fueron suficiente para que los gerentes de mantenimiento se dieran cuenta de que el tiempo de parada de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; este acontecimiento da lugar a la selección de un equipo de especialistas como órgano de asesoramiento para la producción, que se llamó "Ingeniería de Mantenimiento" y recibió los cargos de planear, controlar y analizar causas, efectos de las averías (@Mailxmail, 2005).

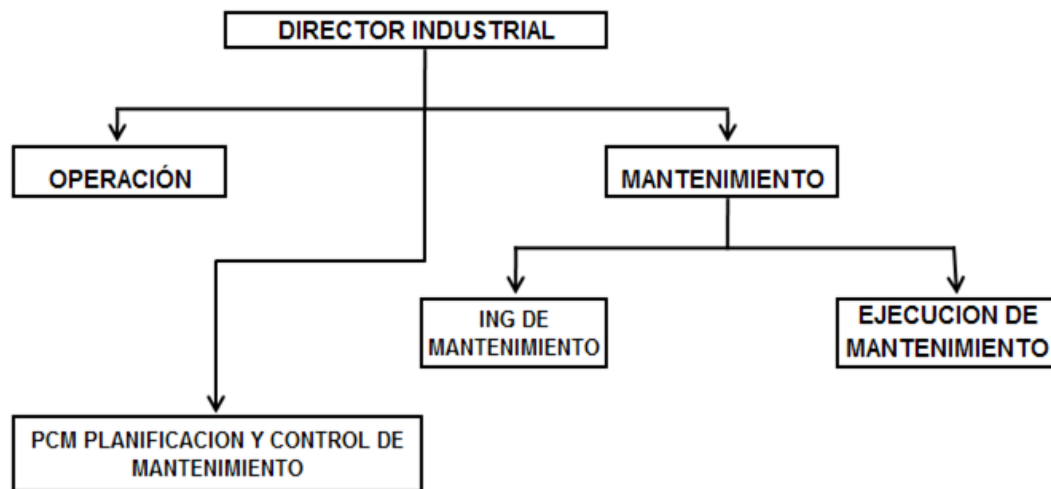
Figura 3. Ingeniería de mantenimiento en los años 1950



(Tavares, 2001).

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, optimizando la actuación de los equipos de ejecución para el mantenimiento. Esos criterios, conocidos como mantenimiento predictivo o preventivo, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento.

Figura 4. Subdivisión de ingeniería del mantenimiento en el año 1966



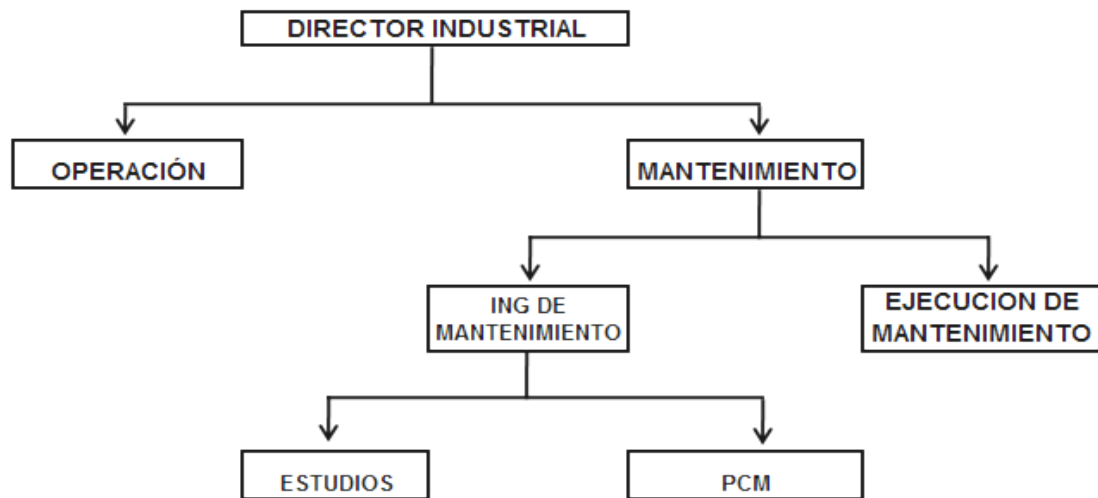
(Tavares, 2001).

Con el desarrollo de las computadoras personales a costos reducidos y lenguaje simple a mediados de los 80`s, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesar sus propios programas eliminando los inconvenientes de la dependencia de disponibilidad humana y de equipos; de esta manera atender las prioridades de procesamiento de la información a través de una computadora central. Sin embargo, es recomendable que esas computadoras sean asociadas a una red, posibilitando que su información quede disponible para los demás órganos de la empresa y viceversa. En ciertas empresas esta actividad se volvió

tan importante que el PCM (Planificación y Control del Mantenimiento) pasó a convertirse de un órgano de asesoramiento a supervisión general de producción.

Las actividades de mantenimiento pasaron a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, debido a las exigencias de incremento de calidad de los productos y servicios hechas por los consumidores. (Tavares, 2001).

Figura 5. Subdivisión de la empresa y área de mantenimiento a partir de 1980



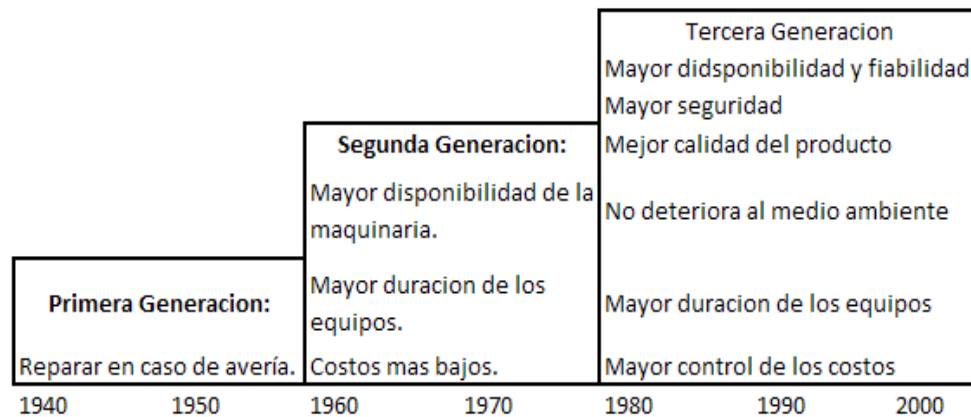
(Tavares, 2001).

Desde su inicio la tarea que hoy denotamos como mantenimiento es considerada una actividad difícil y engorrosa de realizar debido a las limitaciones propias del ser humano. En la actualidad es una realidad totalmente diferente debido a que se han invertido los papeles, ahora es más valorado el cuidado colocado a los equipos y al producto que se obtienen de ellos que a la mano de obra especializada utilizada para producirlo.

Históricamente el mantenimiento ha sido una actividad empírica basada en experiencia práctica del día a día y considerada como generadora de gastos. Se ha demostrado que su conocimiento y aplicación a la casi totalidad de sectores

industriales es no solo rentable sino necesaria para mantener la competitividad de las empresas (Fabres Diaz, 1997).

Figura 6. Evolución del mantenimiento



(@Rcm2, 2005).

Figura 7. Generaciones del mantenimiento

Primera generación Entre 1930 - 1950	Gestión de mantenimiento hacia la máquina.
Segunda generación Entre 1950 - 1960 (aprox.)	Gestión de mantenimiento hacia la producción
Tercera generación Entre 1960 - 1980	Gestión de mantenimiento hacia la productividad
Cuarta generación Entre 1980 – 1999	Gestión de mantenimiento hacia la competitividad
Quinta generación Entre 2000 – 200X	Gestión de mantenimiento hacia la organización e innovación tecnológica industrial.

(Mora Gutiérrez, 2005).

## 1.1 ¿QUÉ SE ENTIENDE POR MANTENIMIENTO?

Algunas de las definiciones por diferentes autores reconocidos son las siguientes:

Conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización de una línea automática de producción puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un determinado plan de producción en constante evolución (Rey Sacristan, 1996).

Combinación de acciones llevadas a cabo para sustituir, reparar, mantener o modificar los componentes de una instalación para que continúe operando con la disponibilidad especificada durante un periodo de tiempo. La gestión del mantenimiento se puede definir como la dirección y organización de recursos para controlar la disponibilidad y el funcionamiento de la planta industrial a un nivel especificado (Harrys, 1998).

Mantenimiento se ha convertido en la optimización de actividades físicas aportadas a los medios de producción para asegurar su disponibilidad y su debida explotación. Desde que las máquinas producen piezas, también han generado averías, con ellas llega la intervención a los equipos; la primera forma de mantenimiento (Souris, 1992).

Necesidad que produce cualquier instalación para conservarla en una situación que permita obtener el fin para la cual está destinada. Mantenimiento ofrece como producto para cubrir esta necesidad la reparación de las anomalías que surjan e incluso las correcciones para que no lleguen a producirse (Navarro, y otros, 1997).

Mantenimiento tiene otras funciones; prevenir y predecir los imprevistos que antes solo era necesario reparar, y asegura mayor disponibilidad de las máquinas para una mayor producción. No sólo se requiere producir, si no optimizar la producción, así cambia el enfoque del mantenimiento y se procura el establecimiento de

tácticas, consistentes en operar y gestar bajo un sistema organizado (Mora Gutiérrez, 2005).

Conjunto de actividades y procedimientos técnicos cuya finalidad es mantener, mejorar y adecuar medios tecnológicos de producción para el desarrollo de una o varias actividades en una empresa, procurando aumentar la efectividad con una continua disminución de costos a través de la utilización de indicadores (Gutierrez, 2006).

Acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación. El mantenimiento debe ser tanto periódico como permanente, preventivo y correctivo (@Mineduc, 1998).

Mantenimiento es una profesión dedicada a la conservación del equipo de producción para asegurar que éste se encuentre constante por el mayor tiempo posible, en condiciones óptimas de confiabilidad siendo seguro de operar (Enrique Mora, 2008).

## 1.2 ÁREA Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Los responsables del mantenimiento tienen que conocer los problemas que se derivan de las averías para hacer de su trabajo lo más eficaz posible. La eficacia debe entenderse como la incidencia que las averías pueden tener en la producción (De Bona, 1999 pág. 21).

Los deberes del área de mantenimiento están relacionados con los cuidados de la planta (edificios y equipo), instalación y supervisión de nuevas construcciones y seguridad industrial (Castro Martínez, 2008).

La labor del área de mantenimiento, está referida con la prevención de accidentes y lesiones al trabajador, tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones a los equipo, maquinas y herramientas de trabajo que permiten un mejor desenvolvimiento y seguridad, evitando en parte el riesgo en el área laboral (Rodas, y otros, 2006).

El área de mantenimiento debe cooperar estrechamente con el área de producción para conseguir el equilibrio óptimo entre los costos de los recursos de mantenimiento y la disponibilidad. El usuario del equipo debe de cooperar con el fabricante-diseñador-distribuidor en el análisis completo de la fiabilidad y mantenibilidad (Harrys, 1998).

“Los hombres de mantenimiento, hombres para todo por excelencia”, tienen la particularidad de ser capaces de tratar otras causas de fallos, que se originan en el proceso de producción, por este motivo es muy frecuente verlos prestando otros servicios no relacionados directamente con el mantenimiento, como departamento de estudios, métodos, informática, con ciertas ventajas. Son numerosos los casos en donde los hombres de mantenimiento han constituidos el área de cartera de la empresa (Souris, 1992).

Lugar donde se programa, controlan y realizan diferentes actividades de mantenimiento: revisiones, ajustes, inspecciones, lubricaciones, cambios, modificaciones, reconstrucciones, entre otras. El área de mantenimiento es el directo responsable de las actividades de los equipos que no estén ejecutando de manera correcta sus funciones y esta siempre debe ir de la mano del área de producción (Gutierrez, 2006).

### 1.3 VARIABLES DE MANTENIMIENTO

Existen distintas variables de mantenimiento que permite interpretar la forma en la que actúa; estas repercuten directamente en el desempeño de los sistemas de producción y en consecuencia en los costos, entre las que se encuentran:

- **Fiabilidad:** es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas. La fiabilidad impacta directamente sobre los resultados de la empresa, debiendo aplicarse no sólo a máquinas o equipos aislados sino a la totalidad de los procesos que integran la cadena de valor de la organización (@Mantenimiento mundial, 2006).

Ecuación 1. Media de los tiempos de buen funcionamiento

$$MTBF = \frac{\sum TBFi}{n}$$

(Navarro, y otros, 1997).

*Donde:*

*MTBF* = media de los tiempos de buen funcionamiento.

*TBFi* = tiempo entre fallas.

*n* = número de veces de repetición.

- **Disponibilidad:** es la proporción de tiempo durante el cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

La disponibilidad es la probabilidad de que un activo realice la función asignada cuando se requiere de ella. La disponibilidad depende de cuán frecuente se



producen los fallos en determinado tiempo y condiciones (confiabilidad) y de cuánto tiempo se requiere para corregir el fallo (mantenibilidad) (@Q&M, 2006).

Ecuación 2. Media de los tiempos técnicos de reparación

$$MTTR = \frac{\sum TTRi}{n}$$

(Navarro, y otros, 1997).

*Donde:*

*MTTR* = media de los tiempos técnicos de reparación.

*TTRi* = tiempos técnicos de reparación.

*n* = número de veces de repetición.

Ecuación 3. Disponibilidad

$$D = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR}$$

$$D = \frac{TO - \sum TA}{TO}$$

(Navarro, y otros, 1997).

*D* = disponibilidad.

*TO* = tiempo requerido.

*TA* = tiempos de paro.

*MTBF* = media de los tiempos de buen funcionamiento.

*MTTR* = media de los tiempos técnicos de reparación.

- **Mantenibilidad:** es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas (@Mantenimiento mundial, 2006).

Es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad (Gutierrez, 2006).

Una característica de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que un elemento sea conservado o recuperado en una condición especificada, a lo largo de un período dado del tiempo empleado en el mantenimiento, cuando éste se realiza de acuerdo con los procedimientos y recursos prescritos (Department of Defense, 1966).

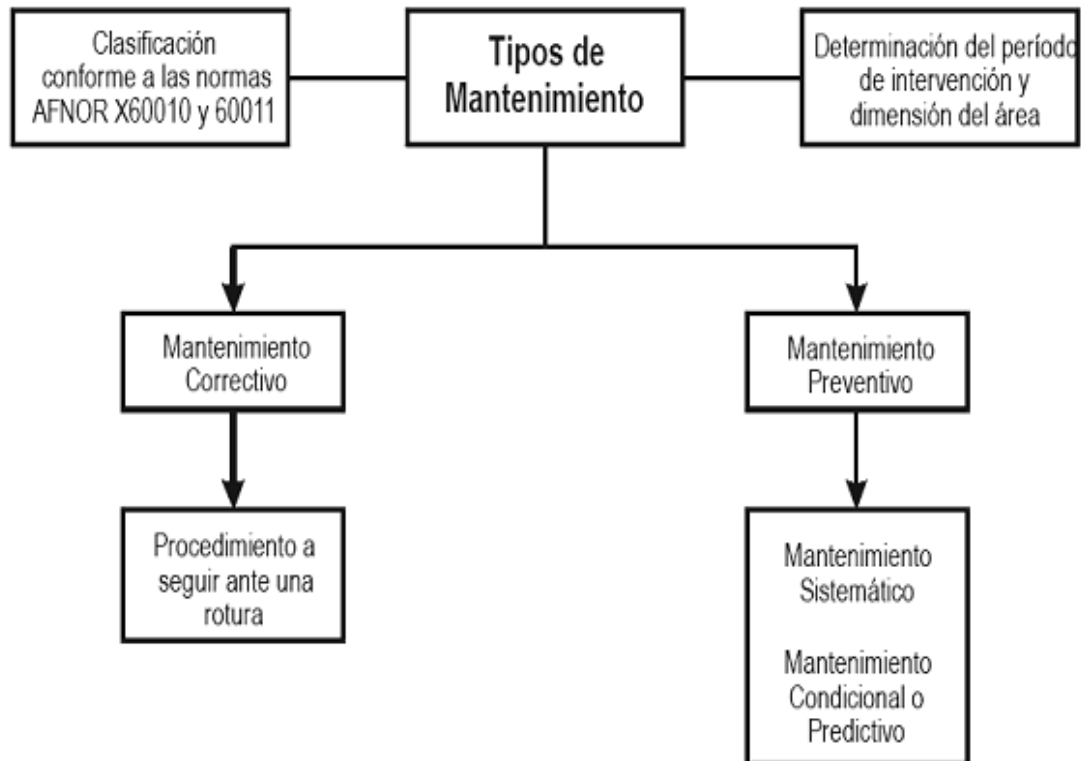
- Seguridad: está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede ni debe dejársela a un costado, con miras a dar cumplimiento a demandas pactadas (Gutierrez, 2006).
- Entrega / plazo: el tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, en el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente.

En mantenimiento se precisa la noción de tiempo de acuerdo con la norma AFNOR X 60015.

#### 1.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento tiene dos etapas básicas para la implementación las cuales están relacionadas con el momento en que se realiza la intervención en el equipo, ya sea antes de ocurrir la falla o después de ocurrir la falla. La siguiente figura es una de las clasificaciones más aceptadas de tipos de mantenimiento.

Figura 8. Tipos de mantenimiento (según normas AFNOR X 60010 Y 60011)



(Torres, 2005 pág. 123).

#### 1.4.1 Post-averías

Es una actividad no planificada realizada tiempo después de la detección de la anomalía, pueden ser reparaciones (programadas) o averías (no programadas); las programadas cuentan con el repuesto y las no programadas es el paro inminente del equipo. Está constituido por el mantenimiento correctivo que se tratara a continuación.

- **Mantenimiento Correctivo:** actividad humana desarrollada en equipos e instalaciones a consecuencia de alguna falla o avería y en consecuencia haya dejado de prestar la calidad esperada del servicio (Dounce Villanueva, 2006).

El mantenimiento correctivo es una intervención necesaria para poder solucionar un defecto o una falla ya ocurrida. Es la actividad de reparar averías a medida que estas se van produciendo en maquinas o equipos, el personal encargado de notificar la avería es el mismo operador y el encargado de realizar la reparación es el personal de mantenimiento (Torres, 2005 pág. 123).

Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo, cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzada o imprevista. Este es el sistema más generalizado, por ser el que menos conocimiento y organización requiere (Alpizar Villegas, 2005).

Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia (@Mantenimiento mundial, 2006).

Acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin agregarle valor adicional al equipo a la hora de su venta (@Mineduc, 1998).

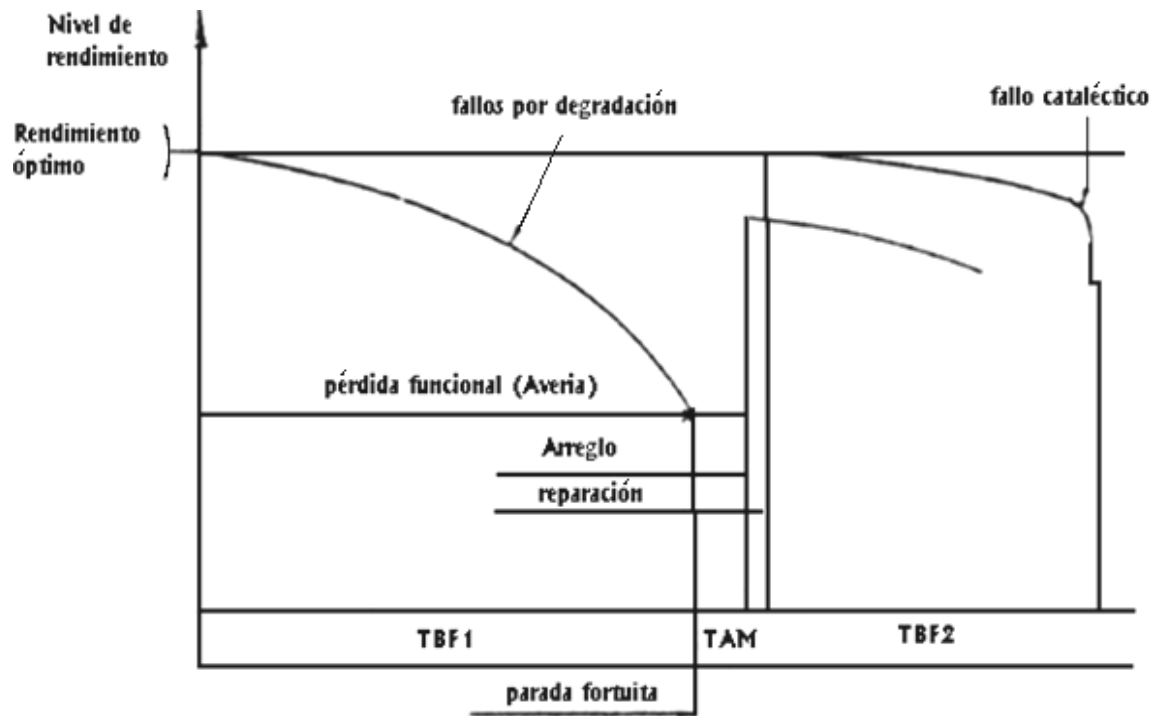
Es la corrección de las fallas o averías, desconoce el origen mismo de la falla pues ignora la falla por mal trato, por abandono, por desconocimiento o por desgaste natural (Souris, 1992).

La mayor parte de los ingenieros de mantenimiento están muy familiarizados con el mantenimiento por avería. Desde luego supone que se permite que el equipo siga en servicio hasta que no pueda desempeñar su función normal y el departamento de producción se vea obligado a llamar a los ingenieros de mantenimiento para rectificar el defecto. Una vez reparado el defecto los

ingenieros de mantenimiento no atienden de nuevo el equipo hasta que vuelva a tener algún fallo (Restrepo, y otros, 2007).

- Actividades del mantenimiento correctivo:
  - Detección del fallo.
  - Localización del fallo.
  - Desmontaje.
  - Recuperación o sustitución.
  - Montaje y pruebas.
  - Verificación.
- Desventaja:
  - Altos tiempos improductivos de los equipos.
  - Baja confiabilidad.
  - Bajo nivel de organización.
  - Tiene gran incidencia en los costos de mantenimiento.
  - Está basada en intervenciones rápidas y pasajeras.
- Procedimiento a seguir luego de una avería:
  - Realizar una inspección para determinar cuáles piezas han sido afectadas y cuales se necesitan cambiar.
  - Determinar el tiempo necesario para la reparación total o parcial.
  - Establecer la cantidad de operarios, medios y herramientas para repararla.
  - Gestionar repuestos.
  - Realizar la reparación, ajustar e inspeccionar (Gutierrez, 2006).

Figura 9. Curva de mantenimiento correctivo respecto las fallas



(Torres, 2005 pág. 124).

#### 1.4.2 Pre-averías

Son actividades programadas con anterioridad a las fallas o al desgaste normal de cada equipo, estas actividades inspeccionan, previenen y detectan posibles fallas insipientes y evitan aumentos en los tiempos de paro para la debida realización de mantenimiento.

- Mantenimiento preventivo: actividad humana desarrollada en equipos e instalaciones con el fin de garantizar que la calidad del servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos, reemplazando o restaurando el ítem o sus componentes a intervalos programados con la condición de no perder la calidad del satisfactorio que se está manufacturando (Dounce Villanueva, 2006).

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas. Este sistema requiere un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Implica la elaboración de un plan de inspecciones para los distintos equipos de la planta, a través de una buena programación, planificación, control y ejecución de actividades a fin de descubrir y corregir las deficiencias (Alpizar Villegas, 2005).

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos (Torres, 2005 pág. 130).

El mantenimiento preventivo surge de la necesidad de rebajar el mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir las reparaciones mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de elementos dañados. Consiste en programar revisiones de los equipos con base en la experiencia y los históricos obtenidos de la misma. Se confecciona un plan de mantenimiento por cada equipo donde se realizaran las acciones necesarias para prolongar su vida útil y aumentar su disponibilidad (Velez, y otros, 2007).

El centro de atención se traslada a la producción y se deja de lado la revisión de las máquinas. A continuación, se desarrolla el pensamiento, y se empieza a monitorear el estado de los artefactos y sus componentes, de ahí nacen el mantenimiento preventivo, y el predictivo como una solución a las paradas inesperadas de los equipos, que ocasionan retrasos imprevistos en la producción. Surgen entonces los primeros planes de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2005).

El mantenimiento preventivo se efectúa con ayuda de un sistema de control, que permita saber o poner en aviso cierta frecuencia de tiempo predeterminada para cambios, desmontes de conjuntos, revisiones, lubricaciones entre otros. La frecuencia de esta operación puede modificarse en función de las informaciones recibidas durante la operación de mantenimiento preventivo y las condiciones particulares de explotación (Souris, 1992).

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, etc. que deben llevarse a cabo en forma periódica con base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado – MPP. La característica principal de este mantenimiento es la de inspeccionar equipos, detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno (@Solomantenimiento, 2007).

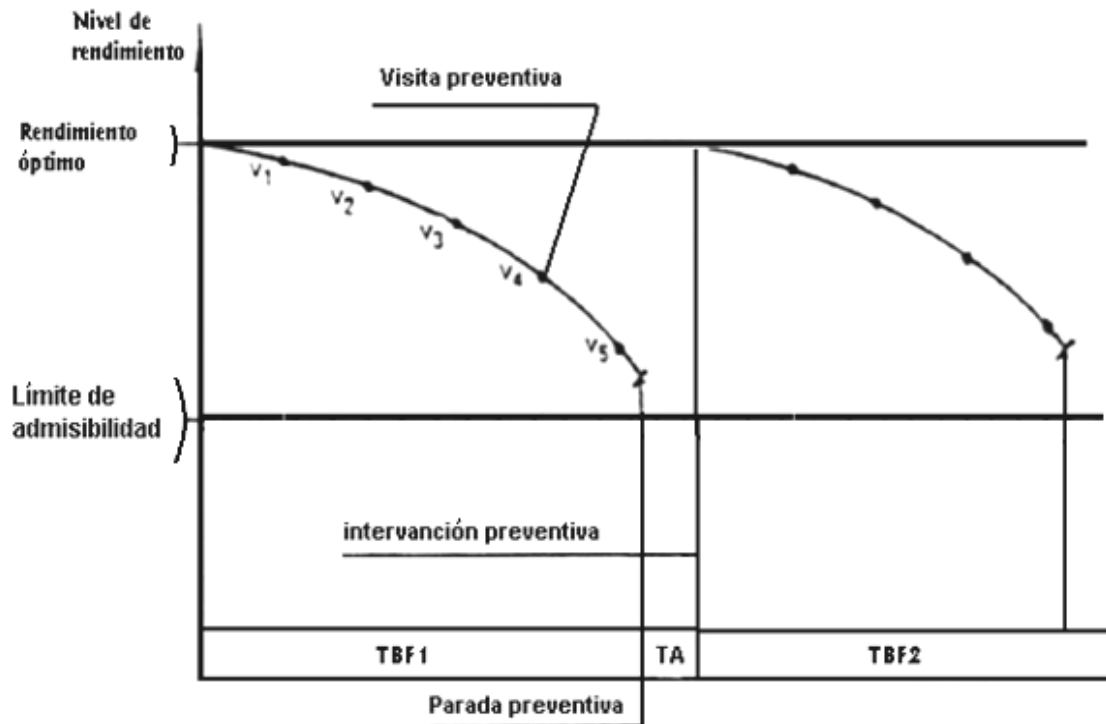
El mantenimiento preventivo es una acción periódica que tiene la particularidad de prever anticipadamente el deterioro, producto del uso y agotamiento de la vida útil de componentes, partes, piezas, materiales y en general, elementos que constituyen la infraestructura o la planta física, permitiendo su recuperación, restauración, renovación y operación continua, confiable, segura y económica, sin agregarle valor adicional al equipo a la hora de su venta (@Mineduc, 1998).

El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por mecánicos y operadores de mantenimiento. El primer objetivo es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como: cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites, lubricantes y ajustes (@Mantenimiento planificado, 2006).



- Actividades del mantenimiento preventivo
  - Selección de equipos críticos.
  - Codificación.
  - Patrón de medida (frecuencia): horas de funcionamiento, tiempo calendario y Ciclos de trabajo.
  - Kilómetros recorridos.
  - Definir límite de vida útil de los componentes.
  - Cambio oportuno de repuestos.
  
- Ventajas:
  - Evitar averías mayores como consecuencia de pequeños fallos.
  - Prepara herramientas y repuestos.
  - Aprovechar el momento más oportuno para realizar las reparaciones.
  - Disminuir la frecuencia de paros.
  - Operación más eficiente, segura y confiable.
  - Proyecta y transmite una imagen y conciencia de orden, disciplina y organización.
  - Genera economías en costos y presupuestos de operación, liberando recursos.
  
- Desventajas:
  - Genera economías en costos y presupuestos de operación, liberando recursos.
  - Tiempos improductivos en los equipos.
  - Costos por recambio de piezas (Gutierrez, 2006).

Figura 10. Curva de mantenimiento preventivo respecto de las fallas



(Torres, 2005 pág. 132).

- **Mantenimiento preventivo sistemático:** servicios de mantenimiento preventivo, donde cada equipo se detiene después de un período de funcionamiento, para que sean hechas mediciones, ajustes y si es necesario, cambio de piezas en función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa recomendaciones de los fabricantes (@Mantenimiento mundial, 2006).

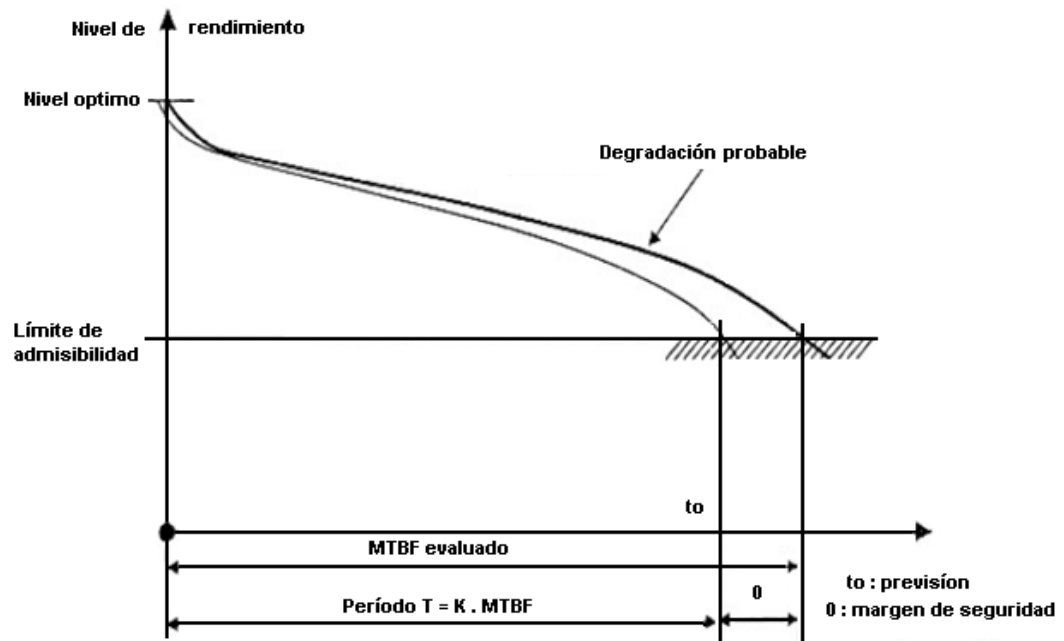
Mantenimiento sistemático es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas, este requiere un amplio conocimiento de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es necesario un conocimiento previo del comportamiento de los materiales (Torres, 2005 pág. 132).

Si adoptamos la definición de mantenimiento sistemático que recoge la norma AFNOR X60-010: Mantenimiento preventivo efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas. Se impone una intervención integral en todo el ámbito del equipo para prolongar en la medida la vida útil, esto se logra a través de un tiempo previamente establecido por el fabricante (Trabalón, 2005 pág. 22).

Se basa en establecer periodos para la sustitución de elementos de desgaste o débiles de cada máquina. Los periodos pueden ser diferentes y dados en: horas de uso, kilómetros, unidades producidas, semanas, meses, etc. En una primera etapa, los periodos se fijan atendiendo las recomendaciones de los fabricantes, pasado un tiempo prudente se modifican según las experiencias obtenidas por las averías (@Tecnica oleohidraulica, 2006).

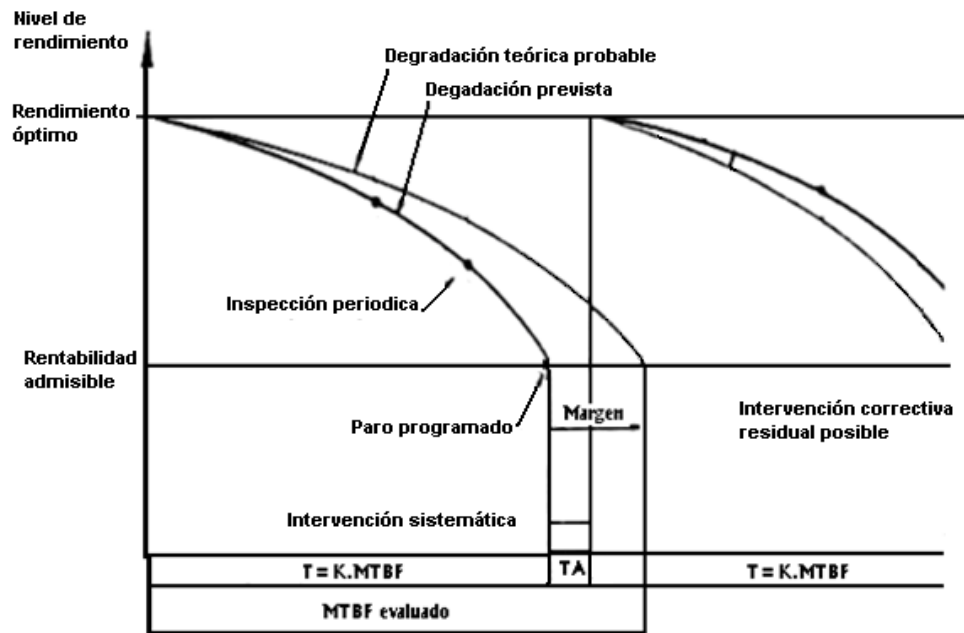
- Actividades del mantenimiento preventivo sistemático
  - Codificación.
  - Patrón de medida (frecuencia): horas de funcionamiento.
  - Definir límite de vida útil de los componentes.
  - Cambio oportuno de repuestos.
- Ventajas:
  - Reduce la frecuencia de averías
  - Programación de paros y de trabajos
  - Menor impacto en costo
  - No precisa de visitas técnicas
  - Mayor disponibilidad del equipo
  - Aumento de vida útil
  - Reducción de tiempos improductivos
  - Reducción de mantenimientos correctivos (Gutierrez, 2006).

Figura 11. Curva de mantenimiento sistemático y degradación probable



(Torres, 2005 pág. 133).

Figura 12. Curva de mantenimiento sistemático respecto de las fallas



(Torres, 2005 pág. 134).

- Mantenimiento predictivo: análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar el fallo antes de que este tenga consecuencias más graves (Dounce Villanueva, 2006).

El mantenimiento predictivo intenta predecir el comportamiento del elemento en forma que se tenga conocimiento del estado y la operación de los equipos mediante el control de diferentes variables (Navarro, y otros, 1997 pág. 35).

Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros en funcionamiento cuya evolución permite detectar una falla antes de que este tenga consecuencias más graves. Consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de las paradas, para así determinar en qué periodo de tiempo, esa falla va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que esa parada no tenga consecuencias graves (Torres, 2005 pág. 136).

El mantenimiento predictivo se puede definir como una herramienta de planeación de mantenimiento usada para determinar la necesidad de acciones correctivas de mantenimiento. Los datos obtenidos en un programa de mantenimiento predictivo, proporcionan información que permite aumentar capacidad de producción, calidad del producto y efectividad de la planta (Pulido, 2002).

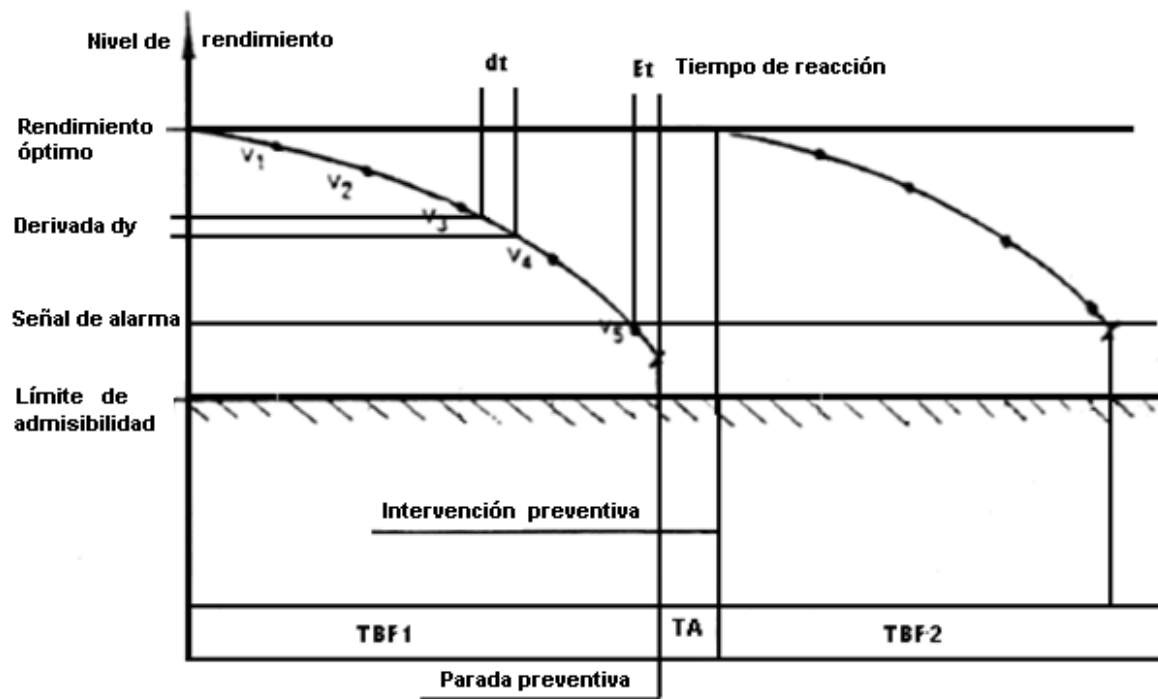
El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza (@Mantenimiento mundial, 2006).

Este detecta y predice fallas antes que se generen a través de la utilización de herramientas especializadas y manejo de indicadores. Con la implementación de un buen mantenimiento predictivo no es necesario parar la máquina para su mantenimiento, o estos son muy cortos y se logran eliminar completamente las

paradas inesperadas y con ello los tiempos improductivos (@Mantenimiento planificado, 2006).

- Tipo de actividades - Técnicas utilizadas sin la interrupción del equipo
  - Análisis de vibraciones
  - Inspección visual
  - Inspección acústica y al tacto
  - Control de temperaturas
  - Control de lubricantes
  - Detección de pérdidas
  - Monitoreo de vibraciones
  - Control de ruidos
  - Control de corrosión
  - Tomografía infrarroja
- Técnicas utilizadas con la interrupción del equipo
  - Chequeo de espesores
  - Líquidos penetrantes y partículas magnéticas
  - Análisis metalográficos
  - Análisis de aceites
  - Chequeo de corrientes y aislamiento
  - Monitoreo en línea de sistemas hidráulicos
- Ventajas
  - Reduce el tiempo de parada.
  - Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
  - Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
  - Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
  - Permite tomar decisiones inmediatas.
  - Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación (Gutierrez, 2006).

Figura 13. Curva de mantenimiento predictivo respecto de las fallas



(Torres, 2005 pág. 137).

## 1.5 CONCLUSIÓN

El mantenimiento es una actividad propia de la naturaleza del hombre, que ha evolucionado debido a la necesidad de mantener en óptimas condiciones los componentes constitutivos de un equipo en general. Esta actividad se fortaleció luego de la revolución industrial, época donde se impulsó la industrialización y se comenzaron a automatizar grandes procesos productivos, luego de la primera y segunda guerra mundial la importancia fue mayor hasta el punto de considerarla como una ingeniería (ingeniería del mantenimiento), hasta la fecha la importancia del mantenimiento es igual a la del proceso productivo, es por eso que en toda empresa manufacturera debe contar con esta actividad llamada mantenimiento, conformada por personas capacitadas que permiten solucionar de forma rápida y eficaz cualquier dificultad.

Hoy en día el área de mantenimiento está conformada por ingenieros y delegados que se encargan de planear e implementar nuevas estrategias competentes que mejoren el funcionamiento del departamento, además cuentan con personal capacitado en las diferentes áreas de producción normalmente constituidos por: mecánicos, soldadores, ayudantes, operarios, entre otros. Se ha tratado de abolir la presencia del personal que resuelve múltiples actividades, por su alto costo y su poca especialización, a cambio se contrata personal especialista que pueda dar fe y garantía del trabajo.

Existen diferentes clasificaciones de mantenimiento pero las más aceptadas son las divulgadas por la norma AFNOR 60010 y 60011. Donde clasifican al mantenimiento como antes y después de la avería o falla; antes de la avería es llamado preventivo que se divide en dos ramas sistemáticas y predictivo, luego de la avería es llamado correctivo y estos pueden ser reparaciones (programadas) o averías (no programadas); las programadas cuentan con el repuesto en el almacén y las no programadas es el paro inminente del equipo. Este último es el más usado en la industria por sus pocos requerimientos al momento de implementar.



## 2 MÉTODOS DE COSTEO EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Una empresa obtiene beneficios si vende sus productos a un precio que supere el costo de fabricación, distribución y mercadeo. Por este motivo, las dos principales preocupaciones de los empresarios son: ¿hasta qué precio pueden llegar? y ¿cómo pueden mantener los costos bajos?, para poder comprender cuál es el precio mínimo que una empresa puede fijar a su producto, es necesario analizar los costos y la forma de costeo en relación con área de mantenimiento y producción, sección del proceso que más valor agrega al producto terminado (Mendoza Castañon, y otros, 2007).

### 2.2 COSTOS EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de equipos, sino que debe tratar de disminuir los costos al realizar un mantenimiento efectivo, a través de la reducción de costos generados por mantener el recursos humano capacitado, almacenes y repuestos, con el fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento (De Bona, 1999).

El sector de mantenimiento en la planta o en la empresa puede ser considerado por algunos gerentes como un gasto, para otros como una inversión en la protección del equipo físico, y para algunos como un seguro de producción (Widman, 2008).

El costo de mantenimiento tiene en las reparaciones un componente -entre otros- del precio del producto, independientemente de la gestión del mantenimiento, por lo tanto siempre existirán gastos que se deben asumir. Los costos de

mantenimiento de un producto se sitúan entre el 5-12 % del total del valor en el producto terminado (Torres, 2005).

Existen dos pasos para controlar los gastos de mantenimiento. El primer paso es involucrar a todo el personal en el proceso. La explicación al personal se centra en el interés de obtener resultados, es necesario escuchar sus opiniones, sus participaciones normalmente darán un resultado positivo. El segundo paso es introducir procedimientos que realmente pueden determinar la durabilidad de reparaciones, repuestos, aceites y equipos de producción (Thayer Ojeda, 2008).

Es fácil recortar los gastos inmediatos de mantenimiento, ordenando el uso de aceites y repuestos baratos o solo rellenando piezas donde se debería reemplazarla con una nueva, pero a lo largo, éstas decisiones afectan la rentabilidad del equipo y posiblemente la producción de la empresa (Widman, 2008).

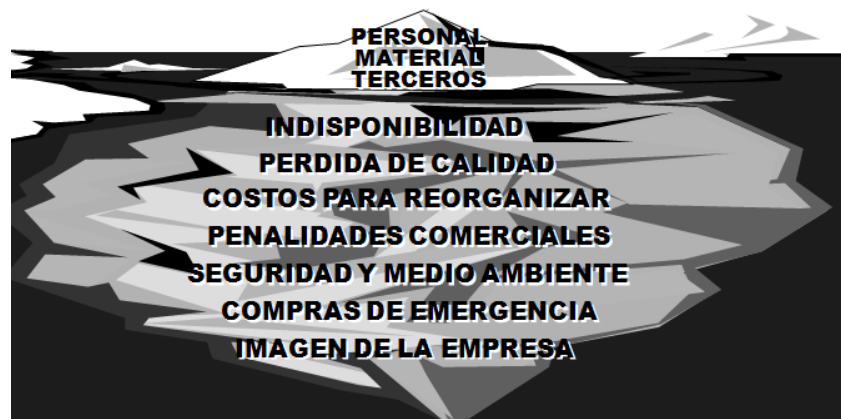
### 2.3 UTILIDAD DE LOS COSTOS EN EL MANTENIMIENTO

Los costos de mantenimiento son vistos normalmente como gastos, compuestos por: materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación, etc. Existen muchas utilidades dadas a los costos entre las que se encuentran:

- Los costos del área de mantenimiento proporcionan informes relativos que son utilizados para medir utilidad y evaluar inventario (estado de resultados y balance general).
- Los costos de mantenimiento ofrecen información para el control administrativo de operaciones y actividades de la empresa (informes de control).

- Los costos de mantenimiento proporcionan información a la administración para fundamentar la planeación y la toma de decisiones (análisis y estudios especiales).
- Los costos de mantenimiento sirven de base al área de producción y comercio para fijar precios de venta y establece políticas de comercialización.
- Los costos en el área de mantenimiento permiten realizar búsquedas de modelos existentes aplicables a un problema o el desarrollo de un nuevo modelo.
- Los costos de mantenimiento determinan los datos cuantitativos y cualitativos que son relevantes en el problema y analiza datos relativos a las alternativas.
- Los costos en función del mantenimiento permiten seleccionar e implantar una solución óptima que sea consistente con las metas de la gerencia (Rodas, y otros, 2006).

Figura 14. Algunos costos ocultos de mantenimiento



(Gutierrez, 2006).

## 2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS

Los sistemas de contabilidad de costos fracasan en muchas empresas al no satisfacer cabalmente a la gerencia con la información esperada, o se proporciona a los directivos una incorrecta información para la determinación del costo, es decir no se logra informar sobre los costos que realmente importan a las directivas. Una clasificación básica y adecuada de los sistemas de costeos en el área de mantenimiento son las siguientes:

### 2.4.1 Clasificación de los costos según la función que cumplen

La clasificación de los costos pueden ser realizados dependiendo el área y la función que cumplen entre las que se encuentran las siguientes:

- Costo de producción: son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación. Por ejemplo:
  - Costo de la materia prima y materiales que intervienen en el proceso productivo.
  - Sueldos y cargas sociales del personal de producción.
  - Depreciaciones del equipo productivo.
  - Costo de los servicios públicos que intervienen en el proceso productivo.
  - Costo de envases y embalajes.
  - Costos de almacenamiento, depósito y expedición.
  
- Costo de comercialización: es el costo que posibilita el proceso de venta de los bienes o servicios a los clientes. Por ejemplo:
  - Sueldos y cargas sociales del personal del área comercial.
  - Comisiones sobre ventas.

- Fletes, hasta el lugar de destino de la mercadería.
  - Seguros por el transporte de mercadería.
  - Promoción y publicidad.
  - Servicios técnicos y garantías de post-ventas.
- Costo de administración: son aquellos costos necesarios para la gestión del negocio. Por ejemplo:
    - Sueldos y cargas sociales del personal del área administrativa y general de la empresa.
    - Honorarios pagados por servicios profesionales.
    - Servicios públicos correspondientes al área administrativa.
    - Papelería e insumos propios de la administración.
- Costo de financiación: es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio. Por ejemplo:
    - Intereses pagados por préstamos.
    - Comisiones y otros gastos bancarios.
    - Impuestos derivados de las transacciones financieras (Gimenez, 1995).

#### 2.4.2 Clasificación de los costos según su grado de variabilidad

Esta clasificación es importante para la realización de estudios de planificación y control de operaciones. Está vinculado con las variaciones o no de los costos, según los niveles de actividad y se clasifican de la siguiente manera:

- Costos fijos: son aquellos costos cuyo valor permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no

la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa. Por ejemplo:

- Alquileres.
  - Amortizaciones o depreciaciones.
  - Seguros.
  - Impuestos fijos.
  - Servicios públicos (luz, gas, etc.).
  - Sueldo y cargas sociales de encargados, supervisores, gerentes, etc.
- 
- Costos variables: son aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por "producir" o "vender". Por ejemplo:
    - Mano de obra directa (a destajo, por producción o por tanto).
    - Materias primas directas.
    - Materiales e insumos directos.
    - Impuestos específicos.
    - Envases, embalajes y etiquetas.
    - Comisiones sobre ventas.
    - Intermediarios.
    - Marketing y otros planes promocionales.
    - Almacenamiento y transporte (@ABCpymes, 2008).

#### 2.4.3 Clasificación de los costos según su asignación

La clasificación de los costos puede ser asignar directamente a una unidad de producción y de su variabilidad, dependiendo de estos se pueden clasificar como:

- Costos directos: son aquellos costos que se asigna directamente a una unidad de producción. Por lo general se asimilan a los costos variables.

- Costos indirectos: son aquellos que no se pueden asignar directamente a un producto o servicio, sino que se distribuyen entre las diversas unidades productivas mediante algún criterio de reparto. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos (Perez Jaramillo, 2006).

#### 2.4.4 Clasificación de los costos según su comportamiento

Para la clasificación y análisis de los costos variables se parte de los valores unitarios para llegar a los valores totales, debido a esto se pueden clasificar como:

- Costo variable unitario: es el costo que se asigna directamente a cada unidad de producto. Comprende la unidad de cada materia prima o materiales utilizados para fabricar una unidad de producto terminado, así como la unidad de mano de obra directa, la unidad de envases y embalajes, la unidad de comisión por ventas, etc.
- Costo variable total: es el costo que resulta de multiplicar el costo variable unitario por la cantidad de productos fabricados o servicios vendidos en un período determinado; sea éste mensual, anual o cualquier otra periodicidad (Mayor Gamero, 2006).

Ecuación 4. La fórmula del costo variable total es la siguiente

$$\text{Costo variable total} = \text{Costo variable unitario} \times \text{cantidad}$$

(Backer, y otros, 1995).

En los costos fijos el proceso es inverso, se parte de los costos fijos totales para llegar a los costos fijos unitarios.

- Costo fijo total: es la suma de todos los costos fijos de la empresa. En otras palabras, se puede decir que los costos fijos total varían con el tiempo más que con la actividad.
- Costo fijo unitario: es el costo fijo total dividido por la cantidad de productos fabricados o servicios brindados.

Ecuación 5. Costo fijo unitario

$$\text{Costo fijo unitario} = \text{Costo fijo total} / \text{cantidad}$$

(Backer, y otros, 1995).

- Costo total: es la suma del costo variable más el costo fijo. Se puede expresar en valores unitarios o en valores totales.

Ecuación 6. Costo total unitario

$$\text{Costo total unitario} = \text{Costo variable unitario} + \text{Costo fijo}$$

(Backer, y otros, 1995).

Ecuación 7. Costo total

$$\text{Costo total} = \text{Costo variable total} + \text{costo fijo total}$$

(Backer, y otros, 1995).



#### 2.4.5 Costos Financieros

Los costos financieros referidos al mantenimiento son los que surgen tanto del valor de los repuestos como también las amortizaciones de las máquinas que se encuentran en reserva para asegurar la producción. Los costos del almacenamiento de los repuestos en el almacén, necesarios para poder realizar las reparaciones implican un desembolso de dinero para la empresa, que limita su liquidez. Si los repuestos son utilizados con cierta frecuencia nos encontramos con un costo financiero bajo, dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación (Torres, 2005).

#### 2.4.6 Costos de no disponibilidad por fallas

El costo por falla se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa tiene por causas relacionadas directamente con mantenimiento (Torres, 2005).

El valor que implica no poder utilizar una maquina debido a las reparaciones o modificaciones, causados por fallas imprevistas es el rubro más importante en los costos de mantenimiento y es el que probablemente menos atención se le presta en las empresas (Mora Gutiérrez, 2005).

Los costos de la no disponibilidad por falla se deben fundamentalmente a:

- Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad de la mano de obra como consecuencia de la realización de reparaciones por parte de mantenimiento.
- Pérdidas de energía por malas reparaciones o por no realizarlas.
- Rechazos de productos por falta de calidad adecuada.
- Producción perdida durante la reparación no programada.

- Contaminación del medio ambiente, debido a reparaciones realizadas en forma defectuosa o por no haberlas realizado, estas implican desembolsos importantes de dinero para la empresa.
- Averías que pongan en riesgo a las personas o a las instalaciones (Torres, 2005).

## 2.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Los costos relacionados con el mantenimiento correctivo (CTMC), están interconectados con los costos de los elementos necesarios para culminar la reparación con éxito. Se calculan a través de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 8. Costo total del mantenimiento correctivo

$$\text{CTMC} = \text{CDMC} + \text{CLC}$$

Donde:

CTMC = costo total del mantenimiento correctivo

CDMC = costo directo de mantenimiento correctivo

CLC = costo de lucro cesante

Ecuación 9. Costo directo de mantenimiento correctivo

$$\text{CDMC} = \text{MODM} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH}$$

Donde:

MODM = costo de la mano de obra del mantenimiento correctivo.

CR = costo de los repuestos a la hora de reparación.

CM = costo de materiales e insumos en la reparación.

CH = costo herramental para mantenimiento.

Ecuación 10. Costo de lucro cesante

$$\text{CLC} = \text{CO} + \text{CI} + \text{CDRP}$$

Donde:

CO = costo de oportunidad por hora.

CI = costo por incumplimiento.

CDRP = costo por deterioro de la producción (Torres, 2005).

## 2.6 COSTOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los costos del mantenimiento preventivo está compuesto por: costos de la mano de obra especializada en mantenimiento preventivo, costos de repuestos, costos de los materiales e insumos, costo de inventario y costo de oportunidad, entre otros. Se calculan a través de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 11. Costo directo del mantenimiento preventivo

$$\text{CDMP} = \text{MOMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} + \text{C stock} + \text{CO}$$

Donde:

MOMP = mano de obra de mantenimiento preventivo.

CR = costo de los repuestos cambiados.

CM = costos de los materiales o insumos.

CH = costo herramental para mantenimiento.

C stock = costo de mantener el inventario de los repuestos.

CO = costo de oportunidad por parada de mantenimiento preventivo (Torres, 2005).

## 2.7 COSTOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO

Estos costos están compuestos por los costos de mantenimiento preventivo y los costos del mantenimiento correctivo. Los costos de este tipo de mantenimiento se comportan en forma incremental a medida transcurre el tiempo, debido al envejecimiento normal del equipo. Contrario al mantenimiento correctivo este no realiza modificaciones al estado normal del equipo. Algunos costos asumidos por este tipo de mantenimiento se muestran las siguientes ecuaciones.

Ecuación 12. Costo total por mantenimiento preventivo sistemático

$$\text{CTMPS} = \text{CDMP} + \text{CMC}$$

Donde:

CDMP = costo directo del mantenimiento preventivo

CMC = costo por mantenimiento correctivo

Ecuación 13. Costo directo del mantenimiento preventivo

$$\text{CDMP} = \text{MOMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} + \text{C stock} + \text{CO}$$

Donde:

MOMP = mano de obra de mantenimiento preventivo.

CR = costo de los repuestos cambiados.

CM = costos de los materiales o insumos.

CH = costo herramental para mantenimiento.

C stock = costo de mantener el inventario de los repuestos.

CO = costo de oportunidad por parada de mantenimiento preventivo.

Ecuación 14. Costo de implementación de mantenimiento correctivo

$$\text{CMC} = \% \text{ CTMC}$$

Donde:

CMC = costo total de mantenimiento correctivo (Torres, 2005).

## 2.8 COSTOS EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo intenta predecir el comportamiento del elemento, en forma que se tenga conocimiento del estado y la operación de los equipos mediante el control de diferentes variables, para controlar estas variables es necesario utilizar herramientas especializadas. Algunos costos asumidos por este tipo de mantenimiento se muestran las siguientes ecuaciones:

Ecuación 15. Costo directo del mantenimiento predictivo

$$\text{CDMP} = \text{MOMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} + \text{C stock} + \text{CO}$$

Donde:

MOMP = mano de obra de mantenimiento predictivo.

CR = costo de los repuestos cambiados.

CM = costos de los materiales o insumos.

CH = costo herramental del ensayo no destructivo.

C stock = costo de mantener el inventario de los repuestos.

CO = costo de oportunidad por parada de mantenimiento predictivo (Torres, 2005).

## 2.9 CONCLUSIÓN

La actividad que denotamos como mantenimiento está restringida por los costos, dependiendo de los costos y las necesidades son ejecutadas las actividades más convenientes para la empresa. Es decir los costos son una limitante de importancia para el desarrollo del mantenimiento aún estando justificado.

El concepto costeo hace referencia a un sistema de información utilizado como indicador en diversas actividades, que muestra el desempeño de una gestión en particular, por otro lado, permite conocer en el tiempo el estado del equipo a través de los gasto en mantenimiento, es la herramientas preferida por los gerentes al momento de medir utilidad y evaluar inventario.

Existen diversas formas de costeo dependiendo del tipo de actividad, pero las que son de nuestro interés están relacionadas con el mantenimiento, algunos autores las clasifican de la siguiente manera: costos fijos, costos variables, costos financieros y costos por fallas.

Costos variables son los gastos en los que se incurre cuando aparecen las fallas o reparaciones no planeadas. Todas las acciones correctivas o modificativas no planeadas generan este tipo de costos, igual que en los costos fijos sus valores dependen de la mano de obra, materiales, repuestos e instrumentos de mantenimiento, que se usen para llevar a cabo las reparaciones o modificaciones a los equipos (Mora Gutiérrez, 2005).

Costos financieros aparecen al momento de realizar reparaciones que implican un desembolso de dinero inmediato por parte de la empresa que este limita su liquidez. El costo por falla se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa tiene por causas relacionadas con mantenimiento.

Si sumamos estos cuatro costos: fijos, variables, financieros y los que surgen por falla, obtendremos el costo total de mantenimiento, este costo nos dará una idea global de la gestión de mantenimiento (Torres, 2005).

Los costos del mantenimiento correctivo generalmente están constituido por costos directos e indirectos, estos generalmente exceden los costos del mantenimiento preventivo, cuando esto ocurre decimos que está justificado el uso del mantenimiento preventivo.

Los costos del mantenimiento correctivo no pueden estimarse con antelación, mientras que los costos del mantenimiento preventivos parten de una planificación. Entonces los costos del mantenimiento correctivo son variables y los del mantenimiento preventivo son fijos.

### 3 METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE UN MUESTREO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

La palabra estadística a menudo está relacionada con números organizados en grandes tablas, de volúmenes de cifras relativas a nacimientos, muertes, impuestos, poblaciones, ingresos, deudas, créditos y así sucesivamente. La estadística es mucho más que sólo números, es una ciencia con tanta antigüedad como la escritura, y es por sí misma auxiliar de todas las demás ciencias. Los mercados, la medicina, la ingeniería, los gobiernos, etc. (Huntsberger, 1983).

#### 3.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESTADÍSTICA

Los comienzos de la estadística pueden ser hallados en el antiguo Egipto, cuyos faraones lograron recopilar, hacia el año 3050 AC, datos relativos a la población y la riqueza del país. De acuerdo al historiador griego Heródoto, dicho registro de riqueza y población se hizo con el objetivo de preparar la construcción de las pirámides.

En el antiguo Israel la Biblia da referencias de los datos estadísticos obtenidos en dos recuentos de la población hebrea. También los chinos efectuaron censos hace más de cuarenta siglos. Los griegos efectuaron censos periódicamente con fines tributarios, sociales (división de tierras) y militares (cálculo de recursos y hombres disponibles). La investigación histórica revela que se realizaron 69 censos para calcular los impuestos, determinar los derechos de voto y ponderar la potencia guerrera (Ruiz Muñoz, 2008).

Pero fueron los romanos quienes mejor supieron emplear los recursos de la estadística. Cada cinco años realizaban un censo de la población y sus funcionarios públicos tenían la obligación de anotar nacimientos, defunciones y



matrimonios, sin olvidar los recuentos periódicos del ganado y de las riquezas contenidas en las tierras conquistadas.

Durante los mil años siguientes a la caída del imperio romano se realizaron muy pocas operaciones estadísticas, con la notable excepción de las relaciones de tierras pertenecientes a la iglesia. Durante el siglo IX se realizaron en Francia algunos censos parciales de siervos. En Inglaterra, Guillermo el Conquistador recopiló el "*Domesday Book*" o libro del gran catastro para el año 1086, un documento de la propiedad, extensión y valor de las tierras de Inglaterra (Freud, y otros, 1986).

Durante los siglos XV, XVI, y XVII, hombres como Leonardo de Vinci, Nicolás Copérnico, Galileo, Neper, William Harvey, Sir Francis Bacon y René Descartes, hicieron grandes operaciones al método científico, de tal forma que cuando se crearon los estados nacionales y surgió como fuerza el comercio internacional existía ya un método capaz de aplicarse a los datos económicos. Durante el siglo XVII y principios del XVIII, matemáticos como Bernoulli, Francis Maseres, Lagrange y Laplace desarrollaron la teoría de probabilidades. No obstante durante cierto tiempo, la teoría de las probabilidades limitó su aplicación a los juegos de azar y hasta el siglo XVIII no comenzó a aplicarse a los grandes problemas científicos (Hines, y otros, 1980).

Godofredo Achenwall, profesor de la Universidad de Gotinga, acuñó en 1760 la palabra estadística, que extrajo del término italiano statista (estadista), creía que los datos de la nueva ciencia serían el aliado más eficaz del gobernante consciente. Jacques Quételet es quien aplica las estadísticas a las ciencias sociales. Este interpretó la teoría de la probabilidad para su uso en las ciencias sociales y resolver la aplicación del principio de promedios y de la variabilidad a los fenómenos sociales. Quételet fue el primero en realizar la aplicación práctica de todo el método estadístico, entonces conocido, a las diversas ramas de la ciencia (Levin, 1988).

Entretanto, en el período del 1800 al 1820 se desarrollaron dos conceptos matemáticos fundamentales para la teoría Estadística; la teoría de los errores de observación, aportada por Laplace y Gauss; y la teoría de los mínimos cuadrados desarrollada por Laplace, Gauss y Legendre. A finales del siglo XIX, Sir Francis Gaston ideó el método conocido por Correlación, que tenía por objeto medir la influencia relativa de los factores sobre las variables. De aquí partió el desarrollo del coeficiente de correlación creado por Karl Pearson y otros cultivadores de la ciencia biométrica como J. Pease Norton, R. H. Hooker y G. Udny Yule, que efectuaron amplios estudios sobre la medida de las relaciones.

Los progresos más recientes en el campo de la estadística se refieren al ulterior desarrollo del cálculo de probabilidades, particularmente en la rama denominada indeterminismo o relatividad, se ha demostrado que el determinismo fue reconocido en la física como resultado de las investigaciones atómicas y que este principio se juzga aplicable tanto a las ciencias sociales como a las físicas (Ruiz Muñoz, 2008).

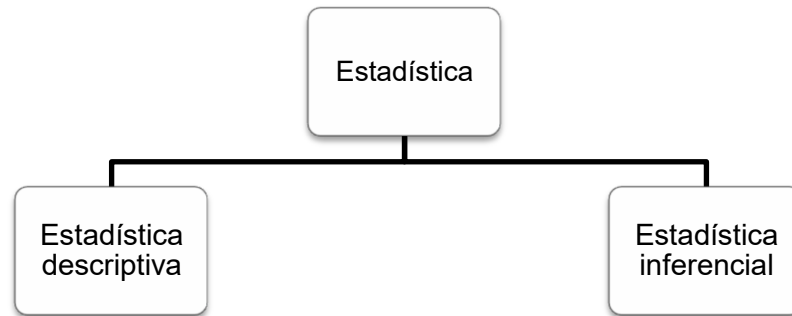
### 3.3 ¿QUÉ SE ENTIENDE ESTADÍSTICA?

Estadística es la ciencia de recolectar, organizar, presentar, analizar e interpretar datos con el propósito de ayudar a la toma de decisiones efectivas, es decir, trata de obtener información a partir de una observación incompleta de la realidad (@Ciencias y técnicas administrativas, 2008).

La estadística pasa a ser una ciencia básica cuyo objetivo principal es el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos, resumiéndolos en tablas, gráficos e indicadores, que permiten la fácil comprensión de las características concernientes al fenómeno estudiado (@Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2009).

La estadística para su mejor estudio se ha dividido en dos grandes ramas: estadística descriptiva y estadística inferencial.

Figura 15. División de la estadística



(Hines, y otros, 1980).

### 3.3.1 Estadística descriptiva

Consiste en la presentación de datos en forma de tablas y gráficas. Esta comprende cualquier actividad relacionada con datos y está diseñada para resumir o describir los mismos sin factores pertinentes adicionales; esto es, sin intentar inferir nada que vaya más allá de los datos como tales (Ruiz Muñoz, 2008).

Se dedica exclusivamente al ordenamiento y tratamiento mecánico de la información para su presentación por medio de tablas y representaciones gráficas, así como de la obtención de algunos parámetros útiles para la explicación de la información (Larios Osorio, 1999).

### 3.3.2 Estadística inferencial

Se deriva de muestras, de observaciones hechas sólo acerca de una parte de un conjunto numeroso de elementos y esto implica que su análisis requiere de generalizaciones que van más allá de los datos. Como consecuencia, la característica más importante del reciente crecimiento de la estadística ha sido un cambio en el énfasis de los métodos que describen a métodos que sirven para

hacer generalizaciones. La estadística inferencial investiga o analiza una población partiendo de una muestra tomada (Ruiz Muñoz, 2008).

### 3.4 ¿QUÉ ES UN MUESTREO?

Es un instrumento de recolección de datos con el fin de obtener información de un conjunto mayor, es decir, se toma la porción de un todo para darse una idea de ese todo. Muestreo es una parte representativa de la población seleccionada con el fin de obtener información relacionada con las características de dicha población (Cabrejos Doig, 1987).

El muestreo es un proceso por medio del cual se seleccionan probabilísticamente elementos de un universo con la finalidad de estimar, con un determinado grado de precisión, algunas características del universo en su totalidad (Gallardo, y otros, 1999).

Es una herramienta de la investigación científica, su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. El error que se comete debido al hecho de que se obtienen conclusiones sobre cierta realidad a partir de la observación de sólo una parte de ella, se denomina error de muestreo. Obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos (Mira Solves, y otros, 1997).

En estadística se conoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población. Al elegir una muestra se espera que sus propiedades sean extrapolables a la población. En el muestreo, el tamaño de la muestra es más pequeño que el tamaño de la población. Al conjunto de muestras que se pueden obtener de la población se denomina espacio muestral. La variable que asocia a cada muestra su probabilidad de extracción, sigue la llamada distribución muestral (@Gunic, 2007).

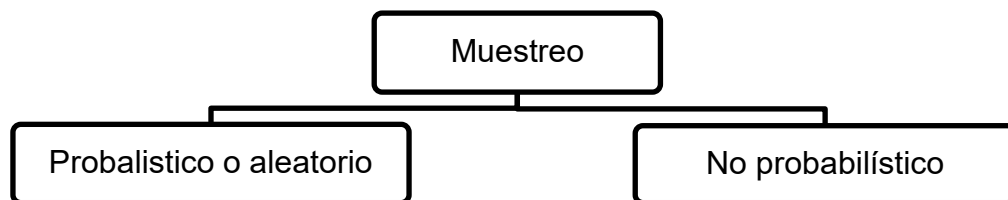
Para describir el proceso del muestreo, se debe utilizar una terminología precisa que facilitan la comprensión de algunas partes de estos temas:

- Población o universo: es el grupo de individuos del que se pretende obtener información.
- Elemento de la población: a menudo, la población no es accesible en su totalidad, y deberemos trabajar sólo sobre una parte de ella. Por tanto el elemento de la población será de donde se obtiene la muestra.
- Marco de la encuesta: es el listado de los individuos de la población.
- Unidad de la encuesta: es cada individuo de la población estudiada (animales, granjas, municipios, etc.). Según el tipo de muestreo se puede diferenciar entre unidades primarias, secundarias, etc.
- Fracción de la encuesta: es la proporción de individuos de la población estudiada que forma parte de la muestra.
- Sesgo: son los errores sistemáticos (diferentes de los errores de estimación) (Casal, y otros, 2003).

### 3.5 TIPOS DE MUESTREO

El muestreo abarca distintos procedimientos para extraer muestras de poblaciones con el objeto de conocer sus características, dependiendo de la metodología seleccionada y de las características de la población, es posible estudiar más acertadamente el comportamiento general de la población, para ello el muestreo se divide en dos partes, una probabilística o aleatorio y el no probabilístico.

Figura 16. Tipos de muestreo



(Suárez Martínez, 2008).

### 3.5.1 Muestreo probabilístico

Es donde cada unidad tiene una probabilidad conocida de ser incluida en la muestra y las unidades muestrales son seleccionadas al azar. Los diferentes tipos de muestreo probabilístico son mostrados en la siguiente figura.

Figura 17. Tipos de muestreo probabilístico

Muestreo probalístico o aleatorio				
Muestreo simple	Muestreo sistemático	Muestreo estratificado	Muestreo por conglomerados	Muestreo por áreas

(Cabrejos Doig, 1987).

Los elementos de la muestra se toman aleatoriamente de la población y con probabilidades conocidas. Con este tipo de muestras es que se posibilita llevar a cabo los objetivos de la inferencia estadística. Permite medir en términos de probabilidades el riesgo de efectuar inferencias erróneas (Suárez Martínez, 2008).

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y,

consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser elegidas. Sólo estos métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por tanto, los más recomendables (Mira Solves, y otros, 1997).

Muestreo donde cada elemento del universo tiene una probabilidad conocida de formar parte de la muestra, además los componentes de la muestra son elegidos al azar. Los componentes de la muestra entran a formar parte de la misma independientemente de la voluntad del investigador y es científica permite acorta el error y medir la confianza para obtener buenas estimaciones (@Scscribd, 2008).

Entre lo modelos a utilizar se encuentran los siguientes: aleatorio simple, aleatorio sistemático, estratificado, por conglomerados, polietálico y por ruta aleatoria.

- Muestreo simple al azar: se selecciona una muestra de tamaño  $X$  de una población de  $N$  unidades, cada elemento tiene una probabilidad de inclusión igual y conocida de  $X/N$ . Cuando se trabaja con muestras pequeñas es posible que no represente a la población adecuadamente. Requiere que se posea de antemano un listado completo de toda la población. Cuando se trabaja con muestras pequeñas es posible que no represente a la población adecuadamente (Casal, y otros, 2003).

Muestreo en el que todas las muestras tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas y en el que las unidades obtenidas a lo largo del muestreo se devuelven a la población. Muestreo en el que la muestra aleatoria está formada por  $n$  variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas a la variable aleatoria poblacional. Sinónimo de muestreo aleatorio con reemplazo (@ICM.CSIC, 2008).

Todos los miembros de la población tienen por tener la misma probabilidad de ser elegido en la muestra, una lista exhaustiva de miembros de la población

(elementos o individuos), y de seleccionar tanto el tamaño definido de la muestra por medio un procedimiento que asegure la equis-probabilidad (Mendoza Castañon, y otros, 2007).

- Muestreo sistemático: en el que se elige un individuo al azar y a partir de él, a intervalos constantes, se eligen los demás hasta completar la muestra (Suárez Martínez, 2008).

Consiste en dividir el número total de elementos de la población ( $N$ ) por el de la muestra ( $n$ ), y así determinar cada cuantos elementos de la población se debe elegir uno para componer la muestra (coeficiente de elevación), eligiendo el primero al azar entre 1 y el numero resultante, y al resto le sumamos sucesivamente dicho coeficiente (@Scscribd, 2008).

Cociente del tamaño de la muestra  $n$  por el de la población  $N$ , en el muestreo de poblaciones finitas, que generalmente se representa por  $f$  (Huntsberger, 1983).

- Muestreo estratificado: se divide la población en grupos en función de un carácter determinado y después se muestrea cada grupo aleatoriamente, para obtener la parte proporcional de la muestra. Este método se aplica para evitar que por azar algún grupo este menos representado que los otros (Casal, y otros, 2003).

Aplicable cuando la población puede dividirse en clases o estratos (sexo, edad, clase social, estudio, etc.) y se requiere fijar de alguna forma (afijación) la representación en la muestra.

- Fijación simple
- Fijación proporcional
- Fijación óptima (Freud, y otros, 1986).



Una vez calculado el tamaño muestral apropiado, este se reparte de manera proporcional entre los distintos estratos definidos en la población usando una simple regla de tres. Se caracteriza por: tender a asegurar que la muestra represente adecuadamente a la población en función de unas variables seleccionadas, obtener estimaciones más precisa y conseguir una muestra lo más semejante posible a la población en lo que a la o las variables estratificadas (Mira Solves, y otros, 1997).

En él se divide la población en clases o estratos y se escoge, aleatoriamente, un número de individuos de cada estrato proporcional al número de componentes de cada estrato (Suárez Martínez, 2008).

- Muestreo por conglomerados: se divide la población en varios grupos de características parecidas entre ellos y luego se analizan completamente algunos de los grupos, descartando los demás. Dentro de cada conglomerado existe una variación importante, pero los distintos conglomerados son parecidos. Requiere una muestra más grande, pero suele simplificar la recogida de muestras. Frecuentemente los conglomerados se aplican a zonas geográficas (Huntsberger, 1983).

Se realizan varias fases de muestreo sucesivas (polietápico). La necesidad de listados de las unidades de una etapa se limita a aquellas unidades de muestreo seleccionadas en la etapa anterior. Es muy eficiente cuando la población es muy grande y dispersa. No es preciso tener un listado de toda la población, sólo de las unidades primarias de muestreo. El error estándar es mayor que en el muestreo aleatorio simple o estratificado y el cálculo del error estándar es complejo (Casal, y otros, 2003).

Se elige al azar en etapas sucesivas el elemento mayor en la población hasta llegar a la unidad primaria. Son grupos o conglomerados donde se seleccionan los

elementos finales, como es el caso de un país, ciudad, comunidad, barrio, calle, etc (Mira Solves, y otros, 1997).

- Muestreo polietápico: realización del muestro en dos o mas etapas, implica extraer muestras menores sobre muestras mayores en etapas sucesivas, hasta conseguir la representación de los elementos poblacionales que interesa investigar (Hines, y otros, 1980).

Se utiliza cuando la población es muy heterogénea. Para seleccionar una muestra de una población se va dividiendo dicha población de forma sucesiva conforme algún criterio determinado con anterioridad. De las partes que resultaron de la primera división se eligen algunas por muestreo aleatorio simple. A su vez estas partes se subdividen en otras y de ellas se vuelve a seleccionar algunas, también por muestreo aleatorio simple (Freud, y otros, 1986).

- Muestreo por rutas aleatorias: la selección de los miembros de la muestra se realiza como parte del trabajo de campo. Establecida un área de muestreo, se define un punto de partida, sobre el que se aplica una ruta predefinida en la que se van seleccionando los miembros de la muestra con arreglo aun procedimiento heurístico. Busca asegurar una cobertura geográfica de muestra o suplir la falta de censo (@Sccribd, 2008).

### 3.5.2 Muestreo no probabilístico

Las unidades muestrales no tiene probabilidad conocida de ser incluida en la muestra, ni son seleccionadas al azar, sino de acuerdo con los dictámenes del investigadores. Los diferentes tipos de muestreo no probabilístico son mostrados en la siguiente figura.

Figura 18. Tipos de muestreo no probabilístico

Muestreo no probalístico		
Muestreo por conveniencia	Muestreo según criterios	Muestreo por cuotas

(Cabrejos Doig, 1987).

Los elementos de la muestra son seleccionados por procedimientos al azar ó con probabilidades conocidas de seleccón. Por lo tanto es imposible determinar el grado de representatividad de la muestra (Aceituno Juárez, 2006).

Muestreo en el que no se conoce la probabilidad de que un elemento de la población sea incluido en la muestra, y se basa en un juicio subjetivo. De todas formas puede ser interesante por su menor coste y mayor rapidez. Hay tres tipos principales: por conveniencia, por selección y por cuotas. También se le llama muestreo razonado (Freud, y otros, 1986).

- Muestreo por juicio o conveniencia: el investigador toma la muestra seleccionado los elementos que a él le parecen representativos o típicos de la población, por lo que depende del criterio del investigador (Casal, y otros, 2003).

Una muestra es llamada muestra de juicio cuando sus elementos son seleccionados mediante juicio personal. La persona que selecciona los elementos de la muestra, usualmente es un experto en la medida dada. Una muestra de juicio es llamada una muestra probabilística, puesto que este método está basado en los puntos de vista subjetivos de una persona y la teoría de la probabilidad no puede ser empleada para medir el error de muestreo, las principales ventajas de una muestra de juicio son la facilidad de obtenerla y que el costo usualmente es bajo (Rodas, y otros, 2006).

- Muestreo por cuotas: es la técnica más difundida sobre todo en estudios de mercado y sondeos de opinión. En primer lugar es necesario dividir la población de referencia en varios estratos definidos por algunas variables de distribución conocida (como el género o la edad). Posteriormente se calcula el peso proporcional de cada estrato, es decir, la parte proporcional de población que representan. Finalmente se multiplica cada peso por el tamaño de  $n$  de la muestra para determinar la cuota precisa en cada estrato. Se diferencia del muestreo estratificado en que una vez determinada la cuota, el investigador es libre de elegir a los sujetos de la muestra dentro de cada estrato (@Gunic, 2007).

Se utiliza en estudios de opinión de mercado. Los enumeradores, reciben instrucciones de obtener cuotas específicas a partir de las cuales se constituye una muestra relativamente proporcional a la población (Aceituno Juárez, 2006).

- Muestreo según criterio: en este caso las unidades de la muestra se eligen en función de algunas de sus características de manera racional y no casual. Una variante de esta técnica es el muestreo compensado o equilibrado, en el que se seleccionan las unidades de tal forma que la media de la muestra para determinadas variables se acerque a la media de la población (Hines, y otros, 1980).

### 3.6 RAZONES PARA EMPLEAR EL MUESTREO

El muestreo puede ser mas preciso debido a que el volumen de trabajadores se reduce, permitiendo que las anteriores actividades se desarrollen de manera más eficiente. Todo esto hace que se disminuyan las posibilidades de incurrir en errores (Hines, y otros, 1980).

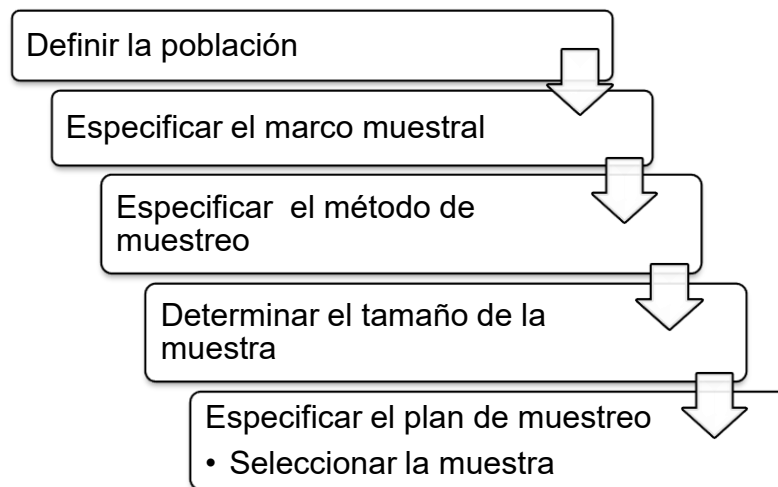
El muestreo en general es un proceso confiable y rápido que permite saber predecir el comportamiento de una población analizando una pequeña parte. Algunas de las ventajas de implementar un muestreo estratificado son:

- Costos reducidos.
- Cuando se requiere información no disponible en fuentes secundarias o dicha información es poco confiable.
- El tamaño de la población es elevado y de difícil acceso.
- El error muestral y no muestral de la muestra es inferior al error no muestral de un censo (Cabrejos Doig, 1987).
- Mayor rapidez para obtener resultados.
- Mayor exactitud o mejor calidad de la información debido a los siguientes factores:
  - Volumen de trabajo reducido.
  - Puede existir mayor supervisión en el trabajo.
  - Se puede dar más entrenamiento al personal.
  - Menor probabilidad de cometer errores durante el procesamiento de la información.
- Factibilidad de hacer el estudio cuando la toma de datos implica técnicas destructivas, por ejemplo:
  - Pruebas de germinación.
  - Análisis de sangre.
  - Control de calidad (Aceituno Juárez, 2006).

### 3.7 PROCESO REGULAR DE MUESTREO

El proceso de muestreo sugerido para obtener una muestra consta de seis etapas y es ilustrada en la siguiente figura.

Figura 19. Etapas del proceso de muestreo



(Cabrejos Doig, 1987).

- Definir la población: es de donde se extraerá la muestra, en términos de: elemento muestral, unidad muestral, extensión y tiempo. Es decir, que en cuanto se define una población, se debe verificar si en ella se está haciendo alusión a los elementos antes mencionados.
  - Elemento muestral: es el ente viviente o no, del cual se busca obtener información.
  - Unidad muestral: es la unidad básica que contiene a uno o más elementos de la población que va a ser encuestada.
  - Extensión: territorio geográfico, político o económico.
  - Tiempo: hace referencia al día, mes y año.

- Especificar el marco muestral: es el medio que va a servir para representar o describir las unidades muestrales que conforman la población y de donde se seleccionara la muestra. Se dice que un marco muestra es perfecto cuando en el están representadas todas y cada una de las unidades muestrales. Ejemplo: la lista de un salón de clases.
- Especificar el método para seleccionar las unidades muestrales: en esta fase se precisa el procedimiento que se seguirá para seleccionar las unidades muestrales. Es decir, las unidades muestrales pueden ser seleccionadas en una variedad de maneras. Los procedimientos pueden ser agrupados en dos grandes clases de métodos de muestreo: muestreo probabilístico y muestreo no probabilístico.
- Definir tamaño de la muestra: esta etapa define el numero de elementos muestrales que harán parte de la muestra
- Especificar plan de muestreo: aquí se entra a especificar los procedimientos operacionales para la selección de las unidades muestrales.
- Selección de la muestra: comprende toda labor de campo desarrollada para contactar a los elementos muestrales y obtener de ellos los datos.

### 3.8 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Antes de definir el tamaño de la muestra el investigador debe de aclarar las variables que analizara, el diseño muestral y el error que está dispuesto a aceptar para las estimaciones o decisiones que tome a partir de los resultados encontrados en la muestra (Aceituno Juárez, 2006).

A continuación se presentan unas observaciones de orden práctico y teórico validas al momento de desarrollar un muestreo.

- El investigador debe conocer lo que se ha hecho en otros estudios similares.
- Debe de tener en cuenta los recursos económicos con que cuenta.
- Debe conocer el sector o población que pretende analizar.

Existen varias maneras de determinar el tamaño de una muestra cada una depende del tipo de muestreo a utilizar. Para objeto de este trabajo se utilizará un muestreo aleatorio simple, el cual es posible calcularlo de la siguiente manera.

Ecuación 16. Tamaño de una muestra  $n$  en una población infinita

$$n = \frac{Z^2 * S^2}{d^2}$$

(Gallardo, y otros, 1999).

Donde:

$n$ = Tamaño de una muestra en una población infinita

$d$ = Precisión

$Z$ = Nivel de confianza

$S$ = Desviación estándar estimada

Ecuación 17. Tamaño de una muestra  $n$  en una población finita

$$n = \frac{N * Z^2 * S^2}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * S^2}$$

(Gallardo, y otros, 1999).

Donde:

$n$ = Tamaño de una muestra en una población infinita

$N$ = Población base

$Z$ = Nivel de confianza



S= Desviación estándar estimada

d= Precisión

En el cual Z es el valor correspondiente al nivel de confianza y se obtiene de las tablas de la distribución normal.

Para el nivel de confianza de 90%  $Z = 1.64$

Para el nivel de confianza de 95%  $Z = 1.96$

Para el nivel de confianza de 99%  $Z = 2.58$  (Gallardo, y otros, 1999).

### 3.8.1 Tamaño de una muestra aleatoria simple en el sector manufacturero

La ciudad de Medellín cuenta según fuentes de la cámara de comercio con 212 industrias manufactureras medianas y 103 industrias manufactureras grandes reportadas en el año 2008. A partir de este dato hallar el tamaño de una muestra finita e infinita, si se quiere un nivel de confianza de 95%, una precisión de 10E7 de pesos y desviación estándar estimada de 25 E7 de pesos.

Para calcular el tamaño de una muestra aleatoria simple es necesario aplicar las ecuaciones 16 y 17 de la página anterior.

Ecuación 18. Muestra  $n$  en una población infinita

$$n_{inf} = \frac{1.96^2 * 25e7^2}{10e7^2}$$

Ecuación 19. Muestra  $n$  en una población finita

$$n_{fin} = \frac{315 * 1.96^2 * 25e7^2}{10e7^2 * (315 - 1) + 1.96^2 * 25e7^2}$$

Tabla 1.Tabla de resultados

Población base	N	315
Porcentaje de error	%	5%
Nivel de confianza	Z	1,96
Precisión	d	100000000
Desviación estándar estimada	S	250000000

n infinita	24
------------	----

n finita	22,4
----------	------

### 3.9 DESARROLLO DE LA ENCUESTA

La encuesta realiza preguntas sobre la utilización de los indicadores y costos en la gestión del mantenimiento, pero es objeto de este proyecto solo la parte de costos en la gestión del mantenimiento debido a que la parte de los indicadores será objeto de estudio de un proyecto adicional.

Las preguntas de la encuesta se encuentran en el anexo. Ver anexo A.

### 3.10 CONCLUSIÓN

La estadística es una ciencia con base matemática referente a la recolección, análisis e interpretación de datos utilizada para representar el comportamiento de una población (actividades económicas, nacimientos, muertes, tendencias etcétera.). Es decir, todo aquello que pueda ser medido puede ser uso de la estadística. Hacemos uso de esta herramienta en poblaciones grandes que no

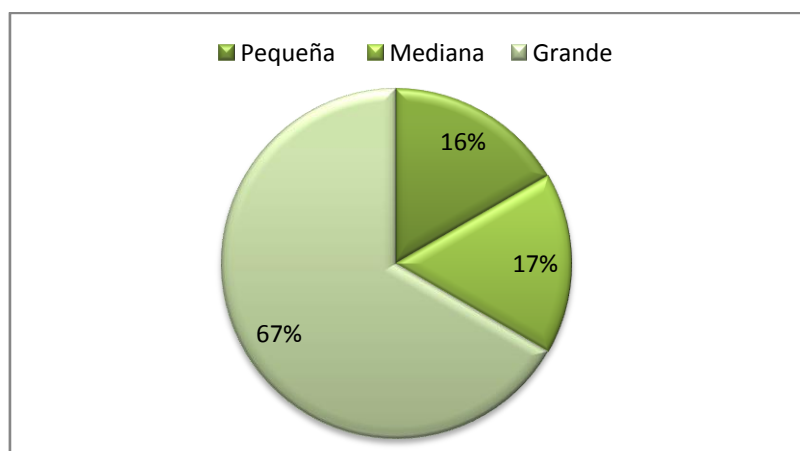
pueden ser estudiadas en su integridad por costos, falta de personal o por que es difícil acceder a ellos. Hecho el estudio y si se obtienen resultados solamente de una parte de ésta, es por que estamos implementado un muestreo. Existen diferentes tipos de muestreo: aleatorio, sistemático, por conglomerados, estratificado y por áreas. El tipo de muestreo más importante es el muestreo aleatorio simple, es en el que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser extraídos; Aunque dependiendo del problema y con el objetivo de reducir los costes o aumentar la precisión es posible utiliza el estratificado.

Antes de realizar un muestreo es necesario establecer la población base a la cual se le va a realizar dicho estudio, es aquí donde a menudo suceden algunos casos de error debido a que la muestra resulta infructuosa al no poder alcanzar la cantidad mínima necesaria, fallan las medidas, o los entrevistados rechazan cooperar etc. El método normal es entonces sobredimensionar la muestra levemente, y después se olvida simplemente los casos que fallan.

#### 4 RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS EMPRESAS A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

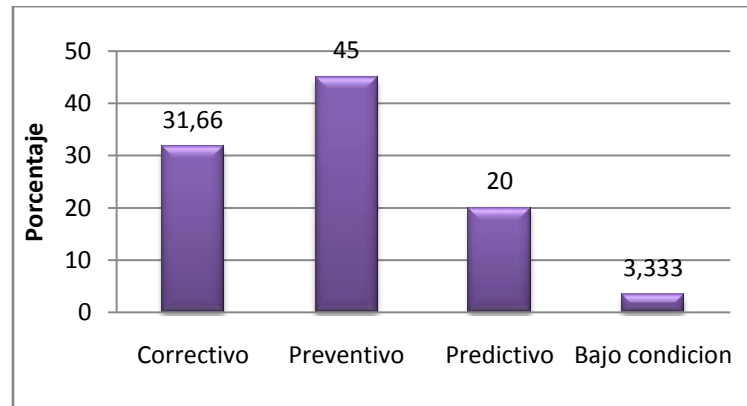
A continuación se muestran varias figuras que representan las respuestas de los departamentos de mantenimiento de las empresas que participaron en la investigación. Luego de varios esfuerzos por contactar, esperar e insistir los resultados obtenidos del estudio estadístico acerca de la gestión de costos en el área de mantenimiento en las empresas manufactureras en el Valle de a Aburrá son los siguientes:

Figura 20. Clasificación de las empresas encuestadas por tamaño



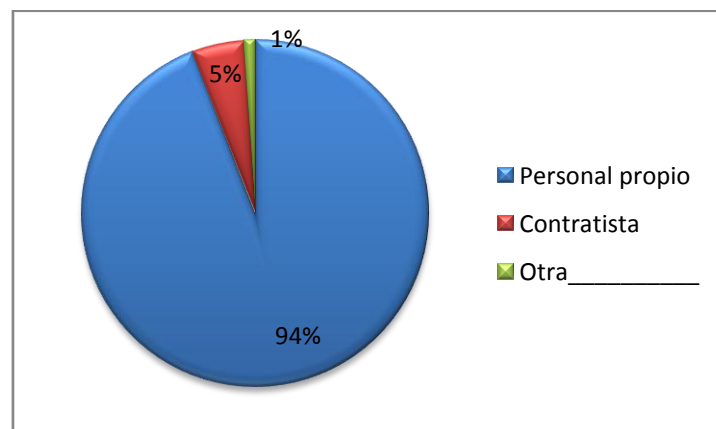
Del total de 30 empresas encuestadas se obtuvieron 20 empresas grandes, 5 medianas y 5 pequeñas. Como lo muestra la encuesta el tamaño es según el número de trabajadores que esta posee en la actualidad.

Figura 21. Tipos y porcentaje de mantenimiento realizados en las empresas



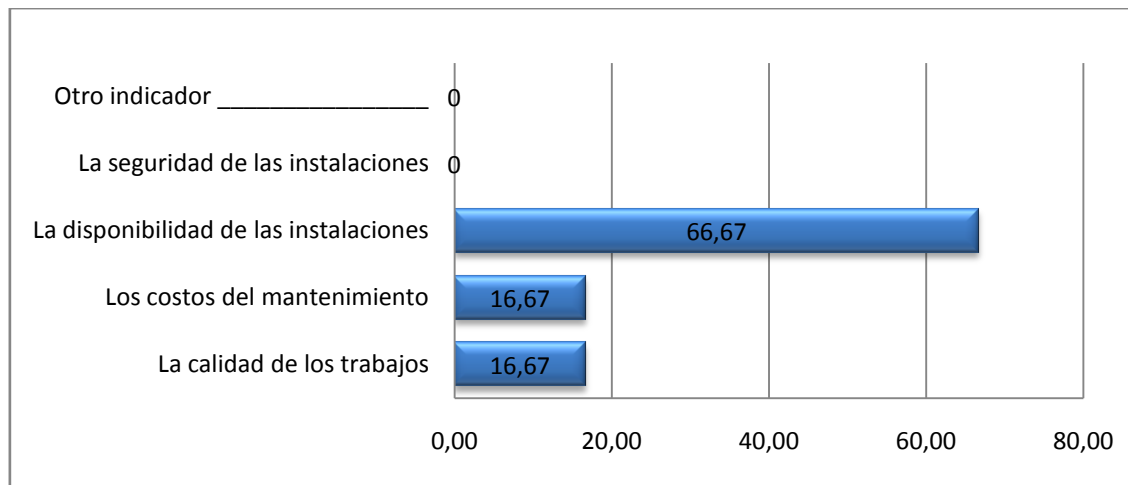
La grafica muestra los tipos de mantenimiento realizados en las empresas donde el mantenimiento preventivo representa el 45% de las actividades realizadas en las empresas manufactureras del Valle de a Aburrá, además muestra que a pesar de que en el sector existen empresas pequeñas estas también implementan un mantenimiento preventivo y predictivo significativo.

Figura 22. El personal empleado en la ejecución del mantenimiento



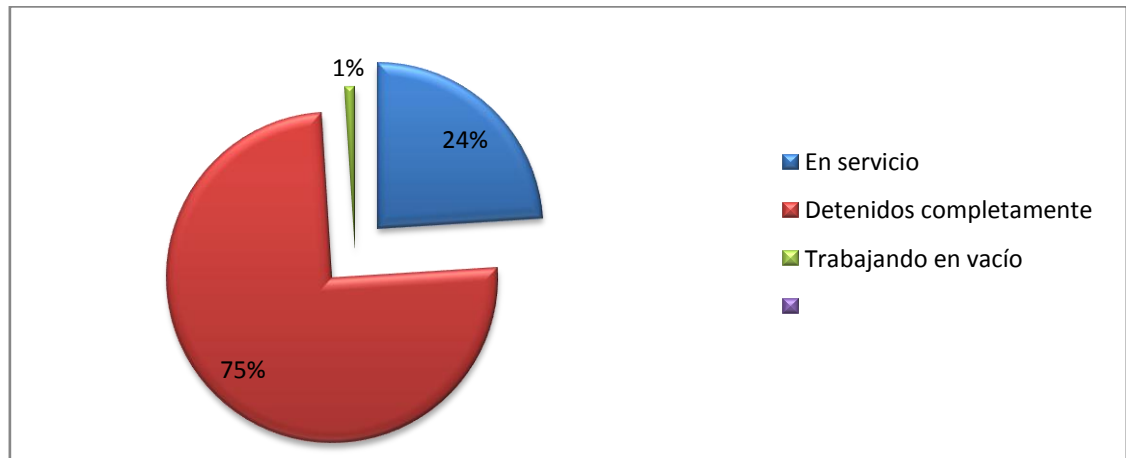
La mayoría de las actividades que se desarrollan en el área de mantenimiento son ejecutadas por el personal propio, el uso de contratistas u otros representan no más del 6%.

Figura 23. La variable principal del mantenimiento en su empresa



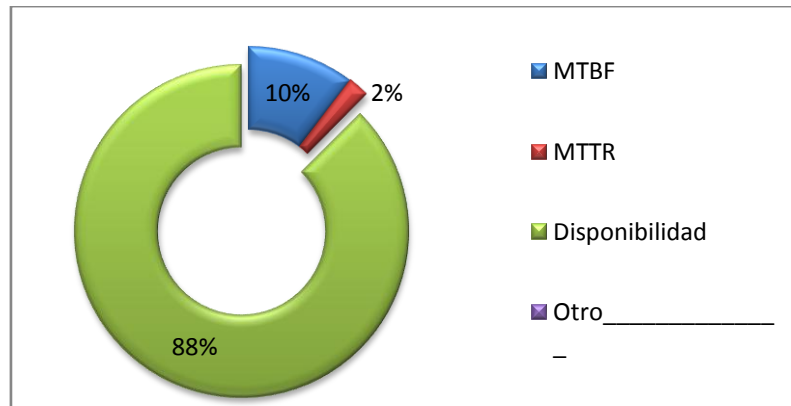
Para el departamento de mantenimiento la disponibilidad de los equipos es su prioridad representa aproximadamente un 67 %, mientras que los costos y calidad representan el 33% restante.

Figura 24. Requerimiento de los equipos para la realización del mantenimiento



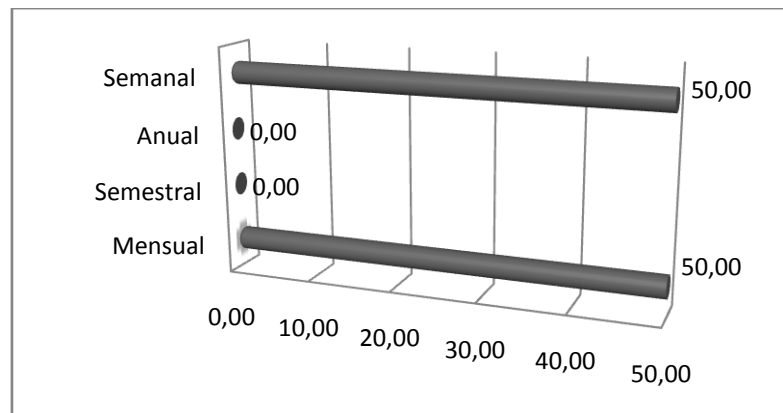
Los equipos utilizados por el departamento de mantenimiento el 75% necesita estar detenido completamente, esto reduce el índice de accidente o lesión que incapacite al personal de trabajo.

Figura 25. Indicador anual de gestión utilizado por la empresa



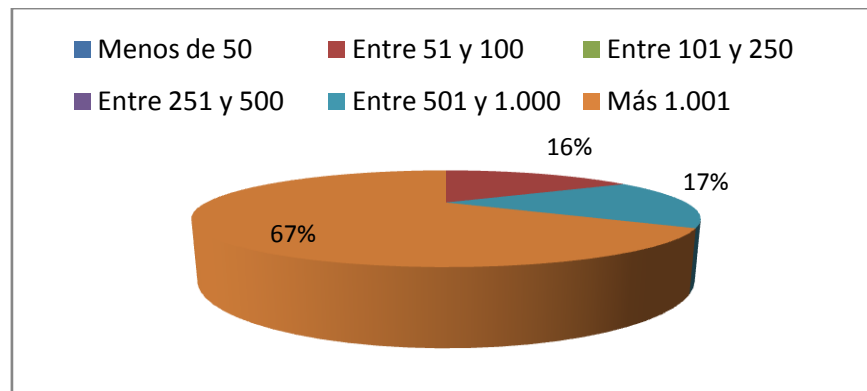
El indicador anual de gestión utilizado por las empresas manufactureras es la disponibilidad representando un 88% del total utilizado.

Figura 26. Frecuencia de seguimiento de los indicadores



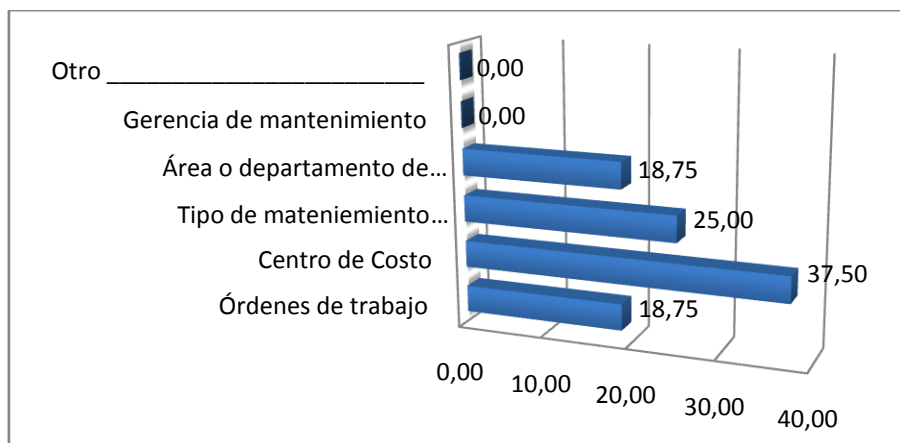
La frecuencia de seguimiento de los indicadores se produce en lapso cortos de tiempo, es decir se realizan en 50% semana y 50% mensual.

Figura 27. Costo anual aproximado del mantenimiento en la empresa



El 67 % de los departamentos de mantenimiento de las diferentes empresas consumen más de mil millones anualmente en actividades relacionadas con el mantenimiento.

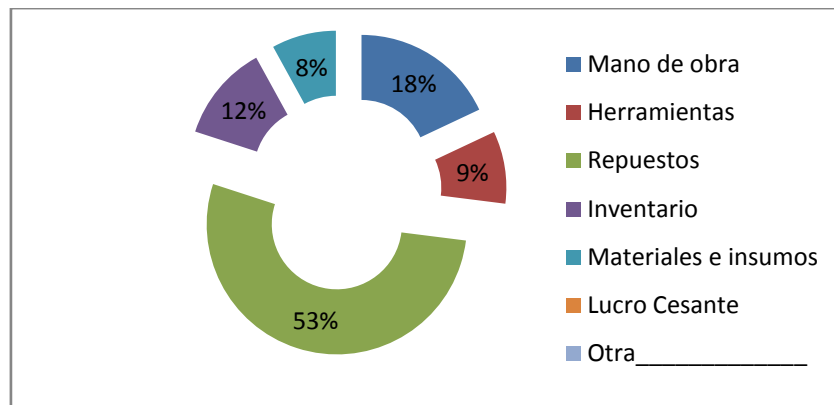
Figura 28. Realización del consolidado de los costos



La realización del consolidado de los costos esta distribuido entre el área de mantenimiento, centro de costo, tipos de mantenimiento y ordenes de trabajo donde este ultimo representa el 18.75%.

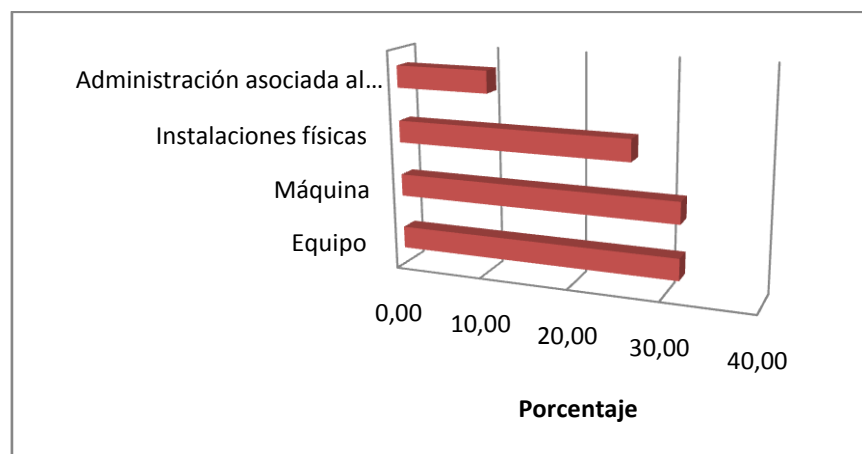


Figura 29. Distribución de los costos de mantenimiento vs elemento de costo



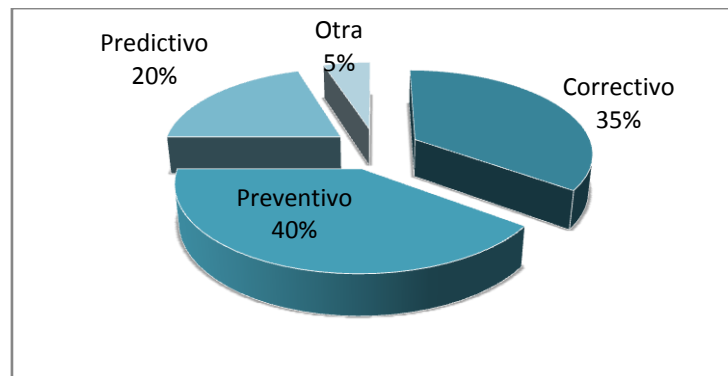
El 53% de la distribución de los costos de mantenimiento corresponden a repuestos, el 18% a mano de obra y el 12 al inventario.

Figura 30. Costo de mantenimiento respecto al concepto



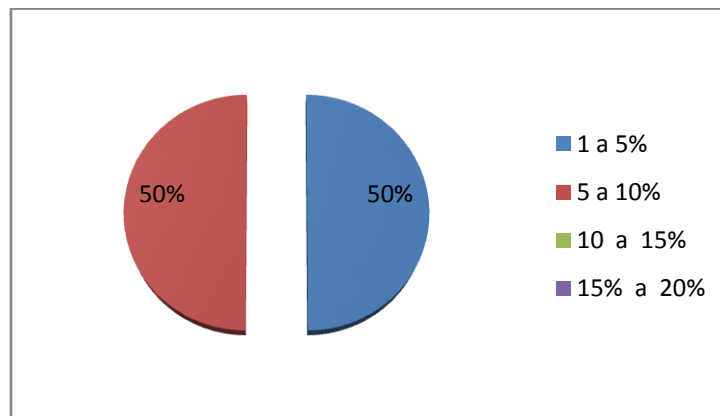
El 60% de los costos en el área de mantenimiento esta relacionado con el concepto de equipo y maquinaria. Las instalaciones físicas y la administración asociadas al mantenimiento representa el 40 % restante.

Figura 31. Distribución de los costos de mantenimiento vs tipo de actividad



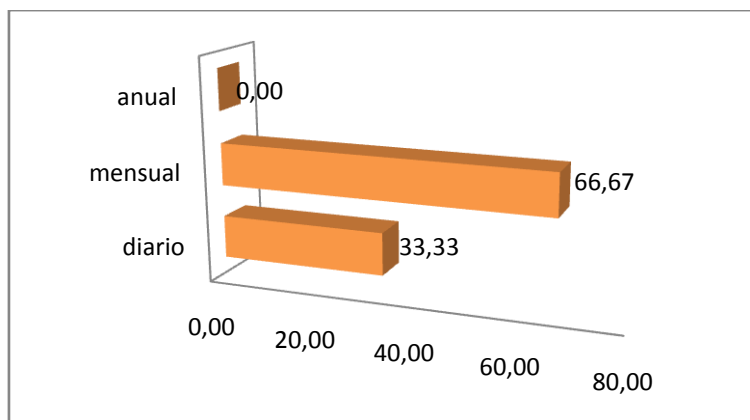
Del total de los costos del departamento de mantenimiento el 40% es producto de la utilización del mantenimiento preventivo, seguido por el 35 % del mantenimiento correctivo y un 20% en mantenimiento predictivo.

Figura 32. El costo de mantenimiento respecto a los activos fijos de la empresa



Las empresas manufactureras del Valle de a Aburrá no exceden el 10% de sus activos fijos en costos de mantenimiento. La población está dividida en partes iguales unas no superan el 5% y otras llegan al 10%.

Figura 33. Frecuencia de registro de la información de costos de mantenimiento



La frecuencia con la que el departamento de mantenimiento registra la información de los costos es mayoritariamente anual, con un 67% y diario con un 33%.

## 5 CONCLUSIONES

El tipo de mantenimiento utilizado con mayor frecuencia por las empresas manufactureras del Valle de Aburrá, es el mantenimiento preventivo que representa el 45% de las actividades realizadas por el departamento de mantenimiento, además muestra en el sector empresas pequeñas y medianas implementando un mantenimiento preventivo y predictivo significativo.

Es conveniente para las empresas manufactureras del Valle de Aburrá tengan un plan de mantenimiento preventivo que permita asistir, mantener e intervenir cualquier equipo o maquinaria al momento de presentar inconvenientes, debido a que impedirá que el equipo sufra fallas ocasionando que la producción se detenga y no cumpla oportunamente con los compromisos adquiridos.

Es necesario reforzar los lazos Universidad-Empresa para poder estudiar más detenidamente el comportamiento de las industrias. En la actualidad es difícil que las empresas participen activamente en los desarrollos de estudios por temor al uso de la información obtenida, vale recordar que dicha información se manejará de manera confidencial.

Los costos del departamento de mantenimiento se incrementan conforme lo hacen las actividades especializadas, es decir, mientras más frecuentes sean las intervenciones, chequeos, lubricaciones, etc. mayor será el costo pero a cambio, se tiene una planta disponible, confiable y segura.

El aumento de los costos del mantenimiento preventivo tiende a disminuir los costos del mantenimiento correctivo pero en proporciones diferentes, no preserva la misma proporción para todas las actividades.

Los indicadores de gestión se entienden como la expresión cuantitativa del comportamiento o el desempeño de toda una organización o una de sus partes, algunos indicadores de gestión usados por el departamento de mantenimiento permiten conocer el estado a lo largo del tiempo y permite definir si las políticas de mantenimiento utilizadas son las más adecuadas y como se podría mejorar.

Los costos asumidos por el departamento de mantenimiento en las empresas encuestadas no superan el 10% del valor de sus activos fijos, es recomendable y posible reducir los costos a pesar de estar en el rango de operación óptimo para incrementar los beneficios económicos.

Es recomendable capacitar al personal de mantenimiento para reducir costos en tiempos de parada, diagnósticos e intervenciones. Un personal capacitado retribuye mejor a la empresa al hacerla más competitiva, eficiente y segura.

Se recomienda hacer un estudio de la rotación de los repuestos en el almacén con el fin de reducir los costos de inventario y costos de repuestos de baja rotación que representan el 71 % de los costos totales del departamento de mantenimiento.

Es aconsejable el uso frecuente de indicadores de gestión como la disponibilidad, fiabilidad, MTTR, MTBF, etc. Para poder conocer el desempeño gradual del equipo y tomar una decisión oportuna.

## BIBLIOGRAFÍA

**@(Q&M), Quality & Maintenance. 2006.** CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD. *Qualità & Manutenzione (Q&M)*. [En línea] 10 de Mayo de 2006. [Citado el: 2 de Marzo de 2009.] <http://luisfelipesexto.blogia.com/2006/051001-confiabilidad-mantenibilidad-y-disponibilidad.php>.

**@ABCpymes. 2008.** CAJA DE HERRAMIENTAS. [En línea] ABCPYMES, 2008. [Citado el: 28 de OCTUBRE de 2008.] <http://www.abcpymes.com/menu22.htm>.

**@Ciencias y tecnicas administrativas. 2008.** CIENCIAS Y TECNICAS ADMINISTRATIVAS. [En línea] 2008. [Citado el: 15 de Marzo de 2009.] [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/guia\\_estadistica/modulo\\_1.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/guia_estadistica/modulo_1.htm).

**@Diccionadiosenlinea. 2008.** DICCIONARIO Y ENCICLOPEDIA EN LINEA. *MUESTREO NO PROBABILISTICO*. [En línea] 2008. [Citado el: 29 de Octubre de 2008.] <http://www.diclib.com/cgi-bin/d1.cgi?l=es&base=alkonaeconomia&page=showid&id=4225>; <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/estadistica/estadistica3/teoria.html>.

**@Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. 2009.** ENCICLOPEDIA Y BIBLIOTECA VIRTUAL. *DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA ESTADISTICA*. [En línea] 2009. [Citado el: 13 de Marzo de 2009.] <http://www.eumed.net/libros/2007a/239/1b.htm>.

**@Gunic. 2007.** MUESTREO NO PROBABILISTICO. *MUESTREO EN ESDISTICA*. [En línea] 2007. [Citado el: 29 de Octubre de 2008.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Muestreo\\_en\\_estad%C3%ADstica#Muestreo\\_no\\_proba](http://es.wikipedia.org/wiki/Muestreo_en_estad%C3%ADstica#Muestreo_no_proba)

bil.C3.ADstico; [http://es.wikipedia.org/wiki/Muestreo\\_en\\_estad%C3%ADstica#Muestreo\\_no\\_probabil.C3.ADstico](http://es.wikipedia.org/wiki/Muestreo_en_estad%C3%ADstica#Muestreo_no_probabil.C3.ADstico).

**@ICM.CSIC. 2008.** CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. [En línea] CMIMA, 2008. [Citado el: 28 de Octubre de 2008.] [www.icm.csic.es/rec/gim/defini.htm](http://www.icm.csic.es/rec/gim/defini.htm).

**@Mailxmail. 2005.** INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO. *MAILXMAIL*. [En línea] 25 de Abril de 2005. [Citado el: 7 de ABRIL de 2008.] <http://www.mailxmail.com/curso/vida/mantenimientohospitalario/capitulo2.htm>.

**@Mantenimiento mundial. 2006.** MANTENIMIENTO MUNDIAL. *TIPOS DE MANTENIMIENTO*. [En línea] 2006. [Citado el: 1 de ABRIL de 2008.] <http://www.Mantenimientomundial.com>.

**@Mantenimiento planificado. 2006.** MANTENIMIENTO PLANIFICADO. *EQUIPOS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO*. [En línea] 2006. [Citado el: 2 de ABRIL de 2008.] <http://www.Mantenimientoplanificado.com>.

**@Mineduc. 1998.** MANTENIMIENTO COMPROMISO DE TODOS. *MINEDUC/UNESCO*. [En línea] FEBRERO de 1998. [Citado el: 7 de ABRIL de 2008.] [www.mineduc.cl/usuarios/jec/doc/200610241043260.GulaMantenimiento01IntroducciOn.pdf](http://www.mineduc.cl/usuarios/jec/doc/200610241043260.GulaMantenimiento01IntroducciOn.pdf). (916/CHI/11).

**@Rcm2. 2005.** COSTOS EN MANTENIMIENTO. *RCM2-SOPORTE*. [En línea] MAYO de 2005. [Citado el: 7 de ABRIL de 2008.] <http://www.rcm2-soporte.com/documentos/Costos%20Mayo-05.pdf>.

**@Sccribd. 2008.** PASOS DE UN MUESTREO. *TEORIA PRACTICA DE UN MUESTREO*. [En línea] Sccribd, 2008. [Citado el: 17 de Noviembre de 2008.] <http://www.scribd.com/doc/2252714/Muestreo>.

**@Solomantenimiento. 2007.** MANTENIMIENTO PREVENTIVO. [En línea] 2007. [Citado el: 6 de ABRIL de 2008.] [www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com).

**@Tecnica oleohidraulica. 2006.** CONCEPTOS BASICOS Y DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO. [En línea] 2006. [Citado el: 3 de Abril de 2008.] [www.tecnicaoleohidraulica.com/st\\_01\\_mantenimiento.htm#tipos](http://www.tecnicaoleohidraulica.com/st_01_mantenimiento.htm#tipos).

**@UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. 2003.** TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN OPINIÓN PÚBLICA Y MERCADO. [En línea] UBA,FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES, 2003. [Citado el: 28 de Octubre de 2008.] [www.catedras.fsoc.uba.ar/petracci](http://www.catedras.fsoc.uba.ar/petracci).

**Aceituno Juárez, Marco Tulio. 2006.** TEORIA DE UN MUESTREO. *UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA*. [En línea] USAC [En línea] 6 de Octubre de 2006. [Citado el: 8 de Enero de 2009.] <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/estadistica/estadistica3/teoria.html>.

**Alpizar Villegas, Emilio. 2005.** *TRATAMIENTO DE AGUA PARA COSUMO HUMANO PLANTAS DE FILTRACION RAPIDA MANUAL IV*. COSTA RICA : CEPIS, 2005. ISBN 78591385-98.

**Álvarez Leiva, Juan Antonio. 1997.** REPASO CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA. [En línea] 31 de Diciembre de 1997. [Citado el: 24 de Noviembre de 2008.] <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd97/UnidadesDidacticas/53-1-u-indice.html>.



**Backer, Morton y Jacobson, Lyle. 1995.** *CONTABILIDAD DE COSTOS, UN ENFOQUE ADMINISTRATIVO Y DE GERENCIA.* México : McGraw Hill, 1995. ISBN:9684512414.

**Cabrejos Doig, Belisario. 1987.** *INVESTIGACION DE MERCADEO.* Medellín : Editorial EAFIT, 1987.

**Casal, Jordi y Mateu, Enric. 2003.** TIPOS DE MUESTREO. [En línea] UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA, 2003. [Citado el: 28 de OCTUBRE de 2008.] <http://minnie.uab.es/~veteri/21216/TiposMuestreo1.pdf>. 08193-Bellaterra, Barcelona.

**Castro Martínez, Antonio. 2008.** MANTENIMIENTO, UNA FUNCION OLVIDADA QUE ES INDEPENDIENTE EN LAS OPERACIONES COTIDIANAS E INDUSTRIALES. [En línea] 2008. [Citado el: 25 de Noviembre de 2008.] <http://132.248.18.65/profesores/operaciones/articulos/art14.pdf>.

**De Bona, Jose Maria. 1999.** *GESTION DEL MANTENIMIENTO.* Zaragoza, España : fundación confemetal, 1999. ISBN:84-89786-81.

**Department of Defense. 1966.** *Definitions of Effectiveness Terms for Reliability, Maintainability, Human Factors and Safety.* Washington, D.C. (EE.UU.) : Military Standard, 1966. MIL-STD-721C.

**Dounce Villanueva, Enrique. 2006.** *UN ENFOQUE ANALITICO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.* MONTERREY, NUEVO LEON, MEJICO : CECSA, 2006. ISBN:970-24-09144.

**Enrique Mora. 2008.** BREVE DEFINICION DE MANTENIMIENTO. *Mantenimiento... (No es Reparación).* [En línea] TPM on line, 24 de 12 de 2008.

[Citado el: 30 de 1 de 2009.]  
[http://www.tpmonline.com/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/tpm/tpmprocess/DefinicionMantSpanish.htm](http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/DefinicionMantSpanish.htm).

**Fabres Diaz, Jose Luis. 1997. ASOCIACION ESPAÑOLA DE MANTENIMIENTO.** MADRID : FUNDACION REPSOL, 1997.

**Freud, John E y Gary A., Simon. 1986. Probabilidad y estadística para ingenieros.** Los Angeles : Prentice Hall, Octava Edición, 1986. TA340M5.61986.

**Gallardo, Yolanda y Moreno G, Adonay. 1999. SERIE APRENDER A INVESTIGAR.** Santa Fe de Bogotá : Editorial ICFES, 1999. ISBN: 958-9279-14-7.

**Gimenez, Carlos. 1995. COSTOS PARA EMPRESARIOS.** ESPAÑA : Macchi, 1995. ISBN: 9505373228.

**Gutierrez, Juan Ignacio. 2006. ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO, Introducción al mantenimiento – Memorias Mantenimiento 1.** Medellin, Colombia : UNIVERSIDAD EAFIT, 2006.

**Harrys, Kelly. 1998. GESTION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.** MADRID : FUNDACION REPSOL, 1998. ISBN:84-923506-0-1.

**Hines, , William H. y Douglas C., Montgomery. 1980. Probability And Statistics in Engineering And Management Science.** New York, N.Y. : John Wiley & Sons, 2da.. Edición, 1980.

**Huntsberger, David. 1983. Elementos de Estadística Inferencial.** México : Compañía Editorial Continental, 1983.

**Larios Osorio, Víctor. 1999.** ViL & DDT Software'n'Web, Co. *ViL & DDT Software'n'Web, Co.* [En línea] 20 de Septiembre de 1999. [Citado el: 24 de Noviembre de 2008.] <http://www.uaq.mx/matematicas/estadisticas/xu3.html>..

**Levin, Richard I. 1988.** *Estadística para Administradores*. Los Angeles : Prentice Hall, 2da. Edición, 1988.

**Mayor Gamero, Guillermo. 2006.** METODOS TRADICIONALES DE COSTEO. [En línea] 2006. [Citado el: 31 de JULIO de 2008.] [http://cpn.mef.gob.pe/cpn/articulos/Metodos\\_tradicionales\\_Costos.html](http://cpn.mef.gob.pe/cpn/articulos/Metodos_tradicionales_Costos.html).

**Mendoza Castañon, Marina, y otros. 2007.** DIFERENCIA ENTRE COSTEO CONVENCIONAL Y COSTO MARGINAL Y SU APLICACIÓN EN SITUACIONES DE PRODUCCIÓN. [En línea] 2007. [Citado el: 1 de AGOSTO de 2008.] <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/fin/dicosteo.htm>.

**Mira Solves, JJ, y otros. 1997.** *Auditoría de historias clínicas: ¿Cuál es el tamaño adecuado de la muestra?* 1997.

**Mora Gutiérrez, Alberto. 2005.** *Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales*. Medellín, Colombia : Editorial AMG Colombia– Segunda edición, 2005. ISBN: 958-33-8218-3.

**Navarro, y otros. 1997.** *Gestión Integral De Mantenimiento*. Barcelona, España : Marcombo, 1997.

**Perez Jaramillo, Carlos Mario. 2006.** *LOS COSTOS EN LA FUNCION DEL MANTENIMIENTO*. COLOMBIA : SOPORTE & Cia Ltda., 2006.

**Pulido, Luis. 2002.** *CLUB DEL MANTENIMIENTO*. BOGOTA, COLOMBIA : Revista Mantener No. 9, 2002.

**Restrepo, Arcila, Velez Muñoz, Santiago y Sebastian. 2007.** *APLICACIONES DE UN SISTEMA DE COSTEO EN EL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA MANUFACTURERA LOCAL*. MEDELLIN : UNIVERSIDAD EAFIT, 2007.

**Rey Sacristan, Francisco. 1996.** *HACIA LA EXCELENCIA DEL MANTENIMIENTO*. MADRID, ESPAÑA : TGP HOSHIN, 1996. ISBN 848702219.

**Rodas, Olger, y otros. 2006.** Monografía. *Monografía*. [En línea] Monografía, 2006. [Citado el: 5 de ABRIL de 2008.] <http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>.

**Ruiz Muñoz, David. 2008.** *HISTORIA DE LA ESTADÍSTICA* . s.l. : Universidad Pablo de Olavide, 2008. ISBN: 84-688-6153-7.

**Souris, Jean Paul. 1992.** *EL MANTENIMIENTO FUENTE DE BENEFICIO*. Paris, Francia : Ediciones Díaz de Santos, 1992. ISBN: 84-7978-021-5.

**Suárez Martínez, René. 2008.** *EMPLEO DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL, EN EL DISEÑO, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS*. Chimbote - Perú : Universidad Privada San Pedro, 2008.

**Tavares, Lourival. 2001.** *ADMINISTRACION MODERNA DEL MANTENIMIENTO*. RIO DE JANEIRO : s.n., 2001.

**Thayer Ojeda, Luis. 2008.** ¿NECESITA UN SISTEMA DE GESTION DEL MANTENIMIENTO? ¿NECESITA UN SISTEMA DE GESTION DEL

*MANTENIMIENTO?* [En línea] CONTEC, 2008. [Citado el: 25 de Noviembre de 2008.] <http://www.contec.cl/recursos/GMAC.pdf>.

**Torres, Daniel. 2005. *MANTENIMIENTO SU IMPLEMENTACION Y GESTION*. MADRID : UNIVERSITARIAS, 2005. ISBN:987-9406-81-8.**

**Trabalón, C. 2005. *INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE EDIFICIOS*. 2005. ISSN 0214-4344.**

**Velez, Santiago y Arcila, Sebastian. 2007. *APLICACIONES DE UN SISTEMA DE COSTEO EN EL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA MANUFACTURERA LOCAL*. MEDELLIN : UNIVERSIDAD EAFIT, 2007.**

**Widman, Richard. 2008. EL CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO. [En línea] 2008. [Citado el: 25 de Noviembre de 2008.] [http://widman.biz/boletines\\_informativos/32.pdf](http://widman.biz/boletines_informativos/32.pdf).**

## ANEXOS

Anexo A.

### Encuesta sobre la Gestión del Mantenimiento

#### Tema I: Indicadores

Nombre de la empresa:

---

Actividad económica de su empresa:

---

Tipo de empresa:

---

Colocar una X		Clasificación
1		Pequeña (Entre 11 y 50 empleados)
2		Mediana (Entre 51 y 200 empleados)
3		Grande (Más de 200 empleados)

#### 1.1 Tipos de mantenimiento realizados en su empresa.

(Responder la pregunta en porcentajes, la suma de los porcentajes debe ser el 100%)

Ítem	Tipo de mantenimiento	Porcentajes %
1	Correctivo	
2	Preventivo	
3	Predictivo	
4	Otra _____	
Total porcentaje		100%

**1.2. El personal empleado en la ejecución del mantenimiento es:**

(Responder la pregunta en porcentajes, la suma de los porcentajes debe ser el 100%).

Ítem	Tipo de mantenimiento	Porcentaje %
1	Personal propio	
2	Contratista	
3	Otra _____	
Total porcentaje		100%

**1.3. La variable principal del mantenimiento en su empresa es:**

(Seleccione sólo una respuesta).

Colocar una X	Tipo de mantenimiento
1	La calidad de los trabajos
2	Los costos del mantenimiento
3	La disponibilidad de las instalaciones
4	La seguridad de las instalaciones
5	Otro indicador. Cual? _____

**1.4. Para la realización del Mantenimiento los equipos requieren estar:**

(Responder la pregunta en porcentajes, la suma de los porcentajes debe ser el 100%).

Ítem	Estado del equipo	Porcentajes %
1	En servicio	
2	Detenidos completamente	
3	Trabajando en vacío	
4	Otro. _____	
Total porcentaje		100%

**1.5. De los siguientes indicadores de gestión ¿cuales trabaja y cual es el indicador anual para la planta?**

Colocar una X		Estado del equipo	Indicador anual
1		MTBF	
2		MTTR	
3		Disponibilidad	
4		Otro _____	

**1.6. ¿Cuál es la frecuencia de seguimiento de los indicadores? (mensual, semestral, anual)**

R/ \_\_\_\_\_



## Tema II: Costos

### 2.1. ¿Cuál es el costo anual aproximado del mantenimiento en la empresa?

(Seleccione sólo una respuesta).

Colocar una X		Costos en Millones de Pesos
1	<input type="checkbox"/>	Menos de 50
2	<input type="checkbox"/>	Entre 51 y 100
3	<input type="checkbox"/>	Entre 101 y 250
4	<input type="checkbox"/>	Entre 251 y 500
5	<input type="checkbox"/>	Entre 501 y 1.000
6	<input type="checkbox"/>	Más 1.001

### 2.2. El consolidado de los costos lo realizan por:

Concepto	SI	No
Órdenes de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Centro de Costo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de mantenimiento (Preventivo, Correctivo).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Área o departamento de mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gerencia de mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 2.3. ¿Cómo se distribuye aproximadamente el costo de mantenimiento respecto a su elemento de costo?

Responder la pregunta en porcentajes, la suma de los porcentajes debe ser el 100%.

Ítem	Concepto	Porcentajes %
1	Mano de obra	
2	Herramientas	
3	Repuestos	
4	Inventario	
5	Materiales e insumos	
6	Lucro Cesante	
5	Otra _____	
<b>Total porcentaje</b>		<b>100%</b>

### 2.4. Dentro del costo de mantenimiento se tienen en cuenta los conceptos de:

Concepto	SI	No	Concepto	SI	No
Equipo			horas/hombre		
Máquina			Materiales e insumos		
Instalaciones físicas			Repuestos		
Administración asociada al mantenimiento			Contratos asociados al mantenimiento		

**2.5. ¿Cómo se distribuye aproximadamente el costo de mantenimiento respecto al tipo de actividad?**

Responder la pregunta en porcentajes, la suma de los porcentajes debe ser el 100%.

Ítem	Tipo de Mantenimiento	Porcentajes %
1	Correctivo	
2	Preventivo	
3	Predictivo	
4	Otra _____	
<b>Total porcentaje</b>		<b>100%</b>

**2.6. El costo de mantenimiento en un año respecto al costo de los activos fijos de la empresa corresponde:**

Colocar una X	Porcentaje entre % y %
1	1 a 5%
2	5 a 10%
3	10 a 15%
4	15% a 20%
5	Más del 20%

**2.7 ¿Cada cuánto tiempo se registra la información de costos de mantenimiento? (Diario, mensual, anual). R/ \_\_\_\_\_**