

MODELO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE LA  
EMPRESA INMECIN LTDA

GERNIN ERNESTO GUTIERREZ RAMÍREZ  
MAYERLING MARGARITA WONG AGUIRRE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2007

MODELO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE LA  
EMPRESA INMECIN LTDA

GERNIN ERNESTO GUTIERREZ RAMÍREZ  
MAYERLING MARGARITA WONG AGUIRRE

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director: JAIME PORTO CORTEZ  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2007

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1 INMECIN LTDA	13
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	13
1.1.1 Organigrama	14
1.1.2 Distribución de la planta	15
1.1.3 Equipos productivos	16
1.2 MISIÓN	19
1.3 VISIÓN	19
1.4 OBJETIVOS DE LA EMPRESA	19
1.5 POLÍTICAS DE LA EMPRESA	20
1.6 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.7 OBJETIVOS PROPUESTOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA	20
2 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO	21
2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	22
2.1.1 Mantenimiento Correctivo	23
2.1.2 Mantenimiento Preventivo	25
2.1.3 Mantenimiento Predictivo	29
2.1.4 Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM	31
2.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	34

2.2.1 Concepto de planeación	36
2.2.2 Concepto de programación	39
3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE	43
3.1 PROCESOS PRODUCTIVOS DE INMECIN LTDA	44
3.2 IDENTIFICACIÓN E INVENTARIO DE EQUIPOS PRODUCTIVOS	45
3.2.1 Estipulación de códigos de equipos	46
3.2.2 Intervención de operarios	47
3.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN	48
3.3.1 Hoja de vida de equipos	48
3.3.2 Solicitud de mantenimiento	51
3.3.3 Orden de mantenimiento	52
4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y MODELO DE MANTENIMIENTO	53
4.1 ADECUACIÓN MATRIZ RAM SEGÚN CONTEXTO INMECIN LTDA	55
4.2 MODELO DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS	60
4.2.1 Mantenimiento básico torno	60
4.2.2 Mantenimiento básico fresa banco	62
4.2.3 Mantenimiento básico cepillo	63
4.2.4 Mantenimiento básico de columna	64
5. CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Procesos productivos	14
Tabla 2. Códigos de equipos	47
Tabla 3. Intervención de operarios	48
Tabla 4. Factores ponderados a ser evaluados	54
Tabla 5. Costos de equipos	57
Tabla 6. Categoría de criticidad	59
Tabla 7. Mantenimiento básico torno	61
Tabla 8. Mantenimiento básico fresa	62
Tabla 9. Mantenimiento básico cepillo	63
Tabla 10. Mantenimiento básico taladro	64

## LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Organigrama	15
Figura 2. Distribución de planta	15
Figura 3. Torno horizontal	16
Figura 4. Fresa banco	16
Figura 5. Prensa hidráulica	17
Figura 6. Cepillo imoturn	17
Figura 7. Esmeril	17
Figura 8. Pulidora	18
Figura 9. Taladro de banco	18
Figura 10. Maquina de soldar	18
Figura 11. Proceso de mantenimiento correctivo	25
Figura 12. Representación grafica del mantenimiento preventivo	28
Figura 13. Proceso de mantenimiento predictivo	30
Figura 14. Implantación de un plan de mantenimiento preventivo RCM	33
Figura 15. Clasificación del trabajo de mantenimiento	36
Figura 16. Procedimiento de planeación	37
Figura 17. Diagrama de flujo de procesos productivos	44
Figura 18. Formato de hoja de vida de equipos.	50
Figura 19. Formato solicitud de mantenimiento	51

Figura 20. Formato orden de trabajo	52
Figura 21. Matriz de criticidad	55

## RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA INMECIN LTDA

AUTORES: GERNIN ERNESTO GUTIERREZ RAMÍREZ, MAYERLING MARGARITA WONG AGUIRRE\*\*

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, MANTENIMIENTO CORRECTIVO, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, ANÁLISIS DE CRITICIDAD, MATRIZ RAM.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: INMECIN LTDA es una empresa de servicios metalmecánicos a la que se le implementará un modelo de mantenimiento para los equipos de los procesos productivos. Mediante la realización de una recopilación de información técnica de los equipos se pudo lograr una organización en el sistema de información de la compañía, creando así una base de datos que será de mucha utilidad, ante cualquier falla imprevista u desconocimiento de las máquinas y eliminando tiempos perdidos por falta de información.

Se realizó un análisis de criticidad a los equipos de la empresa, el cual se llevó a cabo por medio de la adecuación de la matriz RAM. Los equipos fueron debidamente codificados para un mejor manejo de estos e identificados por críticos y no críticos. Debido a esta clasificación se seleccionaron los mantenimientos preventivo para los equipos críticos y el mantenimiento correctivo a los no críticos.

Por medio de esta monografía le ofrecemos a la empresa una mejor gestión de mantenimiento y un sistema de información más eficiente, lo cual dará como resultados menos fallos repetitivos, paradas de planta no planeadas, demoras en las entregas de productos y/o servicios, mayor disponibilidad de los equipos y será una organización muy competitiva en el mercado y con mayor rentabilidad.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Jaime Porto Cortez, Ingeniero Civil.

## SUMMARY

TITLE: MODEL OF MAINTENANCE OF THE EQUIPMENT OF PRODUCTION OF COMPANY INMECIN LTDA.

AUTHORS: GERNIN ERNESTO GUTIERREZ RAMÍREZ, MAYERLING MARGARITA WONG AGUIRRE\*\*

KEYWORDS: MAINTENANCE, MEDIUM REPAIR, PREVENTIVE MAINTENANCE, ANALYSIS OF CRITICIDAD, MATRIX RAM.

SUBJET OR DESCRIPTION: INMECIN Ltda. is a company of metalmecánicos services to which a model of maintenance for the equipment of the productive processes will be implemented to him. By means of the accomplishment of a compilation of technical information of the equipment it was possible to be obtained an organization in the information system of the company, creating therefore a base of batos that will be of much utility, before any unexpected fault or ignorance of the machines and eliminating lost times by lack of information.

An analysis of criticidad to the equipment of the company was made, which I am carried out by means of the adjustment of the first ram. The equipment properly was codified for a better handling of these and identified by critical and noncritical. Due to this classification the critical equipment and the medium repair to the noncritical ones were selected to the preventive maintenance for.

By means of this monograph we offer to the company one better management to him of maintenance and an efficient information system but, which will give like results less repetitive failures, not planned shutdowns of plant, delays in the product deliveries and/or services, greater availability of the equipment and will be a very competitive organization in the market and with greater yield.

---

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.  
Director: Jaime Porto Cortez, Civil Engineer

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que actualmente las compañías denominadas como pequeñas y medianas empresas permanecen en un campo competitivo que implican la obtención de óptimos resultados y adicionalmente altos estándares tecnológicos en sus procesos productivos, siempre tratando de mejorar constantemente, se hace necesario garantizar el desempeño de los equipos y la calidad de los productos y/o servicios, lo cual se puede lograr con una buena gestión del mantenimiento de los equipos del proceso productivo.

Inmecin Ltda. Es una compañía que interactúa dentro de un contexto de alta competitividad, que se ha planteado objetivos estratégicos para mejorar los tiempos de respuesta de sus servicios, aumentar los índices de calidad y poseer una base para futuro desarrollo de la gestión del mantenimiento, con esta monografía se pretende aliviar el lastre de contratiempos que posee la compañía, apoyados en conceptos de la administración del mantenimiento, tales como el manejo de los sistemas de información a través de la recopilación de datos técnicos y reales, establecer la definición de criticidad de equipos para priorizar en la toma de decisiones, lo cual contribuye a la ejecución de proyectos productivos a corto y largo plazo.

Por otro lado se presentará de forma básica los mantenimientos correctivos y preventivos para los equipos, con la finalidad de organizar y permitir la sostenibilidad necesario para que un equipo realice sus funciones sin contratiempos que afecten la calidad del producto y los tiempos de entrega.

## **1. INMECIN LTDA**

**INMECIN LTDA** es una empresa prestadora de servicio de ingeniería mecánica ubicada en la ciudad de Cartagena en la zona industrial de mamonal sector el libertador Km. 3. La cual consta de un grupo de 23 empleados y equipos generales de metalmecánica como son 3 maquinas de soldar, 2 equipos de oxicorte, 2 tornos, 1 fresadora, 1 prensa hidráulica, 1 cepillo, 3 pulidoras, 1 taladro de banco y 2 esmeriles de banco.

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

INMECIN LTDA tiene como objeto principal las siguientes actividades: diseño, fabricación y montajes de estructuras metalmecánica, montajes de tuberías, prestación de servicios de taller, torno, fresadora, taladro, prensa hidráulica, soldaduras especiales eléctricas y autógenas, mantenimiento mecánico, reparación y mantenimiento de maquinaria industrial.

La empresa consta de dos procesos fundamentales los cuales se presentan de una forma muy general en la tabla 1.

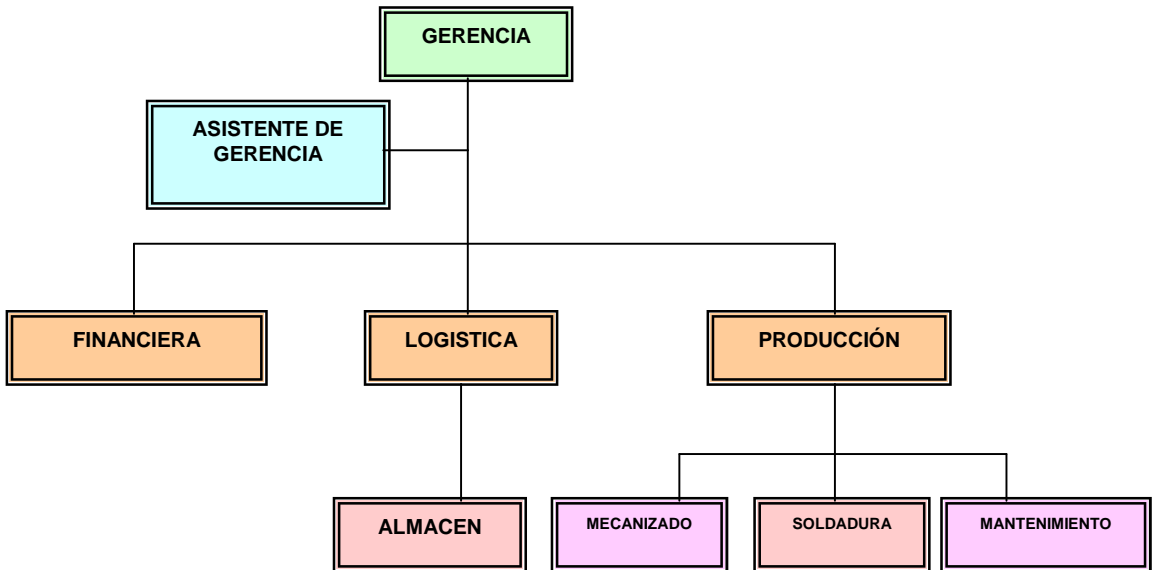
Tabla 1. Procesos productivos

PROCESOS	SUBPROCESOS
<b>MECANIZADO/FABRICACIÓN DE PIEZAS</b>	Torneado
	Fresado
	Esmerilado
	Taladrado
	Cepillado
<b>ESTRUCTURAS SOLDADAS</b>	Arco eléctrico
	Autógena
	Oxicorte

### 1.1.1 Organigrama

La estructura organizacional de la empresa INMECIN LTDA, esta constituida como se muestra en la figura 1, en esta se observa en primer nivel la gerencia general, acompañado de un asistente que sirve de apoyo para la gestión del gerente; en segundo nivel están los procesos administrativos (Finanzas) y operativos (Logística y Producción); en el tercer nivel encontramos al almacén (almacena y abastece de materias primas y herramientas), también en este nivel están los procesos productivos (mecanizado y soldadura). Cabe aclarar que en el tercer nivel el mantenimiento no se presenta como un proceso productivo, actualmente la función del mismo se ejecuta con personal de producción de forma ocasional y muy básica “el equipo que se avería se corrige en el instante”, es decir, el operador del equipo no tiene establecidos sistemáticamente un programa de actividades de mantenimiento, simplemente cuando ocurre una falla, existe un paro del equipo que acarrea muchas consecuencias que afectan drásticamente todo el ciclo productivo, por tal razón el mismo operario procede a solucionar temporalmente el problema cambiando o reparando el componente afectado.

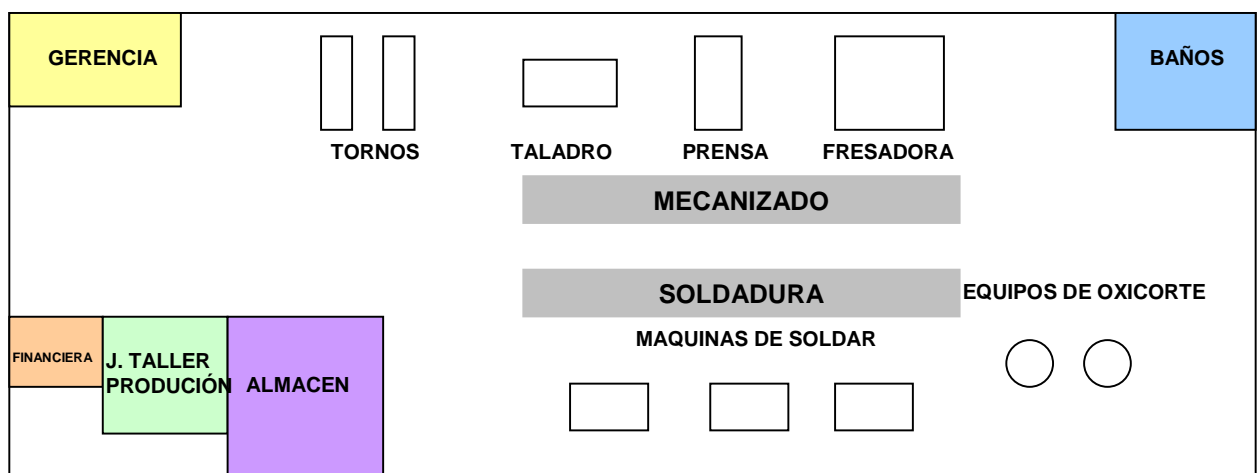
Figura 1. Organigrama



### 1.1.2 Distribución de la planta

La empresa esta distribuida por áreas, las cuales se muestran en la figura 2, la planta comprende 450 m<sup>2</sup>.

Figura 2. Distribución de planta



### 1.1.3 Equipos productivos

En las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se muestran los principales equipos de producción y sus especificaciones técnicas.

Figura 3. Torno Horizontal Aris.

Torno Horizontal Aris	
Características Técnicas	
Cantidad	2
Fabricante	Aris Inc
Capacidad Operación	Torneado de Piezas/ Volteo:0.8 Mts /Distancia entre Puntos: 2 mts/
Sistema Eléctrico	01 Motor/ 3F / 4.5 HP/60Hz/1200 RPM
Sistema Mecánico	Caja de Velocidades rel 3:1/Transmisión correas dentadas
Modelo	1987




Figura 4. Fresa de banco

Fresa de Banco Condor	
Características Técnicas	
Cantidad	1
Fabricante	Condor
Capacidad Operación	Fresado de Piezas /Bancada 300mm x 300 mm/ fresa vertical de 17 pasos / hasta Z= 90
Sistema Eléctrico	01 Motor / 3F / 3HP /60 hz/1250 rpm
Sistema Mecánico	Caja de Velocidades rel 4:1/embragada / transmisión de Correas
Modelo	1987




Figura 5. Prensa hidráulica

Prensa Hidráulica Power Team	
Características Técnicas	
Cantidad	1
Fabricante	Power Team
Capacidad Operación	Prensado de Piezas/ 30 Ton
Sistema Eléctrico	01 Motor/ 3F / 3 HP/60Hz/1500 RPM
Sistema Mecánico	Cilindro hidráulico 3" diam./ Long. 12"
Modelo	1987




Figura 6. Cepillo Imoturn

Cepillo Imoturn	
Características Técnicas	
Cantidad	1
Fabricante	Imocom
Capacidad Operación	Cepillado de piezas/ recorrido torpeda: 0,6 mts/ Bancada de 200mm x 200 mm
Sistema Eléctrico	01 Motor/ 3F/ 3.5 HP/ 60 Hz/ 1500 rpm
Modelo	1987




Figura 7. Esmeril

Esmeril de Banco	
Características Técnicas	
Cantidad	2
Fabricante	Dewalt Inc
Capacidad Operación	Cap Piedra de 4 - 6"
Sistema Eléctrico	1 Motor/ MF/ 0,8 HP/ 1700 Rpm
Modelo	1992




Figura 8. Pulidora

Pulidora Dewalt	
Características Técnicas	
Cantidad	3
Fabricante	Dewalt Inc
Capacidad Operación	Cap Disco de 4 - 6"
Sistema Eléctrico	01 Motor/ MF/ 0,8 HP/ 1700 Rpm
Modelo	1992




Figura 9. Taladro de banco

Taladro de Columna Carolina	
Características Técnicas	
Cantidad	1
Fabricante	Carolina
Capacidad Operación	Taladrado de piezas / Perf hasta 3/4"
Sistema Eléctrico	01 Motor / 3F / 5HP /60 hz/1200 rpm
Sistema Mecánico	Caja vel rel 5:1/ transmisión correas dentadas
Modelo	1991





Figura 10. Maquina de soldar

Maquina de Soldar Lincoln	
Características Técnicas	
Cantidad	3
Fabricante	Lincoln Idealarc
Capacidad Operación	Soldadura piezas/ 250 Amp /Electrodos1/8", 3/32"
Sistema Eléctrico	250 AMP
Modelo	1995



## **1.2 MISIÓN**

Nuestra misión es obtener excelentes resultados que fortalezcan y enriquezcan la confiabilidad de la empresa, buscando el crecimiento y la satisfacción de sus clientes, a través de un loable servicio, mediante la ejecución efectiva de sus programas correctivos, preventivos y predictivos, comprometidos así con el desarrollo de la región y la nación.

## **1.3 VISIÓN**

Para el año 2008 seremos una compañía comprometida con los avances tecnológicos en las diferentes áreas de la ingeniería que ofrecemos, los cuales facilitarán nuestras operaciones.

Ejerceremos un excelente control de calidad, con unos buenos índices de gestión, que garanticen la permanencia activa en el mercado y nos permitan ser competitivos y productivos.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA EMPRESA**

- Buscar una nueva cultura de trabajo de nuestro talento humano a través de actividades de sensibilización y capacitación.
- Ejercer una motivación sobre el talento humano, realizando actividades que los motiven a trabajar en conjunto.

## **1.5 POLÍTICAS DE LA EMPRESA**

- Lograr la participación máxima del cliente como eje primordial, en las necesidades que aquejan a su empresa.
- Permitir adoptar acciones que contribuyan al cumplimiento de las necesidades de nuestros clientes.

## **1.6 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

INMECIN LTDA es una empresa con deficiencias en el área de la gestión de activos, ya que no existe una organización del mantenimiento de los equipos productivos, es decir no poseen programas de mantenimiento preventivo y correctivo, historial de equipos, codificación de equipos, fichas técnicas y información técnica.

Debido a estos problemas se están presentando fallos repetitivos e imprevistos en los equipos y retrasos en las entregas de los productos y/o servicios, generando una pérdida de competitividad en el mercado y menor rentabilidad en el negocio.

## **1.7 OBJETIVOS PROPUESTOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA**

- Recopilar información técnica de los equipos de producción a partir de manuales e intervenciones de operarios.
- Identificar los equipos críticos a través de análisis de fallas y matriz de criticidad.

- Organizar un sistema de información que permita la normalización de toda la información técnica e histórica de los equipos productivos.

## **2. GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO**

La creciente competencia y la demanda por parte de los clientes de una entrega oportuna de productos de alta calidad han obligado a los fabricantes a adoptar la automatización. Esto ha dado lugar a inversiones muy grandes en equipo. Para alcanzar las tasas de rendimiento de la inversión fijada, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en esos estados sin que sean paros de trabajo y reparaciones costosas. Muchas compañías manufactureras han implantado programas justo a tiempo, y están operando con inventarios de trabajo en proceso tan bajos que no existe reserva de inventario que pueda utilizarse en caso de que ocurra una descompostura que dure mucho tiempo. Estas dos tendencias han llevado al primer plano la función del mantenimiento como una actividad clave en las empresas manufactureras.

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

## 2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

La filosofía del mantenimiento de una planta es básicamente la de tener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y la disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad. Para lograr esta filosofía, se pueden aplicar diferentes tipos de estrategias, que se explicarán más acá.

El límite de cada tipo de mantenimiento es difícil de establecerlo dado que, a excepción del mantenimiento correctivo, la finalidad de todos es la misma variando la metodología. Los diferentes tipos que se conocen no son incompatibles entre ellos sino que se complementan para lograr un mantenimiento óptimo.

Se trata de describir brevemente los tipos de mantenimiento que se utilizan en la práctica y familiarizarnos con la nomenclatura que se utiliza.

Los tres grandes grupos de tipos de mantenimiento son los que se aplican una vez aparecida la avería (correctivo), los que tratan de predecirla o prevenirla antes de su aparición (hard time, de uso y predictivo) y los que tratan de eliminarla de una forma permanente (modificativo).

Asimismo, describimos otro tipo de mantenimiento que, en realidad, no debería considerarse como tal; se trata del engrase de los equipos.

Podemos hacer una clasificación de los diferentes tipos de la siguiente manera:

- Mantenimiento correctivo (MC)
- Mantenimiento preventivo (MP)
- Mantenimiento predictivo (MPd)
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

### **2.1.1 Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse. Este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación-hasta-que-falle. Se aplica principalmente en los componentes electrónicos; en equipo no crítico y redundante

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el encargado de las reparaciones el personal de mantenimiento.

El principal inconveniente con que nos encontramos con este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización. En muchos casos, con el fin de obtener un mayor rendimiento del equipo, el usuario no dará parte de la avería hasta que ésta le impida continuar trabajando. Si añadimos que el personal encargado del uso de los equipos no es experto en averías, pasará por alto ruidos y anomalías que pueden preceder al fallo. Llevar el equipo al límite de su funcionamiento puede agravar el fallo inicial o degenerar en otros de mayor importancia.

La rapidez con que nos veremos obligados a actuar para poner el equipo en funcionamiento hará que pase a un segundo plano el análisis de la causa de la avería.

Dado que la avería puede producirse en cualquier instante, podemos encontrarnos con que no tenemos personal disponible para afrontar la reparación en ese

momento, y el tiempo de no disponibilidad del equipo aumentará. El caso contrario, tener personal suficiente para afrontar cualquier avería imprevista, supone un aumento considerable en los gastos directos de mantenimiento.

Encontrar el punto óptimo del número de personas del equipo de mantenimiento no es fácil, dado que nos encontramos ante dos variables difíciles de predecir: la frecuencia entre averías y la importancia de éstas.

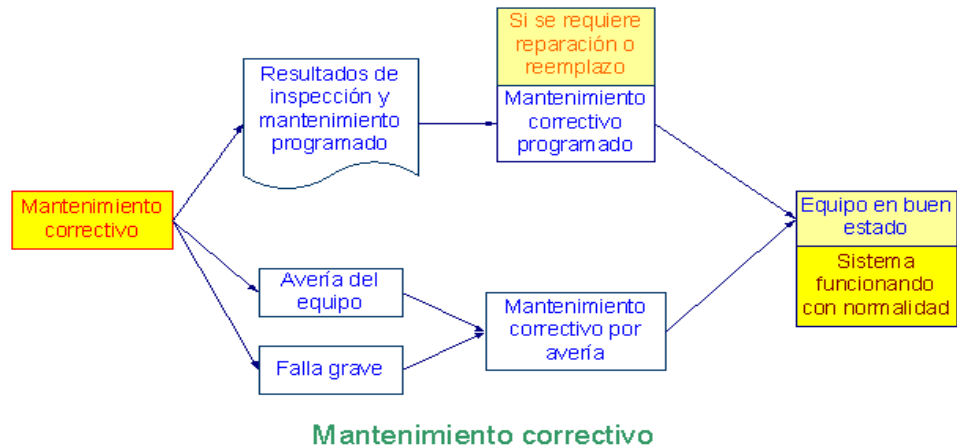
Otra desventaja importante de este tipo de mantenimiento es que el personal encargado de las reparaciones sólo tiene contacto con los equipos a la hora de reparar, perdiendo toda la información que se obtiene en el seguimiento de las máquinas durante su funcionamiento.

Si éste es el único tipo de mantenimiento que realizamos, estaremos obligados a tener una plantilla numerosa con especialistas de cada oficio y un almacén de recambios lo más completo posible.

Desde el punto de vista económico, estos dos requisitos aumentan los gastos directos de mantenimiento así como los financieros. Si, además, los equipos se utilizan hasta el límite de sus posibilidades, las reparaciones serán más costosas y de mayor duración.

Aunque los inconvenientes del mantenimiento correctivo son mayores que sus ventajas, es imposible prescindir de él. Siempre habrá averías que se escapen a cualquier predicción y que sea necesario reparar inmediatamente. En la figura 11 observamos el flujo de las necesidades de dos formas de mantenimiento correctivo, mantenimiento correctivo programado que se presentan función de las condiciones del equipo o de ciertos parámetros se efectúan las reparaciones con la intención de anticiparse y prevenir daños mayores que afecten a la disponibilidad del equipo. El mantenimiento correctivo por avería cuando existe una falla grave de algún o algunos de los componentes del equipo.

Figura 11. Proceso mantenimiento correctivo



### 2.1.2 Mantenimiento preventivo

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

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.

- En donde podamos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.
- Finalmente, hay importantes diferencias en costos tanto directos (por ejemplo, materiales) como indirectos (por ejemplo, pérdidas de producción) debido a que una interrupción no planeada que a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma, y debido también a que el costo real de un mantenimiento de emergencia es mayor que uno planeado y a que la calidad de la reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

La pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es ¿Qué tarea o serie de tareas deben realizarse para impedir una falla? Obviamente, si entendemos el mecanismo de la falla real del equipo, podemos decidir qué tareas son lógicas para impedir la falla y cuáles no son pertinentes.

Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo. Si por otra parte, la probabilidad de una falla es constante independientemente del tiempo, la edad o el uso, y existe una degradación gradual desde el principio de la falla, entonces las tareas de mantenimiento pueden basarse en las condiciones. Las tareas basadas en el tiempo se justifican si un restablecimiento o un reemplazo periódicos de componentes restablecen el equipo al estado en que pueda realizar las funciones para las que fue creado. Esta tarea podría variar en complejidad desde una reparación general completa de toda la unidad hasta el simple reemplazo de un filtro.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002. 78 p.

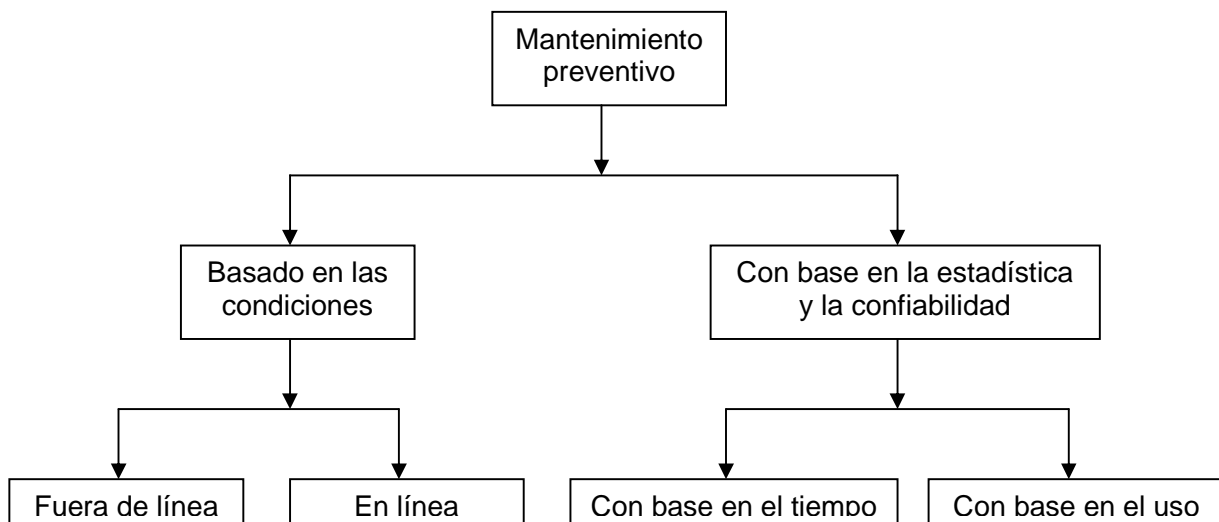
Las tareas basadas en las condiciones, justificadas cuando se desconoce el enfoque de prevención de fallas, se centran en la medición de un parámetro que indique un deterioro o una degradación en el rendimiento funcional del equipo. Las mediciones y las inspecciones mismas pueden programarse regularmente, pero no las tareas de restauración o preventivas. Estas mediciones pueden relacionarse directamente con la operación de la máquina, como la vibración, la temperatura durante el funcionamiento, el amperaje requerido, los contaminantes en el aceite de lubricación o el nivel de ruido, o pueden ser una medida sustituta de la operación de la máquina, como la calidad del producto, sus dimensiones, patrones de desgaste o composición. Recientes estudios de distribuciones de fallas reales sugieren que los patrones predominantes muestran una probabilidad constante de falla con la edad, con excepción de la mortandad infantil, o falla en el primer período después de la puesta en servicio. Por lo tanto, cuando el equipo es nuevo o ha sido sometido recientemente a una reparación general, tiene una probabilidad de falla mayor que en un período posterior. Esto es atribuible a posibles errores de diseño, manufactura, reparación general o instalación, o a procedimientos iniciales inapropiados de operación y mantenimiento. Una vez que éstos se corrigen, las fallas virtualmente ya no se relacionan con la edad.

El mantenimiento basado en el tiempo (por ejemplo, reparaciones generales) es técnicamente factible si la pieza tiene una vida promedio identificable. La mayoría de las piezas sobreviven dicha edad y la acción restablece la condición de la pieza a su función deseada. El mantenimiento basado en las condiciones es técnicamente factible si es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado, si existe un intervalo de inspección práctico, y si el intervalo de tiempo (desde la inspección hasta la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones.<sup>2</sup> Para una mejor comprensión, en la figura 12 se muestra el proceso gráfico del mantenimiento preventivo.

---

<sup>2</sup> DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002. 77 p.

Figura 12. Representación grafica del mantenimiento preventivo



Fuente: DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002

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

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

- Cobertura del MP – el porcentaje de equipo crítico para el cual se han desarrollado programas de MP.

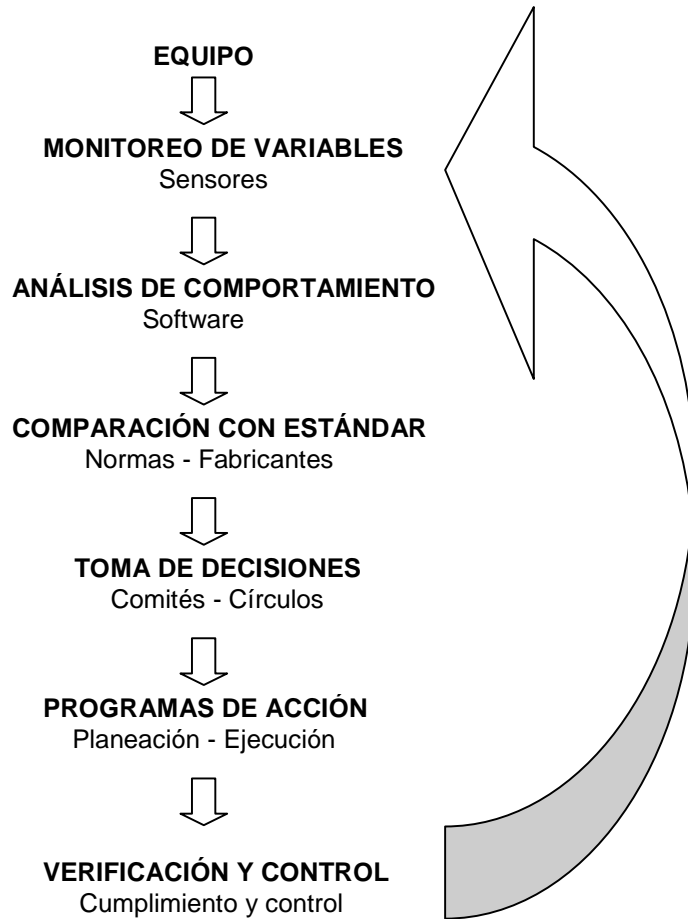
- Cumplimiento del MP – el porcentaje de rutinas del MP que han sido completadas de acuerdo con su programa.
- Trabajo generado por las rutinas del MP – el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tienen como origen rutinas del MP.

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

### **2.1.3 Mantenimiento predictivo**

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc. En la figura 13 se muestra el proceso del mantenimiento predictivo.

Figura 13. Proceso mantenimiento predictivo



GONZALEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Postgrado de gerencia de mantenimiento. Universidad tecnológica de Bolívar. 2005.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

#### **2.1.4 Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM**

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica.

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tiene en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

Objetivos del RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad:

El objetivo principal de RCM está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

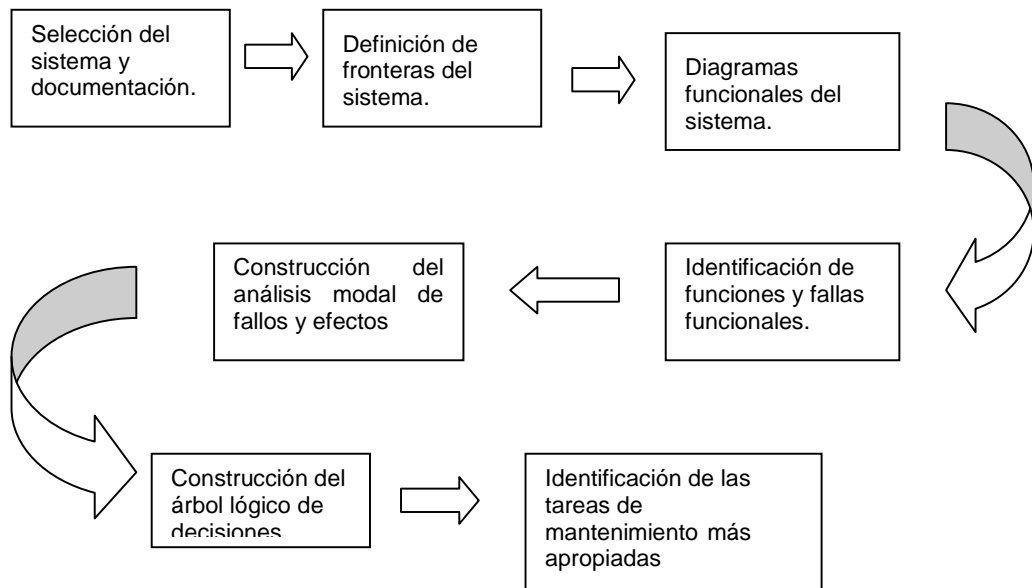
Ventajas del RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad:

- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en

las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.<sup>3</sup>

Para el alcance de los objetivos anteriormente descritos, se deben tener la secuencia de actividades, como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Implantación de un Plan de Mantenimiento Preventivo RCM:



<sup>3</sup> DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002. 360 p.

## **2.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

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

- La demanda del trabajo de mantenimiento tiene más variabilidad que el trabajo de producción y la llegada de la demanda es aleatoria por naturaleza.
- Los trabajos de mantenimiento tienen mayor variabilidad entre ellos; incluso los mismos tipos de trabajos difieren grandemente en contexto. Esto ha hecho que sea más difícil desarrollar estándares de trabajo en el área de mantenimiento que en producción. Para una planeación y programación acertadas son necesarios estándares de tiempos confiables para los trabajos.
- La planeación del mantenimiento requiere coordinación con muchos departamentos de la organización, como el de materiales, operaciones e ingeniería, y en muchas situaciones es una causa importante de atrasos y cuellos de botellas.
- Reducción en los costos de mantenimiento. Los estudios realizados por varios investigadores, incluyendo Alcan y General Motors, han demostrado que existe un vínculo claro entre el mantenimiento planeado y la reducción de costos.

- Mejor utilización de la fuerza de trabajo de mantenimiento al reducir demoras e interrupciones. También proporciona un buen medio para mejorar la coordinación y facilitar la supervisión.
- Mejor calidad del trabajo de mantenimiento al adoptar los mejores métodos y procedimientos y asignar a los trabajadores más calificados para el trabajo.

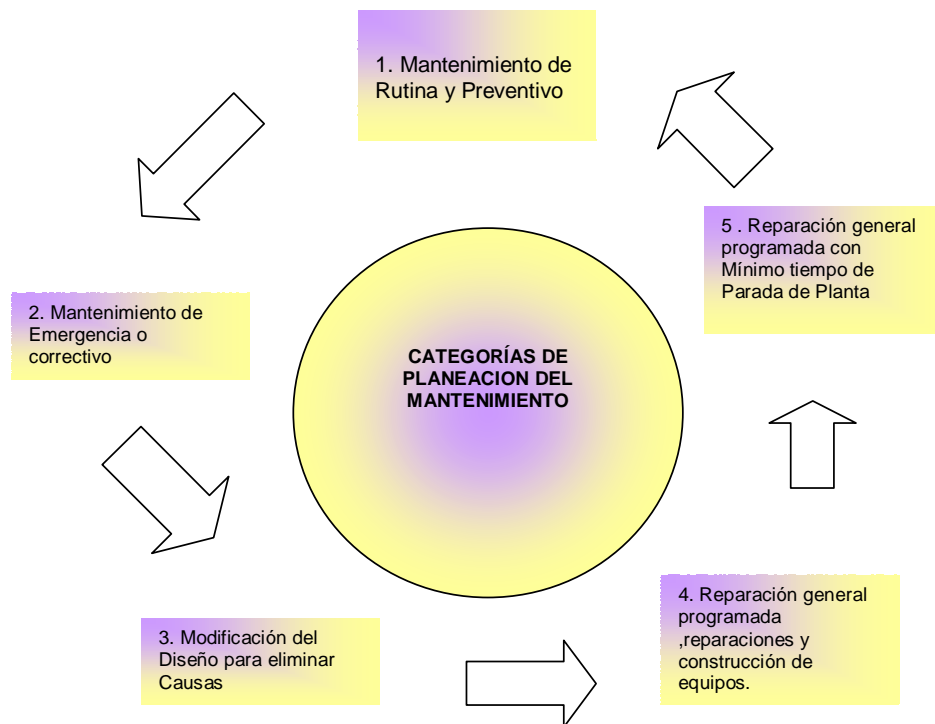
Los principales objetivos de la planeación y la programación incluyen:

- Minimizar el tiempo ocioso de los trabajadores de mantenimiento.
- Maximizar la utilización eficiente del tiempo de trabajo, los procesos, los materiales y los equipos.
- Mantener el equipo de operación en un nivel que responda a las necesidades de producción en términos del programa de entregas y de la calidad.

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

Para fines de planeación, el trabajo de mantenimiento puede clasificarse en las categorías que se encuentran en la figura 15.

Figura 15. Clasificación del trabajo de mantenimiento



Una parte esencial de la planeación y la programación es pronosticar el trabajo futuro y equilibrar la carga de trabajo entre estas categorías. El sistema de administración del mantenimiento debe buscar que más del 90% de trabajo de mantenimiento sea planeado y programado, a fin de obtener los beneficios de la planeación y la programación.

### 2.2.1 Planeación

La planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de

planeación de la mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo. En consecuencia, un procedimiento de planeación eficaz deberá incluir los pasos presentados en la figura 16.

La orden de trabajo de mantenimiento generalmente no proporciona suficiente espacio para señalar los detalles de la planeación para reparaciones extensas, reparaciones generales o grandes proyectos de mantenimiento. En tales casos, en donde el trabajo de mantenimiento (proyecto) es grande y requiere más de 20 horas, es útil llenar una hoja de planeación de mantenimiento. En la hoja de planeación del mantenimiento el trabajo se descompone en elementos. Para cada elemento se determinan el tamaño de la cuadrilla y el tiempo estándar. A continuación se transfiere el contenido de la hoja de planeación a una o más órdenes de trabajo. Al llenar la hoja de planeación o la orden de trabajo, el planificador deberá utilizar toda la experiencia disponible en el departamento de mantenimiento.

Figura 16. Procedimiento de planeación



Así pues, deberán realizarse consultas con supervisores, capataces, ingenieros de planta y trabajadores, y deberán estar bien coordinadas. Por lo tanto, la planeación y la programación de un trabajo requieren una persona con las siguientes cualidades:

1. Pleno conocimiento de los métodos de producción empleados en toda la planta.
2. Suficiente experiencia que le permita estimar la mano de obra, los materiales y los equipos necesarios para llenar la orden de trabajo.
3. Excelentes habilidades de comunicación.
4. Conocimiento de las herramientas de planeación y programación.
5. De preferencia, con alguna educación técnica.

La oficina de planeación deberá estar ubicada en un lugar central, y su organización dependerá del tamaño de la compañía.

El proceso de planeación puede dividirse en tres niveles básicos, dependiendo del horizonte de planeación:

1. Planeación a largo plazo (cubre un período de 5 años o más)
2. Planeación a mediano plazo (planea a 1 mes y hasta 1 año)
3. Planeación a corto plazo (planes diarios y semanales).

Para la planeación a largo plazo y mediano plazos, el planificador necesita utilizar los siguientes métodos:

1. Técnicas acertadas de pronósticos para estimar la carga de mantenimiento.
2. Tiempos estándar confiables para los trabajos a fin de estimar los requerimientos de personal.

3. Herramientas para la planeación agregada, como programación lineal, para determinar los requerimientos de recursos.

El plan a largo plazo cubre un período de 3 a 5 años y establece planes para actividades futuras y mejoras a largo plazo.

El plan a mediano plazo cubre un período de 1 mes a 1 año. Este plan especifica cómo operará la fuerza de trabajo de mantenimiento y proporciona detalles para reparaciones generales mayores, trabajos de construcción, planes de mantenimiento preventivo, paros de la planta y planeación de vacaciones. Este plan equilibra la necesidad de personal a lo largo del período cubierto y estima las refacciones requeridas y la adquisición de materiales.

La planeación a corto plazo se refiere a períodos de 1 día a 1 semana. Se concentra en la determinación de todos los elementos necesarios para realizar tareas del día a día.

### **2.2.2 Programación**

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo. Un programa confiable debe tomar en consideración lo siguiente:

1. Una clasificación de prioridades de trabajos que refleje la urgencia y el grado crítico del trabajo.
2. Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo están en la planta (sino, la orden de trabajo no debe programarse).

3. El programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones.
4. Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá, y no lo que el programador desea.
5. Flexibilidad en el programa (el programador debe entender que se necesita flexibilidad, especialmente en el mantenimiento; el programa se revisa y actualiza con frecuencia).

El programa de mantenimiento puede prepararse en tres niveles, dependiendo de su horizonte:

1. El programa a largo plazo o maestro, que cubre en período de 3 meses a 1 año.
2. El programa semanal que cubre 1 semana.
3. El programa diario que el trabajo que debe completarse cada día.<sup>4</sup>

El programa a largo plazo se basa en las órdenes de trabajo en blanco, los trabajos pendientes, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de emergencia anticipado. Debe equilibrar la demanda a largo plazo de trabajo de mantenimiento con los recursos disponibles. Con base en el programa a largo plazo se pueden identificar los requerimientos de refracciones y materiales y solicitarse por adelantado. El programa a largo plazo generalmente está sujeto a revisión y actualización para reflejar cambios en los planes y el trabajo de mantenimiento realizado.

El programa de mantenimiento semanal se genera a partir del programa a largo plazo y toma en cuenta los programas actuales de operaciones y consideraciones económicas. El programa semanal deberá permitir que se cuente con 10% a 15%

---

<sup>4</sup> DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002. 197 p.

de la fuerza laboral para trabajos de emergencia. El planificador deberá proporcionar el programa para la semana actual y la siguiente, tomando en consideración los trabajos pendientes. A las órdenes de trabajo programadas para la semana actual se les asigna una secuencia con base en su prioridad. El análisis de la ruta crítica y la programación entera son técnicas que pueden utilizarse para generar un programa. En la mayoría de las compañías pequeñas y medianas, la programación se realiza con base en reglas heurísticas y en la experiencia.

El programa diario se elabora a partir del programa semanal y generalmente se prepara el día anterior. Este programa con frecuencia es interrumpido para efectuar mantenimiento de emergencia. Las prioridades establecidas se utilizan para programar los trabajos. En algunas organizaciones, el programa se entrega al supervisor del área, quien asigna el trabajo según las prioridades establecidas.

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

1. Órdenes de trabajo escritas que se derivan de un proceso de planeación bien concebido. Las órdenes de trabajo deberán explicar con precisión el trabajo que se va a realizar, los métodos a seguir, los técnicos por especialidad necesarios, las refacciones que se necesitan y la prioridad.
2. Estándares de tiempo que se basan en las técnicas de medición del trabajo.
3. Información acerca de la disponibilidad de técnicos por especialidad para cada turno.
4. Existencias de refacciones e información para su reabastecimiento.
5. Información sobre la disponibilidad de equipo y herramienta especiales, necesarios para el trabajo de mantenimiento.

6. Acceso al programa de producción de la planta y conocimiento del momento en que las instalaciones estarán disponibles para servicio, sin interrupción del programa de producción.
7. Prioridades bien definidas para el trabajo de mantenimiento. Estas prioridades deben desarrollarse con una estrecha coordinación entre mantenimiento y producción.
8. Información acerca de los trabajos ya programados pero que se han atrasado con respecto al programa (trabajos pendientes).<sup>5</sup>

El procedimiento de programación deberá incluir los siguientes pasos:

1. Clasificar las órdenes de trabajo pendientes por especialidad.
2. Organizar las órdenes por prioridad.
3. Compilar una lista de trabajos completados y restantes.
4. Considerar la duración de los trabajos, su ubicación, distancia de traslado y la posibilidad de combinar trabajos en la misma área.
5. Programar trabajos de oficios múltiples para iniciarlos al comienzo de cada turno.
6. Emitir un programa diario (excepto para los proyectos y trabajo de construcción).
7. Autorizar a un supervisor para que asigne los trabajos (encargarse de su despacho).

Estos elementos proporcionan al programador los requerimientos y los procedimientos para desarrollar un programa de mantenimiento.

---

<sup>5</sup> DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002. 198 p.

### **3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE**

El manejo y la manutención de información técnica e histórica referenciada a la operación de los activos productivos de una compañía determinada, constituyen la base de la gestión de planes de mantenimiento, razón por la cual es quizás la etapa más importante para el desarrollo de este modelo, teniendo en cuenta que INMECIN LTDA no cuenta con la información suficiente.

La gestión de activos de INMECIN LTDA actualmente está procesada bajo lineamientos de poca importancia centrada en mantenimiento, prevaleciendo la constante limitante de interactuar frente a una necesidad técnicamente inminente de paro de los equipos, apoyada en la carencia de información casi en la totalidad, enfrentado al día – día bajo el modelo del bombero (apagando incendios) y complementando con la saturación operacional del equipo (producir, no invertir en mantenimiento), en donde solamente se implementa cuando la necesidad es extremadamente crítica y la explicación está sujeta a directrices técnicas y de procedimientos.

Para la recopilación de datos necesarios para lograr un mecanismo informativo, se presentará una estrategia constituida por varios parámetros, definida de la siguiente forma:

- Procesos de producción
- Inventario e identificación de los equipos productivos
- Funciones básicas equipos productivos.
- Datos técnicos de quipos productivos.

### 3.1 PROCESOS PRODUCTIVOS DE INMECIN LTDA

Se presentan dos procesos productivos para la prestación de servicios, tal como se muestra en la figura 17:

- Mecanizado y fabricación de piezas, cuyo enfoque está centrado en la elaboración de elementos mecánicos en materiales ferrosos y no ferrosos a través de las máquinas – herramientas (torno, taladros, fresadoras, etc.).
- Estructuras soldadas, proceso de fabricación de conjuntos de estructuras livianas, a través de procedimientos de arco revestido.

Figura 17. Diagrama de flujo de procesos productivos

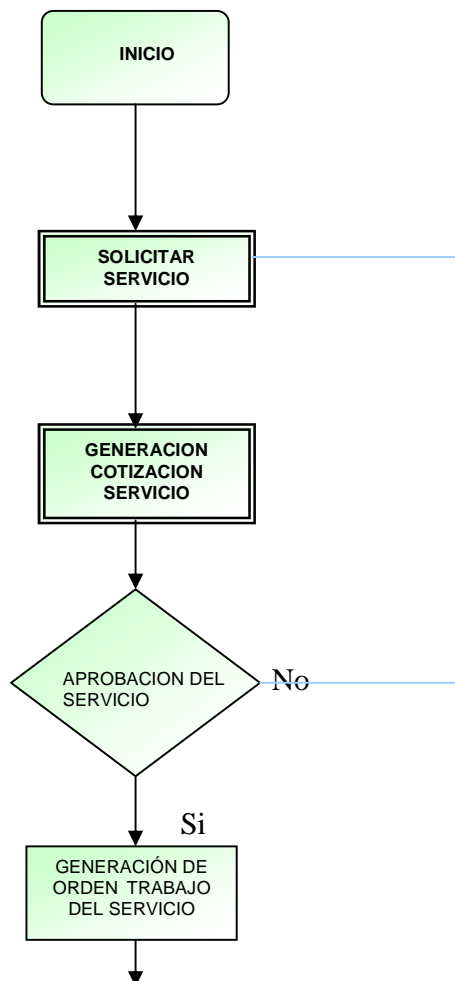
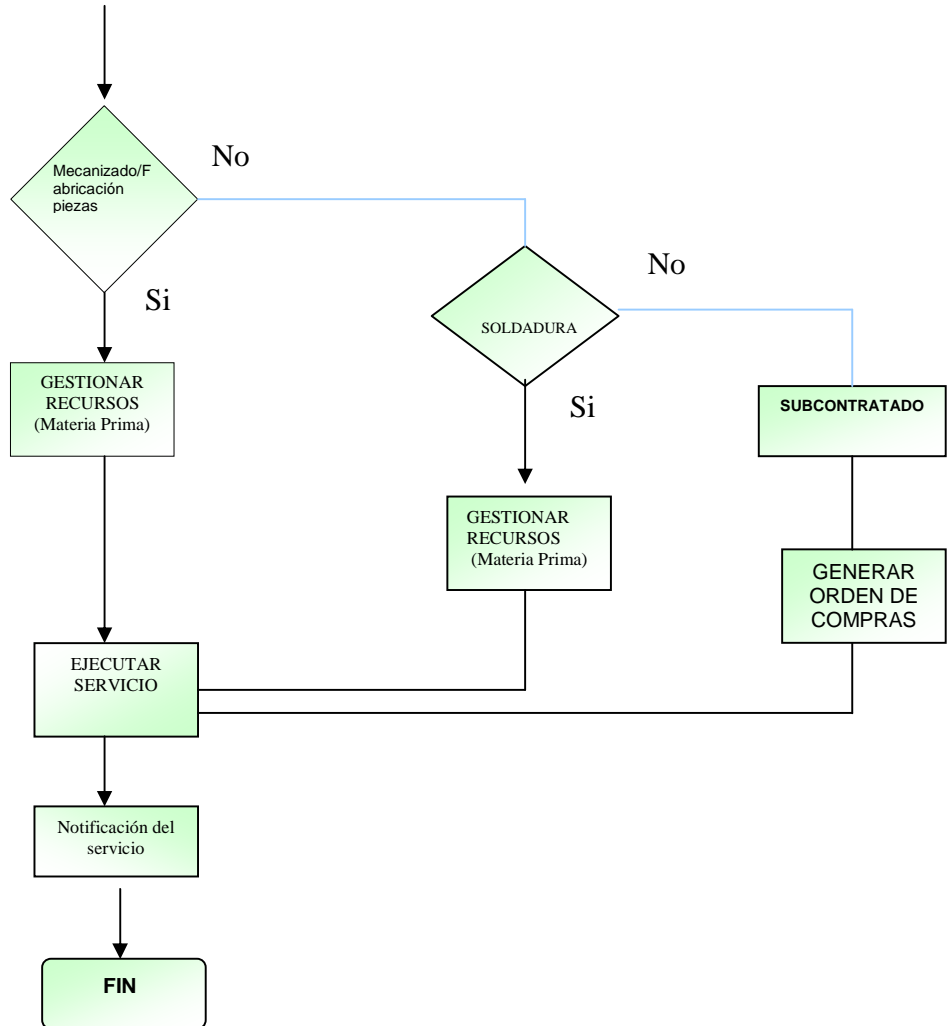


Figura 17. Diagrama de flujo de procesos productivos (Continuación)



### 3.2 IDENTIFICACIÓN E INVENTARIO DE EQUIPOS PRODUCTIVOS

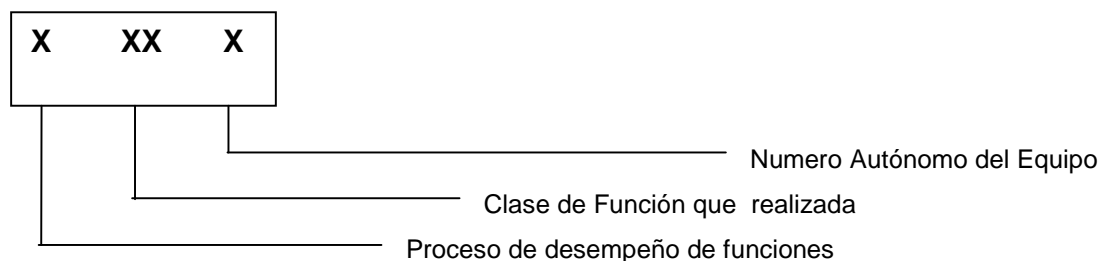
Establecer un código para los equipos productivos es una necesidad de la organización del mantenimiento.

Para el sistema de codificación se debe utilizar aquel, que satisfaga las condiciones y características de la empresa, que permita identificar

nemotécnicamente proceso productivo y función, que sea lo más corto posible, pero uniforme en su aplicación.

### 3.2.1 Estipulación de códigos de equipos

Se definirán los códigos de identificación de los equipos para mantener una metodología coherente y así facilitar el manejo de la información histórica de los mismos, mediante la siguiente formula:



El código del equipo estará definido por tres parámetros básicos:

- **Proceso:** Esta denominación, se basa en el tipo de proceso en el cual desempeña las funciones el equipo, se sabe que Inmecin Ltda. cuenta con dos procesos mecanizado y fabricación de piezas cuya identificación para los equipos será la letra F, aplica para los equipos que operen en este proceso y es la primera nomenclatura del código total. Para el caso del proceso de estructuras soldadas la identificación es la letra E.
- **Función realizada:** Se basa en la clase de función ejecutada por la maquina, que para el caso de estos procesos, existen máquinas para realizar torneado de piezas como el torno, también existen maquinas para realizar perforaciones como el taladro. Para el desbaste de materiales están las pulidoras y esmeriles entre otros.
- **Número autónomo del equipo:** Para una mejor identificación se define un número consecutivo, que muestra la independendencia entre los equipos que realicen la misma función en el mismo proceso.

Al analizar la codificación del total de todos los equipos nos da como resultado la identificación que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Códigos de equipos

<i>Proceso</i>	<i>Código ID</i>	<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>
Mecanizado	F011	Torno Horizontal Aris	1
	F012	Torno Horizontal Aris	1
	F031	Fresadora de Banco Condor	1
	F041	Prensa Hidráulica Power Team	1
	F051	Cepillo Imoturn	1
	F061	Pulidora Dewalt	1
	F062	Pulidora Dewalt	1
	F063	Pulidora Dewalt	1
	F071	Esmeril de Banco	1
	F072	Esmeril de Banco	1
	F081	Taladro de Banco Carolina	1
Soldadura	E091	Equipo de Oxicorte	1
	E092	Equipo de Oxicorte	1
	E101	Maquina de Soldar Lincoln	1
	E102	Maquina de Soldar Lincoln	1
	E103	Maquina de Soldar Lincoln	1

### 3.2.2 Intervención de operarios

En el proceso de recopilación de información técnica se evidencia que una de las fuentes que quizás es la de mayor importancia está dada por el reconocimiento que mantiene los operadores de sus equipos.

Tabla 3. Intervención operarios.

EQUIPO	NOMBRE OPERADOR	MODO FALLA	FRECUENCIA DE FALLA	TIEMPO DE USO	FABRICANTE	TIEMPO PARADA
Torno horizontal Aris	<i>Elkin Segovia</i>	Motor eléctrico (contacto bornera)	2 meses	19 años	Aris industrias	3 días
		Cremallera desgaste	1 año			8 día
		Cabezal desalineado (desajuste)	4 días			8 hrs.
Fresadora de banco Condor	<i>Manuel González</i>	Rotura correa	2 meses	19 años	Condor	1 día
		Caja velocidades trabada (piñón conducido picado)	8 días			1 hora
		Movimiento de banco duro	1 día			1 hora
Prensa hidráulica Power team	<i>Manuel González</i>	Rotura de manguera hidráulica	6 meses	12 años	Power Team	1 día
		Vástago desalineado	5 meses			3 días
Cepillo Imoturn	<i>Jairo Llamas</i>	Torpedo desalineado	10 días	16 años	Imocom	4 hrs.
		Prensa desajustada	3 días			1 hora
		Polea desalineada	3 días			2 hrs.
Taladro de banco Carolina	<i>Marcos Beleño</i>	Juego en mandril de agarre	2 días	15 años	Carolina Inc	1 hora
		Bornera motor eléctrico	2 meses			1 hora

### 3.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Un sistema de información es una herramienta para una administración y control adecuados. Debe diseñarse de tal manera que satisfaga los requerimientos de la administración del mantenimiento. Tiene un impacto significativo en el sistema de mantenimiento. Deberá contener todos los subsistemas necesarios que proporcionen información sobre equipo, carga de trabajo, control de refacciones y un sistema de informes oportunos.

#### 3.3.1 Hoja de vida de equipos

La hoja de vida de un activo, es un registro utilizado para el almacenamiento de información técnica del mismo, incluyendo adecuaciones, modificaciones, reparaciones entre otras que se han ejecutado a través de una línea de tiempo,

mientras este permanezca en uso. En la figura 18 se muestra el formato de hoja de vida.

Para la presentación de este registro dentro de la operación productiva de Inmecin, estipularemos varios parámetros:

- Parámetros funcionalidad (¿Cual es la Función del Equipo?)
- Capacidades técnicas de los equipos, (Alcances de operación, potencia, volteo, diámetros etc.)
- Partes Componentes (definir el subconjunto de partes componentes de una manera básica)
- Numero de ID, con el fin de establecer un orden informativo para mantenimiento.

Figura 18. Formato de hoja de vida de equipo

<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPO</b>			<b>INMECIN LTDA</b>	
<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>			<b>COD</b>	
<b>MARCA</b>	<b>LARGO X ANCHO X ALTO (MTS)</b>	<b>SERIE</b>	<b>PESO</b>	<b>MODELO</b>

<b>SERVICIOS PARA OPERAR</b>				<b>CAPACIDADES</b>
<i>HP</i>	<i>VOLT</i>	<i>AMP</i>	<i>RPM</i>	

<b>COMPONENTES</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>

<b>CUADRO HISTORICO</b>			
<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Fin</b>	<b>Descripción Actividad</b>	<b>No Orden Manto</b>

### 3.3.2 Solicitud De Mantenimiento

Como un proceso conformado, es necesario que la gestión de mantenimiento dentro de un consolidado productivo, posea entradas – se transformen-se conviertan en salidas o productos; para esta sección estableceremos la solicitud de mantenimiento como entrada o aviso cuya finalidad es la de manifestar una necesidad que se presente de forma correctiva o preventiva en el funcionamiento del equipo. En la figura x muestra el proceso de solicitud de mantenimiento.

Para la presentación de este registro (La figura 19 muestra el formato de solicitud de mantenimiento), se tendrá en cuenta algunos parámetros tales como:

- El nombre del solicitante, quien manifiesta la necesidad de mantenimiento
- La fecha en que se emite la necesidad
- La descripción del trabajo requerido acompañado del tratamiento de la necesidad a través de una orden de mantenimiento.

Figura 19. Formato solicitud de mantenimiento

INMECIN LTDA			
SOLICITUD DE MANTENIMIENTO			
Mantenimiento	Correctivo	Preventivo	
EQUIPO	SOLICITANTE	FECHA	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO		OM	
OBSERVACIONES			

### 3.3.3 Ordenes De Trabajo

La orden trabajo es una forma donde se detallan las instrucciones escritas para el trabajo que se va a realizar y debe ser llenada para todos los trabajos. En la industria se hace referencia a ella con diferentes nombres, como solicitud de trabajo, requisición de trabajo, solicitud de servicio, etc. La figura 21 muestra el formato de orden de trabajo para la empresa Inmecin Ltda.

Figura 20. Formato orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO							INMECIN LTDA		
Orden de trabajo núm. Fecha Ubicación Equipo núm.				Orden de trabajo núm. Fecha Ubicación Equipo núm.					
Prioridad		Emergencia <input type="checkbox"/>		Urgente <input type="checkbox"/>		Normal <input type="checkbox"/>		Programada <input type="checkbox"/>	
El trabajo debe completarse				Si <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>			
Descripción general del trabajo									
_____									
_____									
_____									
Mano de obra					Materiales				
Habilidades (oficio o especialidad)	Tiempo		Descripción detallada del trabajo	Partes		Precio			
	Est.	Real		Desc.	Parte núm.	Unidad	Total		
Aprobación del trabajo _____ Fecha terminación _____									

#### 4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y MODELO DE MANTENIMIENTO

El Análisis de Criticidad es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función del impactos global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones estableciendo un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgando un valor numérico o estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental y de seguridad, la producción. Establecer un orden de prioridades, que dependerá de la estructura jerárquica del proceso. Para enfocar al alcance de la propuesta y establecer cuales son los equipos críticos de la compañía, se utilizará como soporte estratégico el estudio de la matriz de criticidad (RAM) que confronta las probabilidades de ocurrencia con los posibles impactos económicos, ambientales y de seguridad para la compañía sumado al factor de utilización del equipo.<sup>6</sup>

Este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado: The Woodhouse Partnership Limited.

Este es un método semicuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: Frecuencia de fallas x consecuencias.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

---

<sup>6</sup> GONZALEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Postgrado de gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2005. 73 p.

## Criticidad Total Frecuencia x Consecuencias de fallas

**Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)**

**Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto + Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene) (\$,\$US)**

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo se presentan a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Factores ponderados a ser evaluados

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto.} + \text{Impacto SAH})$$

<b>Frecuencia de Fallas:</b>		<b>Costo de Mtto:</b>	
Pobre mayor a 2 fallas / año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 – 2 fallas / año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 ñ 1 fallas / año	2		
Excelente menos de 0.5 falla / año	1		
<b>Impacto Operacional:</b>		<b>Impacto en seguridad Ambiente Higiene (SAH):</b>	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7	Afecta el ambiente / instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
<b>Flexibilidad Operacional:</b>			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4		
Hay opción de repuesto compartido / almacén	3		
Función de repuesto disponible	2		
	1		

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). Una vez que se evalúan en

consenso cada uno de los factores presentados en la tabla anterior, se introducen en la fórmula de criticidad total y se obtiene el valor global de criticidad.

Máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados = 200.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad . Valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X. La figura 21 muestra la matriz de criticidad.

Figura 21 Matriz de criticidad

MC	MC	C	C	C
MC	MC	MC	C	C
NC	NC	MC	C	C
NC	NC	NC	MC	C

Área de sistemas No críticos NC

Área de sistemas de Media Criticidad MC

Área de sistemas Críticos

#### 4.1 ADECUACION DE MATRIZ DE CRITICIDAD SEGÚN CONTEXTO INMECIN LTDA

Para el contexto operacional de Inmecin, el concepto de matriz de criticidad como herramienta para el establecimiento de equipos críticos estará basada en tres

factores: Impacto Económicos, Ambientales y Seguridad, esto aplicado para el caso de la consecuencia; en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de la falla manejaremos los tiempos de frecuencias de fallas estipulados por el análisis de fallos de los equipos.

Impacto económico: La definición del impacto económico para Inmecin Ltda. se estableció teniendo en cuenta el criterio económico que posee la gerencia al momento de tomar decisiones, para demostrar lo anterior realizaremos el cálculo del costo de mantenimiento de un equipo como el torno Aris, con la finalidad de establecer los rangos de montos que representen cierto impacto económico (Costos de mantenimiento) para Inmecin Ltda., nos basaremos en las siguientes fórmulas<sup>7</sup>:

$$\text{- Costo del Mantenimiento Semanal} = \frac{\text{Costo de mantenimiento anual (CMPA)}}{\text{Semanas año (52)}}$$

$$\text{- CMA} = \text{Costo MO} + \text{Costo Repuestos} + \text{Costo Manto Subcontratado}$$

$$\text{- NHD (Nro Horas - Día)} = \text{Horas de Trabajo promedio en un día}$$

$$\text{- NDS (Nro Días - Semana)} = \text{Días de trabajo promedio del equipo en una semana}$$

El costo de Mantenimiento para el torno aris durante el año 2006 en promedio (CMPA) fue dado de la siguiente forma:

$$\text{Costo MO Propia} = \$ 207.579$$

$$\text{Costo Repuestos} = \$ 778.423$$

$$\text{Costo Mantenimiento Subcontratado} = \$ 311.369$$

---

<sup>7</sup> GUTIERREZ RAMÍREZ, Gernin Ernesto. Plan de mantenimiento para los equipos de Fumeco Ltda. Cartagena, 2004, 38 p. Tesis de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Tecnológica de Bolívar.

Para un total de \$ 1.297.372<sup>8</sup>, para efectos de análisis de los costos de mantenimiento tomaremos los costos promedios semanales CMPS, como resultado obtenemos que para este equipo el costo promedio de mantenimiento semanal es de \$ 24.911. en la tabla 5 se aprecia el costo de promedio de mantenimiento por equipo.

Tabla 5. Costos equipos

<b>Equipo</b>	<b>Costo Prom Año</b>	<b>Costo Prom Semanal</b>
Torno Horizontal Aris	1.297.372	24.949
Torno Horizontal Aris	1.297.372	24.949
Fresadora de Banco Condor	1.103.024	21.212
Prensa Hidráulica Power Team	213.304	4.102
Cepillo Imoturn	427.492	8.221
Pulidora Dewalt	267.800	5.150
Pulidora Dewalt	267.800	5.150
Pulidora Dewalt	267.800	5.150
Esmeril de Banco	145.600	2.800
Esmeril de Banco	145.600	2.800
Taladro de Banco Carolina	572.468	11.009
Equipo de Oxicorte	176.280	3.390
Equipo de Oxicorte	176.280	3.390
Maquina de Soldar Lincoln	52.676	1.013
Maquina de Soldar Lincoln	52.676	1.013
Maquina de Soldar Lincoln	52.676	1.013

Basados en el concepto económico de la gerencia de la compañía, el criterio que usaremos para definir la criticidad en el aspecto de mantenimiento en los factores ponderados están definidos así:

- Si el costo de mantenimiento promedio semanal es Mayor o igual a \$12.000 será igual a 2.
- Si el costo de mantenimiento promedio semanal es Inferior a \$12.000 será igual a 1.

<sup>8</sup> Información suministrada por la compañía

A continuación definiremos la criticidad de los equipos basados en el modelo de criticidad de factores ponderados basados en el concepto del riesgo para el torno Aris.

1. Frecuencia de Fallas : 4
2. Impacto Operacional : 4
3. Flexibilidad : 1
4. Costo de mantenimiento :2
5. Impacto en seguridad Ambiente Higiene:1

Calculamos la Consecuencia aplicando la formula,

$$\text{Consecuencia} = (4 \times 1) + 2 + 1$$

$$\text{Consecuencia} = 7$$

La frecuencia de fallas es igual a 4

Aplicando estos valores en la matriz de criticidad obtenemos que este equipo esta en la categoría MC, Medianamente critico.

En la tabla 6 se observan las categorías de criticidad para todos los equipos.

Tabla 6. Categorías de criticidad

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia de Fallas</i>	<i>Impacto Operacional</i>	<i>Flexibilidad Operacional</i>	<i>Costo Mantenimiento</i>	<i>Impacto en Seguridad Ambiente Higiene</i>	<i>Consecuencia</i>	<i>Categoría de Criticidad</i>
Torno Horizontal Aris	4	4	2	2	3	13	MC
Torno Horizontal Aris	4	4	2	2	3	13	MC
Fresadora de Banco Condor	4	4	2	2	3	13	MC
Prensa Hidráulica Power Team	2	4	1	1	2	8	NC
Cepillo Imoturn	4	4	2	1	7	16	MC
Pulidora Dewalt	2	1	1	1	3	5	NC
Pulidora Dewalt	2	1	1	1	3	5	NC
Pulidora Dewalt	2	1	1	1	3	5	NC
Esmeril de Banco	2	1	1	1	3	5	NC
Esmeril de Banco	2	1	1	1	3	5	NC
Taladro de Banco Carolina	4	4	2	1	1	10	MC
Equipo de Oxicorte	1	1	1	1	8	10	NC
Equipo de Oxicorte	1	1	1	1	8	10	NC
Maquina de Soldar Lincoln	1	1	1	1	8	10	NC
Maquina de Soldar Lincoln	1	1	1	1	8	10	NC
Maquina de Soldar Lincoln	1	1	1	1	8	10	NC

## **4.2 MODELO DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE INMECIN LTDA**

El modelo de mantenimiento se presentará a partir de los resultados obtenidos del análisis de criticidad de factores ponderados basados en el concepto del riesgo.

A continuación describiremos los modelos de planeación del mantenimiento preventivo básico para los cuatro equipos que resultaron medianamente críticos.

### **4.2.1 Torno Aris (Mantenimiento Básico)**

Una vez reconocidas las partes susceptibles de falla y de acuerdo a los manuales del fabricante se procedió a planificar en primera instancia las actividades presentadas en la tabla 7

Tabla 7. Mantenimiento básico torno aris

<b>a. Mantenimiento Mecánico</b>			
<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo Estimado</b>
Carro longitudinal	Lubricar (aceitera)	Diario	5 min
Cola de milano	Lubricar (aceitera)	Diario	5 min
Carro transversal	Lubricar (aceitera)	Diario	5 min
Dial de carro superior	Lubricar (aceitera)	Diario	5 min
Dial de pinola	Lubricar (aceitera)	Diario	5 min
Usillo de mando	Lubricar (aceitera)	Semanal	10 min
Barra de roscar	Lubricar (aceitera)	Semanal	15 min
Usillo de cilindrar	Lubricar (aceitera)	Semanal	10 min
Pinola del Contra punta	Lubricar (aceitera)	Diario	5 min
Delantal	Verificación de nivel (visual)	Semanal	30 min
Cremallera	Lubricar (manual)	Diario	10 min
Engranaje de cambio	Verificación de lubricación y engrasar (manual)	Mensual	1 hora
Nivel de aceite del cabezal	Verificación de nivel (visual)	Diario	30 min

<b>B. Mantenimiento Eléctrico</b>			
<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo Estimado</b>
Motor Eléctrico	Limpieza bornera	Semestral	15 Min
Motor Eléctrico	Revisión masa tierra	Semestral	20 Min
Motor Eléctrico	Lubricación de rodamiento (grasera)	Trimestral	10 Min
Motor Eléctrico	Ajuste acople	Anual	30 Min

#### 4.2.2 Fresadora de banco Condor

Una vez reconocidas las partes susceptibles de falla y de acuerdo a los manuales del fabricante se procedió a planificar en primera instancia las actividades presentadas en la tabla 8

Tabla 8. Mantenimiento básico fresa de banco

<b>A. Mantenimiento Mecánico</b>			
Componente	Actividad	Frecuencia	Tiempo Estimado
Cabezal	Cambio de rodamientos cabezal	Anual	5 hrs
Transmisión	Sustitución de rodamientos de todos los diversos puntos de la máquina	Anual	3 Hrs
Husillos de Mando	Sustitución de husillos y tuercas de los ejes	Anual	4Hrs
Husillos de Mando	Lubricar Husillos de Mando	Diario	10 Min
Depósitos	Limpieza de depósitos Taladrina	Semanal	20 Min
Depósitos	Cambio aceite taladrina	Semanal	10 Min
Carros Lon/Tansv	Reajustar regles cónicos de los carros	Semanal	15 Min
Carros Lon/Tansv	Lubricación de Carros	Diario	10 Min
Guías	Rectificado y rescateado de guías	Mensual	3 Hrs

<b>B. Mantenimiento Eléctrico</b>			
Componente	Actividad	Frecuencia	Tiempo Estimado
Motor Eléctrico	Limpieza bornera	6M	15 Min
Motor Eléctrico	Revisión masa tierra	6M	20 Min
Motor Eléctrico	Lubricación de rodamiento (grasera)	3M	10 Min
Motor Eléctrico	Ajuste acople	A	30 Min

### 4.2.3 Cepillo Imoturn

Una vez reconocidas las partes susceptibles de falla y de acuerdo a los manuales del fabricante se procedió a planificar en primera instancia las actividades presentadas en la tabla 9

Tabla 9. Mantenimiento básico cepillo

<b>A. Mantenimiento Mecánico</b>			
Componente	Actividad	Frecuencia	Tiempo Estimado
Sistema de Velocidades	Ajuste de poleas y correas	Semestral	1 Hrs
	Limpieza	Semanal	1 Hrs
	Engrase del sistema	Mensual	3 Hrs
	Cambio de buje del brazo oscilador	3 Años	8 Hrs

<b>B. Mantenimiento Eléctrico</b>			
Componente	Actividad	Frecuencia	Tiempo Estimado
Motor Eléctrico	Limpieza bornera	6M	15 Min
Motor Eléctrico	Revisión masa tierra	6M	20 Min
Motor Eléctrico	Lubricación de rodamiento (grasera)	3M	10 Min
Motor Eléctrico	Ajuste acople	A	30 Min

#### 4.2.4 Taladro de Columna

Una vez reconocidas las partes susceptibles de falla y de acuerdo a los manuales del fabricante se procedió a planificar en primera instancia las actividades presentadas en la tabla 10.

Tabla 10. Mantenimiento básico taladro de columna

<b>A. Mantenimiento Mecánico</b>			
Componente	Actividad	Frecuencia	Tiempo Estimado
Sistema de velocidades	Ajuste de poleas y correas	Semestral	1 hra
	Limpieza	Trimestral	20 Min
	Cambio de buje mando de husillo	3 Años	8 Hrs
Resorte de retorno	Ajuste y verificación de tensión	Diario	15 mln
Columna	Revisión y lubricación de la cremallera	Diario	10 Min
	Revisión del contrapeso	Semestral	30 Min
Mesa	Revisión de los prisioneros a la columna	Diario	5 Min

<b>B. Mantenimiento Eléctrico</b>			
Componente	Actividad	Frecuencia	Tiempo Estimado
Motor Eléctrico	Limpieza bornera	6M	15 Min
Motor Eléctrico	Revisión masa tierra	6M	20 Min
Motor Eléctrico	Lubricación de rodamiento (grasera)	3M	10 Min
Motor Eléctrico	Ajuste acople	A	30 Min

## 5. CONCLUSIONES

La presentación o implementación de un modelo de mantenimiento dentro de una compañía determinada siempre resultará de una u otra manera indispensable, puesto que se debe tener en cuenta el uso de variables como un sistema de información para verificar y mantener la sostenibilidad operacional de los equipos que intervienen en el proceso productivo de la compañía.

Después de realizar la presentación de un modelo de mantenimiento básico que comprendería el primer paso para la conformación de un conjunto de actividades para el mejoramiento continuo de la gestión productiva de Inmecin Ltda. podemos establecer una organización de la información técnica y funcional de las maquinas, a partir de un levantamiento homologado de los caracteres técnicos y los datos de funcionamiento suministrados por los propios operadores, es decir que para la realización de todo este análisis es necesario el manejo de datos, en el caso de una empresa que carece de esta información como lo es Inmecin Ltda. se torna más difícil, por ende la participación del personal relacionado con el funcionamiento de las maquinas es de suma importancia, pues ellos mantienen el historial.

Las generalidades del mantenimiento son conceptos utilizados en esta monografía como patrones, y así seleccionar un modelo de mantenimiento. Los conceptos utilizados se desarrollaron a través de la definición de la información recopilada, es decir, el análisis de criticidad que quizás es uno de los temas tratados más

relevantes de este proyecto que arrojo resultados esenciales para la generación del mantenimiento preventivo básico.

Esto enfocado a la definición de los equipos críticos que ocasionan una parada de producción en caso de que fallen, razón por la cual se les debe ofrecer prioridad.

Con la generación de formato de hojas de vidas de los equipos se estipuló un mecanismo practico para el almacenamiento de la información para así mantener una base de datos; de igual forma se generaron los procedimientos respectivos para tramitar la orden de mantenimiento con sus respectivos formatos, desde donde parte la solicitud de mantenimiento hasta la notificación de la orden.

Por medio de la generación de un sistema de información y un modelo de mantenimiento la empresa mejorará su gestión de mantenimiento, lo cual dará como resultado menos retrasos en las entregas de las servicios, menos fallas repetitivas, paradas de plantas y una mejor disponibilidad y rentabilidad a la compañía.

## BIBLIOGRAFÍA

NAVARRO ELOLA, Luís. Gestión ambiental de mantenimiento. España: Marcombo, 1997.

DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México; Limusa, 2002.

KIBBE, Richard. Manual de maquinas y herramientas, Vol 2. Ed Limusa. 1985.

RUEDA, Gustavo. Principios de mantenimiento. Postgrado en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 1999.

GONZALEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Postgrado de gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2005.

GUTIERREZ RAMÍREZ, Gernin Ernesto. Plan de mantenimiento para los equipos de Fumeco Ltda. Cartagena, 2004, 38 p. Tesis de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Tecnológica de Bolívar.

[www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)

[www.ceroaverias.com](http://www.ceroaverias.com)

[www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com)