



**Universidad Austral de Chile**  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**“MODELO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PARA LA PEQUEÑA Y  
MEDIANA INDUSTRIA, UNA APLICACIÓN PRÁCTICA.”**

Trabajo para optar al Título de:  
**Ingeniero Mecánico**

Profesor Patrocinante:  
Sr. Roberto Cárdenas Parra  
Ingeniero Mecánico

MARTIN RENFTEL RUDLOFF  
Valdivia-Chile  
2003

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del señor:

**MARTÍN RENFTEL RUDLOFF**

ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día \_\_\_\_\_, como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

Ing. Sr. Roberto Cárdenas Parra -----

Profesores Informantes:

Ing. Sr. Luis Cárdenas Gómez -----

Ing. Sr. Luis Loncomilla Igor -----

V°B° Director de Escuela

Sr. Enrique Salinas I. -----

## INDICE

Contenido	Página
Resumen.	1
Summary.	2
1. CAPÍTULO I “INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS”.	3
1.1. Introducción.	3
1.2. Objetivo General.	4
1.3. Objetivos Específicos.	4
2. CAPÍTULO II “ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO”.	5
2.1. Análisis de Condiciones Preliminares.	5
2.1.1. Política de la Empresa.	6
2.1.2. Ritmo de Producción.	6
2.1.3. Localización Geográfica.	7
2.1.4. Tipos de Máquinas y Equipos.	7
2.1.5. Uso de los Equipos.	8
2.1.6. Recursos Humanos.	8
2.1.7. Condiciones de Operación	8
2.2. Diagnóstico, evaluación del análisis	9
3. CAPITULO III “ESTRUCTURA DEL MODELO”	11
3.1. Introducción.	11
3.2. Visión del Departamento de Mantenición.	12
3.3. Misión del Departamento de Mantenición.	12
3.4. Objetivo del Modelo.	12
3.5. Estructura del Modelo.	13

4.	CAPITULO IV “DESARROLLO DEL MODELO”	17
4.1.	Introducción.	17
4.2.	Planeamiento.	17
4.2.1.	Amplitud del Plan.	17
4.2.1.1.	Factores para la determinación de la Amplitud del Plan.	18
4.2.1.2.	Desarrollo de la Matriz.	20
4.2.1.3.	Peso Relativo de cada Factor.	22
4.2.1.4.	Matriz para Determinar la Amplitud del Plan.	23
4.2.1.5.	Estructura de la Matriz.	23
4.2.1.6.	Forma de Llenado de la Matriz.	24
4.2.1.7.	Codificación de los Equipos.	26
4.2.1.8.	Datos de los Equipos.	27
4.2.2.	Criterios de Funcionamiento.	28
4.2.3.	Carga de Trabajo.	28
4.2.4.	Recursos para Desarrollar el Plan.	31
4.3.	Programación.	32
4.3.1.	Programación Carga de Trabajo.	32
4.4.	Ejecución.	33
4.4.1.	Ejecución Programa de Mantenimiento.	34
4.5.	Evaluación.	34
4.5.1.	Evaluación del Plan de Mantenimiento.	35
5.	CAPITULO V “APLICACIÓN PRÁCTICA”	38
5.1.	Introducción.	38
5.2.	Aplicación del Modelo de Mantenimiento.	39
5.3.	Aplicación en HORSEL Ltda.	41
5.4.	Amplitud del Plan.	42
5.4.1.	Desarrollo de la Matriz.	43

5.4.2.	Datos de los Equipos.	48
5.4.3.	Desglose de la Máquina.	52
5.4.4.	Actividades de Mantenimiento.	53
5.4.5.	Frecuencia de las Actividades.	56
5.5.	Plan Matriz de Mantenimiento.	57
5.5.1	Plan Matriz Ajustado.	60
5.6.	Ejecución del Programa de Mantenimiento.	61
6.	CAPITULO 7 “CONCLUSIONES”	64
6.1.	Conclusiones.	64
	Bibliografía.	65
	Anexos.	66

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal, diseñar un Modelo de Mantenimiento Planificado para ser aplicado en la pequeña y mediana empresa (PYME).

Con ese fin el trabajo comienza por definir una serie de condiciones preliminares, las cuales permitirán auscultar la realidad actual de la empresa en la cual se pretende implantar el Modelo. Posteriormente, se definen los métodos de Mantenimiento aplicables, explicando ventajas y desventajas de cada uno. El trabajo continúa con el desarrollo del Modelo, el cual contempla cuatro etapas, siendo estas:

1. Planeamiento: la cual define los equipos que se incluirán dentro del plan, criterios de funcionamiento de los equipos, la carga de trabajo (actividades de mantenimiento) y los recursos necesarios para desarrollar el plan.
2. Programación: cuya finalidad es programar las actividades definidas en Planeamiento.
3. Ejecución: que se preocupa de ejecutar, por medio de las ordenes de trabajo, las actividades ordenadas por Programación.
4. Evaluación: desarrolla y determina indicadores que permitan evaluar el plan de mantenimiento.

Como último punto, el trabajo contempla la aplicación práctica del Modelo, la cual se efectuó en la empresa HORSEL Ltda. de Valdivia. Esta aplicación considera las etapas de Planeamiento, Programación y Ejecución.

## SUMMARY

The present titulation work has by main objective to design a Plan of Maintenance to be applied to a small or medium industry.

The development of this work starts defining several preliminary conditions which will give a general idea of the reality of the industry where the model will be applied. The next step is to determinate the methods of maintenance apliable, explaining advantages and disadvantages of each one. This work is complemented by the development of the model, which contemplate four stages, which are:

1. Planing: which define the equipments that will be included in the plan, the standards of the equipment, determination of activities that need to be done and resources that are needed for the developpe of the plan.
2. Programation: where the activities that need to be done are programated.
3. Execution: which takes care about execute by means of the work orders, the activities defined in programation
4. Evaluation: where the aplicated maintenance plan is evaluated.

At last, the work contemplates the practical aplication of the designed model, which was done in HORSEL Ltda. in Valdivia. This aplication considers the development of the stages of Planing, Programation and Execution.

## CAPITULO I

### Introducción y Objetivos.

#### 1.1 INTRODUCCION:

La idea de diseñar un “Modelo de Mantenimiento Planificado”, nace de la necesidad existente de las Pequeñas y Medianas empresas (PYME) por incorporar mejoras en su gestión tendientes a hacerlas más eficientes.

Es sabido que, por lo general, estas empresas no cuentan con los recursos técnicos ni humanos para el desarrollo e implementación de dichas mejoras, por lo que la Universidad Austral de Chile en su rol social y de apoyo a este segmento, debe colaborar aportando el conocimiento para alcanzar dichos logros.

“Hoy día vivimos en un proceso de globalización que nos afecta a todos: economías abiertas y competencia en un nivel nunca visto presionan para abajo los precios de los productos finales, al mismo tiempo en que los costos sacrifican los volúmenes de ventas y los márgenes de lucro. En estos tiempos, actividades como el mantenimiento deben ser repensadas y redireccionadas, de manera a contribuir para los resultados de la empresa”. Luorival Tavares, (2000).

De acuerdo a lo señalado, las Pyme están obligadas a optimizar su gestión y ello implica que las actividades de mantenimiento deben también ser objetivo de dicha optimización.

Considerando que no existe a la fecha pautas que permitan planificar el mantenimiento en empresas de este tipo, es que nace la necesidad de desarrollar un instrumento que sirva para mejorar la gestión de mantenimiento en las Pyme, lo cual llevó a diseñar un Modelo de Mantenimiento Planificado.

Lo que se busca con el desarrollo del modelo, es crear una pauta que permita planificar el mantenimiento dentro de la Pyme y cuyo objetivo es mejorar la producción por la vía del aumento de la disponibilidad de las máquinas. Es importante constatar que el trabajo consiste en el diseño de un Modelo de Mantenimiento Planificado y su posterior aplicación. La evaluación de los resultados no forma parte de éste trabajo de titulación.

Para cumplir con lo señalado anteriormente se trabajará en desarrollar el modelo

de planificación de acuerdo a lo visto en la asignatura de Ingeniería de Mantenimiento además de una revisión bibliográfica.

## 1.2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de Planificación del mantenimiento para las Pymes y la aplicación práctica en una de ellas.

## 1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Con el desarrollo y aplicación del modelo se pretende:

- Mejorar los niveles de producción, por la vía del aumento de la disponibilidad de los equipos.
- Definir el modo de operación como una forma de planificar mejor el Mantenimiento.
- Capacitar al personal con técnicas más modernas en la gestión del Mantenimiento.
- Mayor planificación en el mantenimiento, como una forma de hacer más eficiente la producción.
- Mejorar la capacidad de Gestión de las Pymes.

## CAPITULO II

### Análisis y Diagnóstico.

#### 2.1 ANALISIS DE CONDICIONES PRELIMINARES

El modelo de mantenimiento esta diseñado para ser aplicado en las Pymes, en las que se deben dar las siguientes condiciones:

- a) Deben reunir ciertas características relacionadas con el grado de desarrollo tecnológico de sus equipos, fundamentalmente, deben poseer un mínimo de equipos susceptibles de mantener.
- b) Contar con cierta capacidad administrativa que permita la recolección, procesamiento y almacenamiento de información.
- c) Por último el propio deseo de incorporar una mejor gestión en su actividad. Es decir, tener el ímpetu y los conocimientos básicos relacionados con la optimización de los métodos de mantenimiento.

En el caso de la inexistencia de algunas de estas condiciones básicas, se hace necesario establecer alguna estrategia diferente al modelo, a objeto de poder llegar a satisfacerla. Por lo tanto, se requiere que previo a la aplicación del modelo, se determinen las condiciones en que se encuentre la Pyme en relación a los aspectos antes señalados para que en el caso de detectarse ciertas deficiencias, se busquen formas de lograr superar dichos aspectos deficitarios.

Por otra parte y también relacionado con lo anterior, se hace necesario conocer condiciones relativas a la empresa, que serán necesarias en el desarrollo del modelo, sobre todo cuando se requiere determinar las frecuencias de los trabajos de mantención o el Plan Matriz.

Por lo tanto, es requerimiento previo a la implementación del Modelo de Mantenimiento el efectuar un análisis y diagnóstico de la Pyme donde se ha de aplicar.

En los puntos siguientes, se mencionan los aspectos que se consideran necesarios analizar y que servirán por un lado, para diagnosticar las condiciones iniciales de la empresa y adoptar estrategias de mejora en los aspectos deficitarios y, por otro tener la

información para la implementación del modelo.

Los puntos que se hace necesario analizar son los que se indican a continuación:

#### 2.1.1 Política de la Empresa

Como se sabe las políticas son pautas para la toma de decisiones dentro de la empresa, las que son muy importantes ya que gracias a éstas aumentan las probabilidades de que diferentes empleados y ejecutivos tomen decisiones semejantes cuando afrontan en forma independiente o separada, situaciones parecidas.

En este punto se trata de auscultar la existencia en la Pyme de alguna política en cuanto al mantenimiento. Es decir, se trata de conocer como se aborda el mantenimiento, que recursos se destinan y, finalmente que tipo de mantención se efectúa.

#### 2.1.2 Ritmo de producción

Este criterio evalúa la forma en que se desarrolla la producción en la empresa. Dependiendo del ritmo de producción se deberá a futuro programar las actividades de mantenimiento. En la práctica, el ritmo de producción depende de los siguientes aspectos:

- a) Período o Régimen de Trabajo.
- b) Grado de Mecanización o Automatización.

Desagregando los aspectos definidos precedentemente se tiene que:

- a) El Período o Régimen de Trabajo se puede dividir en tres tipos de empresas diferentes:

- Empresa de funcionamiento en parte de la jornada laboral.
- Empresa de funcionamiento continuo.
- Empresa de temporada o fabricación por lote.

- b) Grado de Mecanización o Automatización

No obstante, se puede suponer que las Pyme poseen un bajo nivel de automatización, por lo que, se debe auscultar cual es el grado de mecanización o automatización de ellas, para lo cual se propone clasificarlas de la siguiente forma:

- Empresa no Mecanizada
- Empresa de Procesos Mecanizados
- Empresa de Procesos Automatizados

### 2.1.3 Localización geográfica

Este factor debe orientarse a la disponibilidad de medios y recursos, tanto materiales como humanos con la idea de realizar un mantenimiento más económico.

En la aplicación del Modelo es fundamental la definición de la localización geográfica, dado que podría ocurrir que la Pyme se emplase en:

- Ciudad.
  - Pueblo.
  - Lugares lejanos a los centros urbanos.
  - Lugares lejanos a los centros urbanos y con dificultad de acceso.
- 
- Es importante tener clara y definida esta situación pues ello implicará adoptar ciertas políticas de mantenimiento, fundamentalmente en cuanto a los stock de repuestos, tiempos de espera para la obtención de repuestos y disponibilidad de personal técnico y empresas de servicios de mantenimiento que puedan requerirse.

### 2.1.4 Tipos de maquinaria y equipos.

Al momento de hacer mantención es fundamental tener claro el tipo de maquinaria con que cuenta en la empresa. Estos bienes, desde el aspecto técnico, pueden ser:

- Automáticos con tecnología de punta.
- Automáticos.
- Mecánicos con tecnología de punta.
- Mecánicos con poco desarrollo tecnológico.
- Mecánicos simples.
- Equipos y elementos simples.

Es importante este aspecto, pues un mayor grado de automatización implica un mayor grado de expertise de los técnicos y maestros que la realizan.

Por otro lado equipos mecánicamente sencillos y que constan de elementos simples requieren una mayor cantidad de mano de obra para su mantención pero generalmente con un menor grado de expertez.

#### 2.1.5 Uso de los equipos

Es necesario disponer de la información o en su defecto auscultar el uso que se le da a los equipos, tanto en cantidad como en calidad de operación.

- Cantidad de Operación: en cuanto a horas de servicio por jornada.
- Calidad de Operación: sobre todo en relación a la calidad de los ambientes de trabajo.

#### 2.1.6 Recursos humanos

Este es un factor que debe ser conocido previo a la implementación del modelo, para así establecer si los requerimientos que demandan ciertas actividades de mantenimiento, están cubiertos con el personal con que se cuenta en la empresa, tanto en cantidad como en calidad y especialización.

Por lo tanto se debe auscultar:

- Cantidad de personal destinado a mantenimiento.
- Formación y especialidad.

#### 2.1.7 Condiciones de operación

La aplicación del Modelo de Mantenimiento, demanda una identificación de los trabajadores con el modelo y eso pasa previamente con la identificación que ellos tengan con la empresa, además del grado de satisfacción con lo que hacen y con los que se les retribuye económicamente. Por lo tanto, se hace necesario auscultar aspectos como los que se indican a continuación.

De este análisis se puede diagnosticar algunos cambios que a lo mejor no van a significar un gasto muy alto pero, eventualmente se podría mejorar la identificación del trabajador con la empresa y el grado de satisfacción del mismo. Por lo tanto, se debe auscultar:

- Comodidad en el trabajo, para saber como se siente el mantenedor en cuanto a este aspecto.
- Seguridad de las instalaciones. Se requiere conocer cuan seguro percibe el trabajador que son las instalaciones de la empresa y por otra parte conocer algunos indicadores sobre siniestros laborales causados por condiciones inseguras de las instalaciones.
- Seguridad de las personas. Este punto esta muy ligado con el anterior pero centrado en la seguridad de los trabajadores, se trata de analizar aspectos relacionados con la seguridad que cuenta el personal y qué implementación entrega la empresa para la seguridad de las personas. También se hace necesario conocer los índices de accidentes que ha sufrido el personal, específicamente, el de mantenimiento.

## 2.2. DIAGNOSTICO, EVALUACION DEL ANALISIS

Existe unanimidad entre los expertos y especialistas en cuanto a expresar que la implementación y aplicación de un modelo de mantenimiento o de un plan de mantenimiento pasa primeramente por un absoluto convencimiento de la gerencia o dirección superior. Tavares (2000).

Se trata que la gerencia no solo acepte la aplicación de un plan, sino que se requiere un absoluto, irrestricto y publicitado apoyo a tal actividad, sobre todo en las etapas iniciales.

Por otra parte el personal involucrado debe, ojalá constituirse en un aliado del nuevo modelo y, esto se logrará siempre y cuando exista el conocimiento y convencimiento por parte de ellos de los beneficios que reporta la planificación del mantenimiento. En este sentido, el diagnostico que pueda lograrse de lo auscultado se transforma en una muy buena herramienta para la aceptación del modelo. En el caso que, del diagnóstico se desprenda que el personal no tiene idea de los beneficios que pudiese tener la aplicación de una planificación del mantenimiento, se deberán elaborar actividades tendientes a capacitar al personal en este ámbito. También se puede llegar a determinar en la etapa de diagnóstico, que pese a que el personal sabe de las ventajas que trae una planificación del mantenimiento, igual no tenga mayor interés o motivación en la aplicación de cambios en esa dirección, en tal caso se deberán elaborar estrategias tendientes a revertir dicha actitud y lograr que el personal en definitiva internalice el

modelo de mantenimiento que se desea aplicar.

Se reitera lo señalado inicialmente en este punto, en cuanto a que el desarrollo e implementación del modelo, debe contar con el irrestricto apoyo de los dueños y/o gerencia de la Pyme pues en caso contrario lo más probable es, que el proyecto fracase o no se concluya y por ende sus resultados pueden derivar en un rotundo fracaso.

## CAPITULO III

### Modelo de Mantenimiento Planificado

#### 3.1. INTRODUCCIÓN.

De acuerdo a lo señalado en los capítulos anteriores queda de manifiesto la importancia del mantenimiento en las Pyme como la alternativa para hacerlas más competitivas, sobre todo frente a la apertura de mercados que le abren grandes posibilidades para vender sus productos. No obstante lo anterior también genera una amenaza en cuanto a que sus productos deben competir con otros provenientes de diferentes latitudes, por lo tanto, se hace imprescindible la necesidad de hacer más eficiente y eficaz la producción. De allí entonces la importancia que asume la gestión del mantenimiento como un motor de ayuda al proceso productivo de las Pyme.

Como resultado de lo auscultado y aplicando los conceptos de gestión de mantenimiento que hoy en día están vigentes, se ha optado por diseñar un modelo de mantención planificada que pueda ser aplicado sin mayores problemas en las Pyme.

Este modelo que se desarrolla en extenso en los puntos siguientes del próximo capítulo, se ha diseñado pensando en que debe ser un instrumento que permita incrementar la eficiencia de la empresa por la vía de una mayor disponibilidad de los equipos y además por la economía que significa el planificar el mantenimiento frente a la alternativa de un Mantenimiento Correctivo.

El modelo está estructurado en cuatro módulos que son: Planeamiento, Programación, Ejecución y Evaluación de los cuales, en la presente tesis, se desarrollan extensivamente los tres primeros y del cuarto solo se señala lineamientos generales toda vez que su aplicación deberá efectuarse una vez que se ha cumplido en la práctica las primeras tres etapas.

Se debe mencionar también, que las Pyme no necesariamente poseen un departamento de mantención y más aún, muchas veces ni siquiera existe conciencia ni conocimiento de los objetivos del mantenimiento y las ventajas de efectuar una planificación de dicha actividad, por tal motivo y, como una forma de lograr internalizar en la gente de las Pyme los conceptos de mantenimiento, se desarrollan a continuación dos conceptos muy importantes como son; la Visión y Misión del Área o Departamento

de Mantenimiento. Cabe hacer presente que la Visión y Misión del Departamento de Mantención es independiente de lo grande que pueda ser la empresa.

### 3.2. VISIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN.

La visión del Departamento de Mantención, debe apuntar a tomar conciencia que mantener es mucho más que su significado; perdurar, continuar en las mismas condiciones, o bien, conservar.

Mantener es mejorar las condiciones de los equipos y componentes de la empresa, es parte sustancial de la tarea de cualquier profesional del área de mantenimiento, esto desde el punto de vista de una mejora continua y sólo quienes trabajan de esta forma pueden lograr que sus empresas sean eficientes y rentables. Es así que hoy en día, se debe tener claro que mejorar implica hacer mejor lo que antes se hacía bien. Este conocimiento nunca tiene final, siempre habrá áreas o elementos a corregir, siempre habrá nuevos desafíos a asumir, siempre habrá nuevas técnicas a explorar.

### 3.3. MISIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN.

La misión del Departamento de Mantención, es asegurar a Producción la completa disponibilidad de los equipos procurando que no fallen durante el proceso productivo.

Para llevar a cabo con éxito la misión se deben plantear objetivos que apunten a cumplir con lo planteado. Estos objetivos deben estar relacionados con el Planeamiento, Programación, Ejecución y Evaluación de los sistemas de Mantenimiento. Cada objetivo debe ser analizado con cautela para definir las estrategias a emplear, es decir, se deben definir las técnicas y conocimientos a utilizar para cumplir con lo planteado.

### 3.4. OBJETIVO DEL MODELO.

El modelo de mantenimiento planificado, consiste en ordenar adecuadamente las actividades que relacionan recursos tecnológicos, materiales y humanos, con la idea de alcanzar el más importante objetivo, que es, minimizar las detenciones imprevistas del equipo ya que éstas generan atrasos en la producción, baja o alteración de la calidad y aumento de los costos de producción, es decir, el objetivo principal es mejorar los

niveles de producción por la vía del aumento de la disponibilidad de los equipos, con ello se logra una mejor eficiencia en la producción, lo que a la postre hace más rentable la actividad de la Pyme.

### 3.5. ESTRUCTURA DEL MODELO

Como se señaló, el Modelo consta de cuatro módulos o etapas que deben ser implementados secuencialmente (Planificación, Programación, Ejecución y Evaluación). Cada etapa implica lo siguiente:

#### a) Planificación.

Corresponde a todas las actividades previas a la ejecución misma del mantenimiento. En esta etapa, se determinan las máquinas que se incluirán en el plan de tal forma que, para las incorporadas al plan se les debe analizar su funcionamiento, revisando su historial en caso que lo haya, para efecto de generar las fichas de máquinas, sus modos y efectos de fallos como también la forma en que trabajan.

Con dicha información, se determinan los trabajos de mantención que deben efectuarse, los recursos necesarios tanto materiales como humanos, como también la frecuencia con que deben realizarse.

En resumen, se puede señalar que la primera etapa, la de Planificación, es la que determina las máquinas que han de mantenerse, la forma de los registros y lo que es muy importante los trabajos de mantención preventiva que requiere cada máquina considerando también los recursos necesarios y la frecuencia con que deben ser realizados dichos trabajos.

#### b) Programación.

La segunda etapa denominada Programación, corresponde a aquella en que se ordenen los trabajos, es decir, se confecciona el Plan Matriz de actividades, de acuerdo a los recursos reales con que se cuenta.

#### c) Ejecución.

La etapa de Ejecución, como su nombre lo indica, corresponde a la parte operativa del plan, es decir, a partir de la generación de las ordenes de trabajo se

ejecutan las actividades prácticas de mantenimiento, entregándose los registros correspondiente de lo que se ordena hacer, lo que se ejecutó y con información adicional del tiempo empleado y los costos de la operación, en general de aspectos técnicos conducentes a mejorar o a hacer más eficiente la actividad del mantenimiento.

d) Evaluación.

En esta última etapa, denominada Evaluación, se efectúan todos los análisis necesarios y de acuerdo a lo que se pretenda evaluar a objeto de saber si lo que se está ordenando hacer se hace, y por otra parte, los beneficios que la actividad de planificación de mantenimiento le ha significado a la Pyme.

Este punto es de vital importancia para conocer los resultados de la aplicación del modelo, sobre todo en cuanto a costos, disponibilidad de los equipos, etc.

Desagregando las cuatro etapas del Modelo se tiene:

1. Planeamiento:

1.1. Equipos que se incluirán en el plan.

- I. Registro de planta.
- II. Codificación.
- III. Datos de los equipos.
- IV. Análisis de criticidad.

1.2. Criterios de funcionamiento.

- I. Criterio de funcionamiento.
- II. Modos de fallas.
- III. Efecto de los fallas.
- IV. Consecuencia de los fallas.

1.3. Carga de trabajo.

- I. Trabajos específicos de mantenimiento.
- II. Frecuencia de ejecución de los trabajos.

III. Duración de los trabajos.

1.4. Recursos para desarrollar el plan.

I. Recursos materiales (Repuestos, Herramientas, Insumos, Stock).

II. Recursos humanos (Especialidad, Calidad, Cantidad).

2. Programación:

2.1. Programación de la carga de trabajo.

I. Ciclo económico de mantención.

II. Tiempo disponible para efectuar los trabajos.

III. Plan matriz.

3. Etapa de Ejecución:

3.1. Ejecución del programa de mantenimiento.

I. Sistema orden de trabajo.

II. Sistema de control de fallas imprevistas y repetidas.

4. Etapa de Evaluación

4.1. Evaluación del plan de mantenimiento.

I. Indicadores de rendimiento (Administración, Efectividad, Costos)

A continuación se presenta un cuadro resumen del Modelo:

<b>EQUIPOS QUE SE INCLUIRAN EN EL PLAN</b>	<b>CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>CARGA DE TRABAJO</b>	<b>RECURSOS PARA EL DESARROLLO DEL PLAN</b>	<b>PROGRAMACION CARGA DE TRABAJO</b>	<b>EJECUCION DEL PROGRAMA DE MTO</b>	<b>EVALUACION DEL PLAN DE MTO</b>
1. Registro de Planta. 2. Análisis de Criticidad. 3. Desarrollo de la Matriz. 4. Codificación. 5. Datos de los Equipos.	1. Criterio de Funcionamiento. 2. Modos de Fallas. 3. Efectos de las Fallas. 4. Consecuencias de las Fallas.	1. Trabajos Específicos de Mantenimiento. 2. Frecuencia de Ejecución de los trabajos. 3. Duración de los Trabajos.	1. Recursos Materiales. 2. Recursos Humanos.	1. Ciclo Economía de Mantenición. 2. Tiempo disponible para efectuar los trabajos. 3. Plan Matriz.	1. Sistema Orden de Trabajo. 2. Sistema de control de fallas imprevistas y repetidas. (Hoja de Vida)	1. Indicadores de Rendimiento. 2. Políticas de reemplazo de Equipos.
PLANEAMIENTO				PROGRAMACION	EJECUCION	EVALUACION

CUADRO N° 1 Esquema del modelo.

## CAPITULO IV

### Desarrollo del Modelo

#### 4.1. INTRODUCCION

El Modelo contempla el desarrollo de cuatro etapas; Planeamiento, Programación, Ejecución y Evaluación las cuales apuntan a aumentar la producción por la vía del aumento de la disponibilidad de los equipos.

En el capítulo anterior se detalló la estructura del modelo, dando a conocer como se desagregaban cada una de las cuatro etapas. En este capítulo se explicará cada uno de los conceptos que encierran los puntos de cada etapa.

Resulta imprescindible tener claro los conceptos del modelo, para de esta forma, poder aplicarlos en las PYME. Por lo tanto, para efectos de lograr dicha claridad en la posterior aplicación, se procede a explicar cada uno de los puntos en que se estructura el modelo.

#### 4.2. PLANEAMIENTO

Esta etapa es donde se construye la base de Mantenimiento Planificado y por ende, es la más importante, ya que es en esta etapa del modelo, donde se busca determinar aspectos que definan los equipos que se han de incluir en el plan. Para cumplir dicho objetivo, se propone el desarrollo de una matriz que permita determinar la criticidad de todos los equipos de la empresa. También busca saber cuales son las condiciones de operación de los equipos, determinar las actividades de mantenimiento, definir con que periodicidad se debe realizar dichas actividades y con que recursos, tanto materiales como humanos, se debe contar para efectuar las labores de mantenimiento anteriormente estipuladas.

##### 4.2.1. Amplitud del Plan

Se entiende por Amplitud del Plan, los equipos que se incorporarán al Plan de Mantenimiento.

Esta actividad es la primera dentro de la etapa de Planeamiento y como se señaló, corresponde a la determinación de cuales serán las máquinas a las que se les aplicará un mantenimiento preventivo.

Como se sabe, los recursos en las Pyme son limitados y resulta muy poco probable que se puedan incorporar todas las máquinas y equipos de la planta dentro del Plan, esto conlleva a tener que discriminar con criterios técnicos a objeto de poder determinar en forma científica, cuales serán las máquinas y equipos a las cuales se les hará Mantenimiento Preventivo.

Los criterios para discriminar pueden ser muchos y pueden variar de una empresa a otra, por lo tanto, a continuación se detallarán los que de acuerdo al modelo podrían emplearse, y corresponderá a la realidad de cada Pyme el grado de importancia específica que se le otorgue.

#### 4.2.1.1. Factores para la determinación de la Amplitud del Plan.

En base a lo señalado, a continuación se definen diez factores que pueden ser considerados para los efectos de determinar la amplitud del plan.

En el caso de la aplicación particular del modelo, estos factores deben servir de referente pues en definitiva se usarán aquellos que más se ajusten a la realidad de la Pyme. También es posible que existan otras de acuerdo a la particularidad de la empresa.

A continuación se indican diez (10) factores, los que llamaremos “factores críticos”, a considerar para el ordenamiento de la mantención planificada (en orden de prioridad):

##### a) Productividad:

En este punto, se debe analizar si la falla del equipo produce detenciones generales, cuellos de botella o daños a otras instalaciones, dicho de otra manera, de que forma influye en la producción de la empresa la detención del equipo, es decir, la importancia que tiene la máquina dentro del proceso productivo de la PYME.

##### b) Seguridad del personal:

En este punto se debe tomar en cuenta si la falla del equipo produciría accidentes del trabajo o catástrofe en alguna instalación.

##### c) Medio ambiente:

Se refiere a qué tan contaminante para el medio ambiente podría resultar una falla del equipo. Además visto desde otro punto la empresa se expone a posibles sanciones de entidades fiscalizadoras.

d) Calidad del producto:

Debe estudiarse si la falla del equipo afecta la calidad del producto, ya que sin provocar disminución en la producción, la falla de éste puede afectar la calidad del producto de tal manera que éste sea rechazado.

e) Costo de la mantención:

Un punto importante dentro de los factores a considerar, para el ordenamiento de la mantención planificada, es el costo de la mantención del equipo, ya que se debe saber si el costo de la mantención preventiva sobrepasa la suma de los costos de pérdida de producción, por falla de la máquina, más los de reparaciones correctivas.

f) Relación con otros procesos

Se refiere a que si el flujo o línea de producción en la que esta inmerso el equipo se ve afectada por la detención de éste. También se debe analizar si se trata de sistemas integrados, es decir, si confluyen distintas líneas de producción ya que si es así la detención del equipo sería aún más grave.

g) Equipo adicional disponible:

Es importante saber si existe un equipo reemplazante que pueda ponerse en funcionamiento de forma rápida o inmediata.

h) Estado del equipo:

Siempre es importante tratar de determinar el estado actual en que se encuentra el equipo, el que normalmente se puede clasificar de la siguiente manera:

Equipo Nuevo: con un uso de hasta el 5% de su vida útil

Equipo Bueno: con un uso entre el 5% y el 50% de su vida útil sin daños mayores o

peligrosos

Equipo Regular: con un uso entre el 50% y el 80% de su vida útil

Equipo Malo: con un uso sobre el 80% de su vida útil

El plan de mantenimiento deberá ocuparse de los equipos nuevos y buenos en primer lugar y luego del equipo que se encuentra en regular estado. Para un equipo que se encuentra en mal estado no es aconsejable que se le realice mantención.

i) Costo del equipo:

Se debe analizar si el alto o bajo costo del equipo justifica algún tipo de mantenimiento.

j) Equipo desechable:

Cuando la vida útil esperada de la máquina, excede con creces a las necesidades de la producción implica que el equipo no requiere mantención. Es el caso de las máquinas que por sus condiciones de fabricación no tienen reparación, sino que deben ser reemplazadas cuando fallan.

#### 4.2.1.2. Desarrollo de la Matriz.

En el primer punto, se definen los factores o criterios recomendados para la determinación de la Amplitud del Plan. Corresponde ahora desglosar cada uno de esos factores en niveles que reflejen en particular cada factor.

En el modelo se ha optado por definir cinco niveles, pues de esta forma se refleja de mejor manera las diferencias que pudiesen existir dentro de cada factor.

Los niveles por factor que se determinan son los siguientes:

1. Productividad.

1 ? No genera retardo en la producción.

2 ? Retarda la producción.

3 ? Para la producción de la máquina.

4 ? Para línea o sección.

5 ? Para toda la planta.

2. Seguridad del personal.

- 1 ? No existe riesgo alguno.
- 2 ? Mínimo riesgo del personal.
- 3 ? Riesgo considerable.
- 4 ? Riesgo importante.
- 5 ? Riesgo extremo.

3. Medio ambiente.

- 1 ? No existe riesgo alguno.
- 2 ? Mínimo riesgo ambiental.
- 3 ? Riesgo considerable.
- 4 ? Riesgo importante.
- 5 ? Riesgo extremo.

4. Calidad del producto.

- 1 ? No afecta.
- 2 ? Afecta parcialmente la calidad.
- 3 ? Afecta la calidad a menor valor.
- 4 ? Afecta la calidad a pérdida parcial.
- 5 ? Afecta la calidad a pérdida total.

5. Costo de la mantención.

- 1 ? Muy elevado.
- 2 ? Elevado.
- 3 ? Normal.
- 4 ? Bajo.
- 5 ? Muy bajo.

6. Relación con otros procesos.

- 1 ? No existe.

5 ? Sí existe.

7. Equipo adicional disponible.

1 ? Sí existe.

2 ? No existe.

8. Estado del equipo.

1 ? Muy mal estado.

2 ? Mal estado.

3 ? Regular estado.

4 ? Buen estado.

5 ? Muy buen estado.

9. Costo del equipo.

1 ? Muy bajo.

2 ? Bajo.

3 ? Regular.

4 ? Alto.

5 ? Muy alto.

10. Equipo desechable.

1 ? Sí.

2 ? No.

4.2.1.3. Peso relativo de cada Factor.

Hasta el momento se han definido diez factores que permiten determinar la amplitud del plan, desagregados en cinco niveles cada uno de ellos. Pero se debe tener claro, que cada factor no necesariamente debe tener la misma importancia por lo que corresponderá en particular a cada Pyme donde se aplique el modelo, definir el peso relativo de cada factor.

Por lo tanto cada factor tendrá un determinado peso relativo de tal manera que la

suma de todos ellos debe ser igual a 1 o al 100%. Así:

$$\boxed{\sum \chi_n = 1}$$

Con:

$\chi$  = Peso Relativo Factor

$n = 1 ? 10$  = número de factores

#### 4.2.1.4. Matriz para determinar la Amplitud del Plan.

En el punto 5.2.1. se explicó el concepto de amplitud del plan señalando que para determinar las máquinas que han de incorporarse al Mantenimiento Preventivo se hace necesario definir factores, niveles y determinar su peso relativo. Todo esto requiere de una cuantificación.

Por tal motivo, se ha diseñado una matriz en la que se reúne y cuantifica la información para cada máquina de la PYME y permite determinar en forma rankeada la importancia de cada máquina desde la óptica de los factores seleccionados.

La matriz constituye una valiosa herramienta en la toma de decisiones de las máquinas que se incorporarán al Plan de Mantenimiento. Por tal motivo se deberá tomar la decisión a partir del ranking obtenido y teniendo además en consideración los recursos que se está dispuesto a destinar en el mantenimiento por parte de la Pyme. También se puede tener en consideración información adicional para la determinación de la amplitud.

#### 4.2.1.5. Estructura de la Matriz.

En el cuadro N°2 se muestra la estructura de la matriz. En el caso general se han definido 14 columnas y el número total de filas será de acuerdo a la cantidad de máquinas que tenga la empresa.

La primera columna corresponde al número correlativo de las máquinas. La segunda columna al nombre de la máquina o equipo y en la tercera se debe anotar el código de la máquina si es que lo tuviese.

Las columnas siguientes corresponden a los diferentes factores que se consideran

para efectos de determinar la amplitud, o sea, diez columnas. La última columna corresponde a la suma de los valores ponderados que se asignan a cada máquina y que en particular se definen en el punto siguiente.

#### 4.2.1.6. Forma de llenado de la Matriz.

Para poblar la matriz con la información correspondiente se debe tener previamente definido y evaluado lo siguiente:

- a) Los factores que se consideran.
- b) Los niveles por factor y la asignación del puntaje que para el modelo va de 1 a 5.
- c) El peso relativo de cada factor. Al respecto, se debe asignar un valor porcentual a cada factor debiendo la suma ser igual al 100%.

A continuación se procede a llenar la matriz en las columnas 1, 2, y 3 para la identificación de cada máquina. Enseguida corresponde la evaluación de cada factor, cuyo valor se debe anotar en el casillero correspondiente a la máquina y factor evaluado, es decir, se deberá llenar el casillero de la máquina con el valor correspondiente al nivel que se asigna por factor.

Corresponde ahora incorporar el peso relativo de cada factor, de tal manera, que cada nivel asignado a la máquina, en el factor evaluado, se debe multiplicar por el porcentaje que se le ha asignado, o mejor dicho la importancia que se le otorga al mismo factor (peso relativo), dando origen con esto a una segunda matriz. Esto se puede hacer en el programa computacional Excel e indexar la segunda matriz.

En la segunda matriz se suma cada valor y esa suma queda reflejada en la última columna. Por último, una vez evaluadas las máquinas, se deben agrupar en orden correlativo.

	<b>EQUIPO</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Fact.#1</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#2</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#3</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#4</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#5</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#6</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#7</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#8</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#9</b> <b>(%)</b>	<b>Fact.#10</b> <b>(%)</b>	<b>VALOR</b> <b>TOTAL</b>
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													

CUADRO N°2 “Matriz”.

Con:

Fact.#1	=	Productividad.
Fact.#2	=	Seguridad del Personal.
Fact.#3	=	Medio Ambiente.
Fact.#4	=	Calidad del Producto.
Fact.#5	=	Costo de la Mantención.
Fact.#6	=	Relación con otros Procesos.
Fact.#7	=	Equipo Adicional Disponible.
Fact.#8	=	Estado del Equipo.
Fact.#9	=	Costo del Equipo.
Fact.#10	=	Equipo Desechable.

El símbolo porcentual (%) que se indica bajo cada factor corresponde al peso relativo de cada uno, el cual puede ser expresado en forma decimal.

#### 4.2.1.7. Codificación de los Equipos.

Resulta muy ventajoso el poder contar con una codificación de equipos que permita en forma expedita nombrar una máquina y facilitar una futura mecanización de toda la información. No obstante las limitaciones económicas que pueden existir en el sector de las Pyme, se estima que se hace imprescindible contar con un computador que permita agilizar la gestión en general de la empresa.

Es por ello que resulta necesario lograr una codificación de equipos para generar una base de datos tanto de los equipos en sí, como en relación a toda aplicación del Modelo.

Es preciso mencionar que no está dentro de los objetivos de esta tesis estructurar un sistema de codificación, no obstante, se ha considerado necesario efectuar ciertas recomendaciones para que la codificación que se sugiera contemple a lo menos la siguiente información:

- Tipo de Máquina.
- Área a la que pertenece.
- Emplazamiento.
- Número correlativo.

Esta información deberá ajustarse a las particularidades de cada empresa donde se aplique el modelo, siendo lo esencial lo señalado inicialmente en cuanto a tener un código tal vez alfanumérico que busque identificar cada máquina dentro de la empresa sobretodo de aquellas que se han de incorporar al plan.

#### 4.2.1.8. Datos de los Equipos.

La planificación del mantenimiento y en particular el modelo que se desarrolla, requiere que se genere una base de datos de cada equipo o máquina que se incorpora al plan.

Lo recientemente señalado corresponde a confeccionar una ficha de cada máquina en la cual se detalle todo el historial de ésta, es decir, los datos del proveedor, las especificaciones técnicas tanto generales como particulares, además en esta ficha técnica se debe señalar los repuestos más usados y debe actualizarse paulatinamente con todos los cambios que pudiesen hacerse en el transcurso de su vida útil. Es posible además incorporar a esta ficha técnica los costos asociados al mantenimiento.

Otro factor muy importante es lograr, en la medida que sea posible, homologar los repuestos que eventualmente tiene la máquina como stock, o los que normalmente son utilizados, esto como una forma de desarrollar una incipiente economía de escala, que permita bajar los costos por stock de repuestos.

En el anexo N°1, se propone un modelo de ficha técnica acompañada de la hoja de vida del equipo, debiendo quedar en claro que lo que esta tesis plantea, es un Modelo de Planificación del Mantenimiento y por ende, la aplicación de este modelo en las Pyme, requiere que se haga lo indicado en estos puntos, pero dependerá de las condiciones particulares de cada Pyme como se hagan en este caso, las fichas técnicas.

En base a lo señalado, se puede inferir a priori, que la aplicación del modelo debe ser efectuada por personal calificado, con conocimiento tal y más avanzado de la gestión de mantención, lo que hace suponer que eventualmente el personal de la Pyme podría no estar calificado para desarrollar dicho trabajo en cuyo caso se debería tercerizar el trabajo de aplicación del Modelo.

#### 4.2.2. Criterios de Funcionamiento.

Desde el punto de vista de la aplicación del Modelo, se debe tener en claro los Criterios de Funcionamiento de los equipos involucrados en el plan, ello como una forma de determinar primero, en que momento se puede intervenir el equipo y por otra parte qué requerimientos se generan producto de la intervención.

Una vez definidos los equipos que se involucrarán dentro de la planificación de las labores de mantenimiento, se debe analizar que efectos producen estas fallas en la misma máquina o equipo y, que consecuencias tiene la detención o falla del equipo en la línea de producción.

Por ejemplo, una falla sencilla y barata de reparar sería la rotura de una correa transmisora. Lo más probable es que no ocasione daños mayores a la máquina pero sí puede detener la línea de producción, lo que se traduce en pérdidas importantes para la empresa.

Es así como los efectos de las fallas en las máquinas y las consecuencias de estos en la producción deben ser estudiadas cuidadosamente puesto que están muy ligados entre sí.

#### 4.2.3. Carga de Trabajo

La carga de trabajo consiste en determinar las actividades de mantención de acuerdo a una planificación, es decir, que para cada máquina se deben especificar una serie de trabajos que se le realizarán en forma planificada. Es preciso mencionar que estos trabajos deben realizarse con una determinada periodicidad. Además cada equipo tiene un requerimiento de recursos ya sea materiales (insumos, repuestos, etc.) como humanos (cantidad, expertez, etc.)

Para definir los trabajos de mantención a que deberá ser sometido un equipo, se dividirá éste en subconjuntos principales y luego éstos en sus partes. Se seleccionan todos aquellos subconjuntos que constituyen en sí unidades independientes que pueden ser cambiadas completamente si es necesario.

Para seleccionar las partes que deberán analizarse en detalle, hay que fijarse principalmente en aquellas que están más expuestas a sufrir desgaste, deterioro, golpes, desajustes o suciedad. Las piezas lubricadas deben analizarse detalladamente, ya que el lubricante se pierde paulatinamente, por lo que, debe ser cambiado o rellenado con cierta

periodicidad.

Así, cuando se tengan equipos involucrados en la cadena productiva, para realizar trabajos de mantenimiento se debe procurar que ellas constituyan “Unidades Homogéneas”, lo que consiste en realizar trabajos similares a una misma máquina, es decir, aprovechar que la máquina o equipo se encuentra desarmada para realizar varias mantenciones. Un ejemplo claro es el que se produce al momento de cambiar una correa transmisora ya que es en ese instante en que se debe aprovechar de revisar o cambiar el rodamiento de la polea. Este sistema permite el ahorro de tiempo ya que se evita el desarme y detención de la máquina dos veces.

Por otro lado, se debe procurar que la subdivisión esté hecha de tal modo que se puedan hacer todos los trabajos necesarios en cada unidad, ya sean los eléctricos, hidráulicos, mecánicos, reparación de instrumentos, etc.

Para cada parte en que se ha dividido la máquina, deben especificarse ahora los trabajos que necesita. Estos trabajos se pueden clasificar en:

- Inspecciones: las que consisten en revisar las partes de la máquina que están más expuestas o propensas a sufrir desgaste o deterioro.
- Lubricaciones: que deben ser realizadas periódicamente puesto que el lubricante se pierde con facilidad lo que deriva en un mayor desgaste de la pieza.
- Ajustes: se deben realizar seguidamente para procurar el correcto funcionamiento de las piezas y partes móviles de la máquina.
- Cambios: la planificación de los cambios de piezas debe ser efectuada de tal manera que se aproveche al máximo la pieza pero sin correr el riesgo de sufrir una detención imprevista.
- Reparaciones: estas deben realizarse de forma rápida y eficiente con el fin de detener el menor tiempo posible el equipo.

Se debe mencionar que tanto las inspecciones como las lubricaciones no forman parte del plan de mantenimiento ya que deben ser realizados todos los días.

En esta etapa de análisis se describen los trabajos de mantenimiento que se

realizarán a cada subconjunto y cada parte de él, definiendo el procedimiento a seguir y la técnica a emplear, lo que implica hacer un estudio de cada máquina o equipo para determinar cuales son los trabajos específicos de mantenimiento que se le deben realizar. Es un trabajo arduo pero de mucha importancia para todo el plan, por cuanto es la base tecnológica sobre la que se construye.

Los aspectos recién mencionados permiten determinar, por ejemplo, la cantidad de gente necesaria para la realización de labores de mantención, grado de especialización del personal y régimen de trabajo, así como también los repuestos y materiales necesarios (tipo y cantidad), herramientas, instrumentos, equipamiento en talleres, etc.

Es importante que al momento de desarrollar este punto del plan, se tome en cuenta la tecnología de mantención disponible en la empresa representada por sus Técnicos y Operarios. Su deber es usar también las fuentes de información dadas por el fabricante de la máquina y tomar en cuenta la experiencia del personal la que junto con todos los registros de mantención existentes forman una base de datos muy importante.

Es en estos registros donde se encuentran datos tales como las partes que sufren mayores desgastes, aquellas que se deterioran con facilidad, repuestos más solicitados, duración de los repuestos, modificaciones sufridas por las máquinas, personal empleado y tiempos de detención entre otros.

La determinación de los trabajos de mantención junto con la frecuencia de éstos tienen una enorme influencia en los costos de la misma y en la calidad de ella, ya que un exceso de trabajos encarecerá el mantenimiento a tal punto que se superarán los gastos preestablecidos, así como también una falta de trabajos podrá abaratar los costos pero producirá una mayor cantidad de fallos imprevistos. Es por esto que se debe buscar el justo equilibrio de los trabajos a realizar cuya base se encuentra en el dominio de lo que se debe hacer y el conocimiento de las partes que deben ser intervenidas.

Una vez definidos los trabajos específicos de mantenimiento, debe determinarse la frecuencia con que se realizan, para esto es importante definir y tener claro el significado de “vida útil” de un equipo.

La “vida útil” de un equipo, de un subconjunto o una parte es el tiempo estimado que se espera durará en servicio, con buen rendimiento y sin presentar fallas mayores.

Este concepto es fundamental en mantenimiento preventivo, ya que sirve para determinar no solo la duración total del equipo, subconjunto o parte sino también la duración parcial entre trabajos de mantenimiento.

Hay máquinas que disponen de múltiples mecanismos de control y diagnóstico incorporados, que emiten señales cuando ciertas condiciones están llegando a valores límites. Otras incorporan dispositivos de ajuste automático de las tolerancias, que evitan intervenciones de mantención o alargan la vida útil.

Al iniciar el plan de mantención preventiva se debe estimar la vida útil de un equipo para que después de un año de operación se puedan corregir y ajustar a valores más reales de acuerdo al historial que se va acumulando en los registros de mantención.

Una vez analizados estos factores, debe determinarse la duración de los trabajos para lo cual es fundamental contar con la experiencia e información entregada por el personal de mantenimiento, ya que es la única forma de poder dejar estipulado la duración de cada trabajo.

#### 4.2.4. Recursos para Desarrollar el Plan

Como ya se han definido los equipos que se incluirán en el plan, se estipularon los criterios de funcionamiento y se determinó la carga de trabajo, sigue definir los recursos, tanto materiales como humanos, necesarios para desarrollar el plan.

Lo que se busca con la determinación de los recursos materiales necesarios para la realización de trabajos programados de mantención, es definir con certeza cuales serán las herramientas e insumos necesarios para realizar dicha actividad, es decir, cantidad, tipo y calidad de herramientas e insumos necesarios. Además se debe considerar un pequeño stock de repuestos para las posibles detenciones imprevistas.

En relación a los recursos humanos, se deben definir aspectos como el grado de especialización del personal encargado de mantenimiento, ya que el disponer de personas capacitadas permite realizar una labor más eficiente, también es importante determinar la cantidad de personas necesarias para realizar las labores específicas de mantenimiento, es decir, definir cantidad y especialidad para realizar dicha labor (Maestro calificado, Ayudante).

#### 4.3. PROGRAMACIÓN

Esta etapa contempla la ordenación correcta de la ejecución de los trabajos de mantenimiento, es decir, busca coordinar la Carga de Trabajo y todo lo que ello implica, sin dejar de lado los recursos necesarios, materiales y humanos, para desarrollar el plan.

##### 4.3.1. Programación carga de trabajo

En el mantenimiento, la planificación tiene una importancia vital, pues en él concurren trabajos de distinto tipo y prioridades, los que aparte de sus propias necesidades están ligados a un programa de producción, por lo que las pérdidas de eficiencia se hacen sentir bastante y, por lo tanto, el tiempo de paradas de las máquinas resulta ser la pérdida más importante.

Al principio sucede que se definen frecuencias de trabajos que se superponen entre sí o que están muy cerca unas de otras debido a que el análisis se hace parte por parte. Para evitar las detenciones muy seguidas del equipo se deben definir ciclos de mantenimiento, es decir, secuencias de trabajo que se combinen con una cierta regularidad y orden.

El intervalo más largo define el largo del ciclo. Por ejemplo si se han definido trabajos en intervalos de 250hrs; 1000hrs; 4000hrs y 8000hrs, el ciclo de mantenimiento es de 8000hrs. Además si se han definido tareas a intervalos de 3, 4, 5, 6 y 8 unidades de duración se procurará reunir los trabajos en intervalos de 3, 5 y 8 o bien 4, 6, y 8 unidades de duración. De ésta manera, se ahorran dos detenciones del equipo. Es así como el ciclo que permite realizar todos los trabajos de mantenimiento en el mínimo de detenciones se denomina “Ciclo Económico”. Una práctica muy utilizada es fijar los intervalos de tal manera que unos sean múltiplos de otros.

La generación del plan y el equilibrio de las cargas de trabajo se realizan a nivel semanal, generándose así las ordenes de trabajo semanales las cuales deberían ser asignadas directamente por el jefe de mantenimiento a los mantenedores. En una primera etapa, se debe generar el plan matriz estándar de mantenimiento, que se basa en la búsqueda de tareas cuya fecha de realización se encuentra dentro del período de tiempo definido. Así se debe generar un calendario de cargas de trabajo semanales enumeradas sucesivamente, semana 1, semana 2,....etc. Es importante mencionar que el objetivo

principal del plan, es determinar el equilibrio de cargas de trabajo, que es la relación que existe entre la cantidad de horas hombre (h-h) necesarias para efectuar las actividades y las horas hombre que dispone la instalación para ser trabajadas en actividades de mantenimiento, además se debe considerar el tiempo que se estime necesario para poder atender fallos inesperados.

Suponiendo que las horas hombre necesarias para realizar las labores de mantención programadas para una semana excede la disponibilidad de horas hombre de la industria, se deben realizar ajustes del plan matriz para lo cual se propone lo siguiente:

<b>FRECUENCIA DE INTERVENCION</b> <b>( semanas )</b>	<b>MAXIMO DESPLAZAMIENTO</b> <b>( semanas )</b>
0 – 4	0
5 – 14	1
15 – 24	2
25 – 34	3
35 – 44	4
45 – 52	5

CUADRO N°3 “Frecuencia de Intervención”

Se debe tomar en cuenta que una correcta programación de las cargas de trabajo, pasa nada más que por una buena planificación de las actividades de mantenimiento, además de una buena determinación de la disponibilidad de mano de obra y las necesidades de la misma.

#### 4.4. EJECUCIÓN

Esta parte del modelo busca definir la forma de actuar en lo que a ejecución de las labores programadas se refiere, lo cual se realiza por medio de un documento llamado orden de trabajo (OT).

#### 4.4.1. Ejecución del Programa de Mantenimiento

Luego de definir los equipos que se incluirán dentro de una mantención planificada, explicar los criterios de funcionamiento y determinar, tanto la carga de trabajo como los recursos necesarios para realizar dichas labores, en lo que a planificación se refiere, y después de programar las labores de mantenimiento estipuladas en programación, éstas deben ser ejecutadas, lo cual debe ir precedido de una orden de trabajo. Esta fuente de datos debe incluir el tipo de actividad a ejecutar, la prioridad en relación a los demás trabajos, cómo fue reparado, duración del trabajo realizado, recursos humanos y materiales utilizados y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Se debe tomar en cuenta que las ordenes de trabajo (OT) deben ser específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra, equipos que posee, etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento. El anexo N°2 muestra lo básico que debe contener un orden de trabajo.

Es importante diferenciar desde un principio, las órdenes de trabajo que se generan a partir de una planificación previa de las órdenes de trabajo que se generan de un paro imprevisto del equipo. Ambas permiten obtener información importante y que al ser archivadas, pasan a formar parte de un sistema de control de fallas imprevistas y repetidas, datos que una vez analizados permitirán hacer modificaciones en el plan de mantenimiento con el objetivo de hacerlo lo más eficiente posible.

#### 4.5. EVALUACIÓN

El Modelo de Mantenimiento Planificado contempla en su estructura, como última etapa la de Evaluación.

La mayoría de la bibliografía que se ha revisado coincide en que el mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad,

funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones y más aún aseguramiento de una mayor disponibilidad de estos.

De lo anterior, se desprende que como en todo orden de cosas, la aplicación del Modelo debe ser correcta y a un costo competitivo, esto obliga a tener que evaluar y controlar si lo que se está aplicando y ejecutando es lo correcto. Esto se logra aplicando indicadores que en forma científica y cuantitativa determinen resultados que puedan ser evaluados y de esta forma poder aplicar las correcciones que tiendan a perfeccionar la aplicación del modelo y por que no decirlo, corregir el modelo en sí. Por lo tanto, la Evaluación ha de servir como herramienta que ayude en la Gestión del Mantenimiento.

A través de los controles y evaluaciones, se podrá determinar la eficacia y eficiencia del Modelo como también detectar los puntos débiles de la organización, esto se logra en la medida que los indicadores que se elijan sean los adecuados.

#### 4.5.1. Evaluación del Plan de Mantenimiento

La evaluación del Plan de Mantenimiento se debe hacer en base a la aplicación de indicadores que sean capaces de evaluar los aspectos generales del Plan y también los aspectos particulares que se determinarán de acuerdo a las características específicas de la Pyme donde se aplique el Modelo. En lo general, se trata de medir la disponibilidad de los equipos pero siempre en temas relativos, o sea, comparando diferentes períodos, y de ésta forma saber los resultados que se han logrado con la aplicación del Modelo.

Otro aspecto general que se debe evaluar dice relación con la parte de costos y en este sentido se deben determinar indicadores que nos permitan evaluar la evolución de los costos. La eficacia también debe ser medida en términos de producción alcanzada.

En la medida que exista información o que la estructura de la Pyme esté compuesta por una gestión administrativa que lo permita, se deberá evaluar aspectos administrativos de eficiencia en bodega, compras, etc., esto como se señala de acuerdo al nivel de desarrollo de la Pyme. Este tipo de evaluación es la que llamaremos Evaluación Particular y como se indica debe estar adecuada a la realidad particular de la Empresa.

Por lo tanto, si se quiere controlar tanto el Modelo como la Gestión del Mantenimiento, se han de crear o seleccionar indicadores precisos que midan realmente los aspectos que se requiere evaluar para lo cual se debe considerar que reúnan las siguientes características:

- Claros de entender.
- Pocos.
- Calculables.
- Simples en su aplicación.
- Útiles para conocer como van las cosas y por que.

En la práctica existe un sinnúmero de indicadores que permiten evaluar aspectos de Gestión, Producción, Costos, Rendimientos, Administración, etc.

Los indicadores que cumplen con estos requisitos son los llamados “índices clase mundial” y su nombre se debe a que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis “índices clase mundial”, cuatro son los que se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos. Uno de estos “índices clase mundial” permite evaluar la disponibilidad de los equipos, que es la relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada equipo y el número total de horas del periodo considerado.

$$DISP = ((\Sigma(HCAL - HTMN)) / (\Sigma HCAL)) * 100$$

Donde:

DISP = Disponibilidad del equipo.

HCAL = Horas calendario.

HTMN = Horas de intervención realizadas por el personal de mantenimiento.

La disponibilidad de un equipo representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad.

Por último, es de suma importancia contar con la existencia de una fuente de información donde se encuentren almacenados todos los datos referentes a la actividad de mantenimiento, de forma detallada y organizada, en la empresa donde se pretenda evaluar y controlar la gestión del mantenimiento.

## CAPITULO V

### Aplicación Práctica

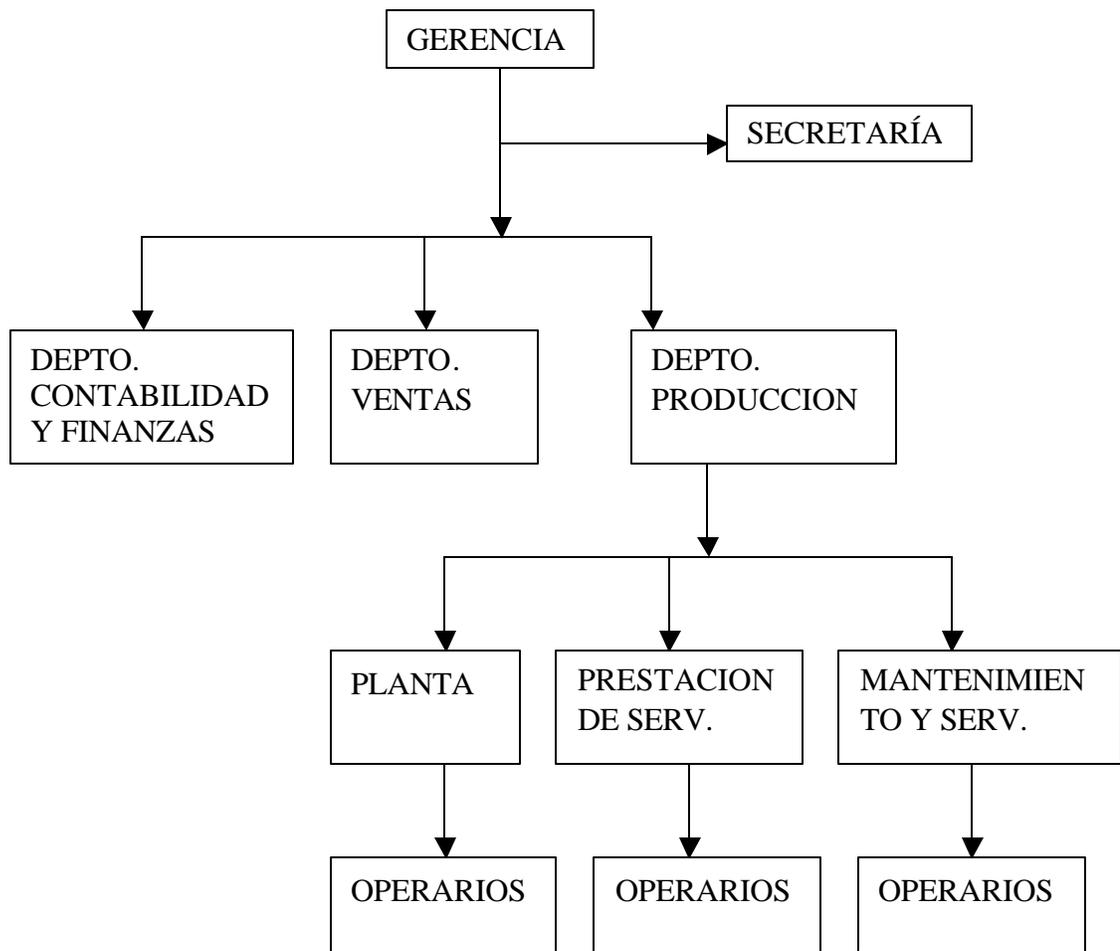
#### 5.1. INTRODUCCION

El presente capítulo tiene como objetivo explicar la forma en que debe aplicarse el Modelo desarrollado en los capítulos anteriores, para ello se ha tomado como base la empresa HORSEL que se clasifica como PYME y por ende resulta del todo válido el ejercicio de aplicación.

“HORSEL Ltda.” constituye el nombre de fantasía de la empresa “Hormigones Sepúlveda Limitada” y se emplaza en la salida sur de Valdivia, en la calle Ramón Picarte número 3207. Se trata de una empresa que tiene un origen familiar, en la cual trabajan en promedio 20 personas.

HORSEL Ltda., fabrica hormigones vibrados, confeccionando principalmente panderetas para cercos, postes para cercos, tubos de alcantarillado, soleras y diferentes tipos de baldosas y adoquines. Su producción está destinada a satisfacer la demanda preferentemente local, no obstante que han efectuado ventas ocasionales en otras provincias.

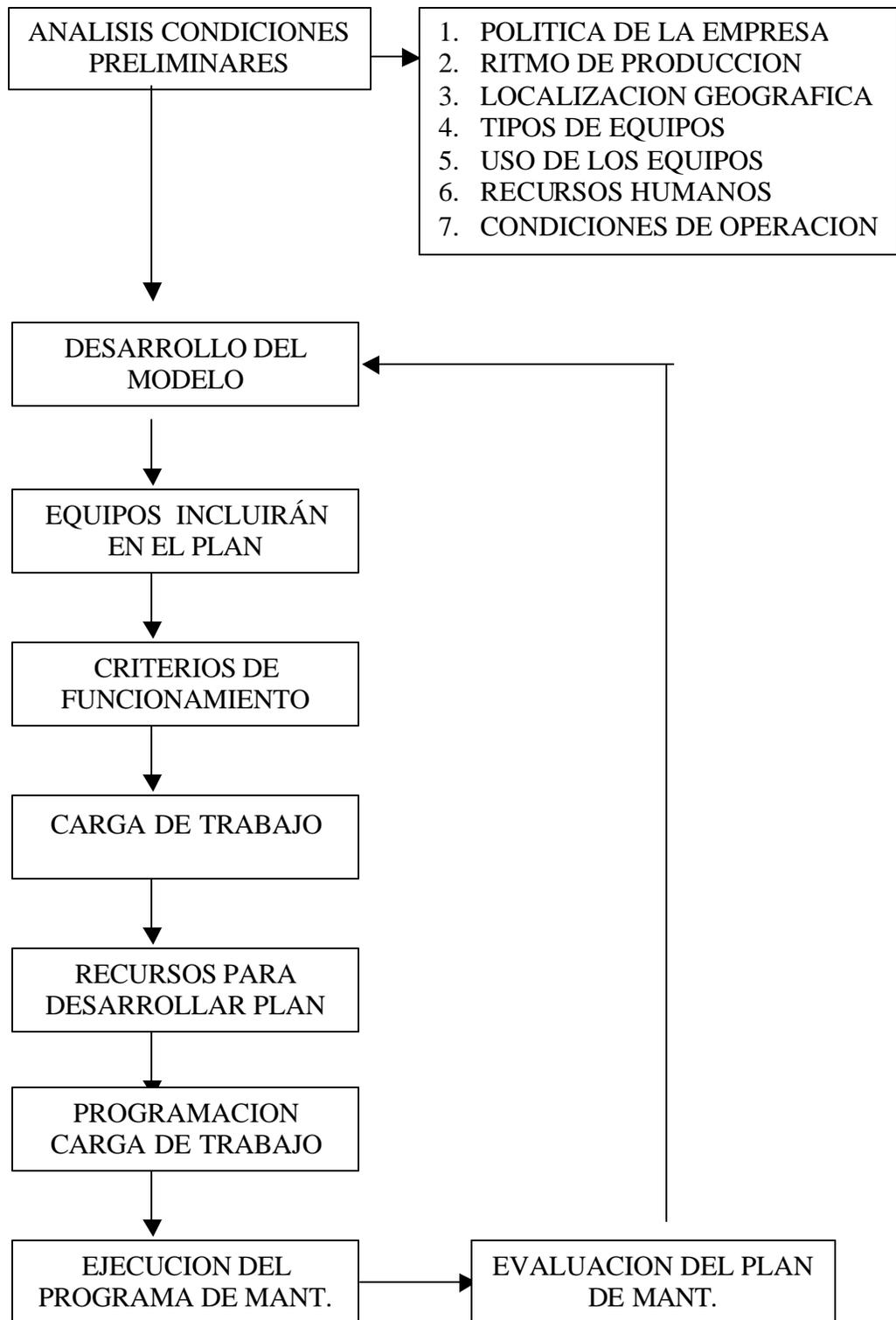
De acuerdo a lo auscultado en el trabajo en terreno, HORSEL Ltda. no cuenta explícitamente con un organigrama, no obstante existe una organización implícita que puede esquematizarse de la siguiente manera:



FLUJOGRAMA N°1 “Organigrama HORSEL Ltda.”.

## 5.2. APLICACIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

El modelo propuesto se puede esquematizar en el siguiente flujo grama:



FLUJOGRAMA N°2 “Secuencia del Modelo”

Por lo tanto, la aplicación se desarrollará siguiendo cada uno de los pasos señalados en el flujo grama indicado.

El marco teórico de esta aplicación, está desarrollado en los capítulos dos al cinco inclusive y, por lo tanto, se sugiere que en caso de existir alguna duda, se remitan a dichos capítulos donde se desarrollaron cada uno de los puntos que a continuación se verán.

Ahora corresponde desarrollar la aplicación en términos específicos para Hbrsel, no obstante esto ha de tomarse como una guía cuando se desee aplicar en cualquier Pyme.

Cabe señalar que la aplicación del modelo requiere por parte de quien lo haga, tener una formación técnica mínima de tal forma que pueda internalizar de manera clara y precisa los conceptos que involucra el modelo y que tenga el criterio suficiente a objeto de que las particularidades de la empresa donde se aplique el modelo sean conjugados con las exigencias del modelo en sí.

### 5.3. APLICACIÓN EN HORSEL LTDA.

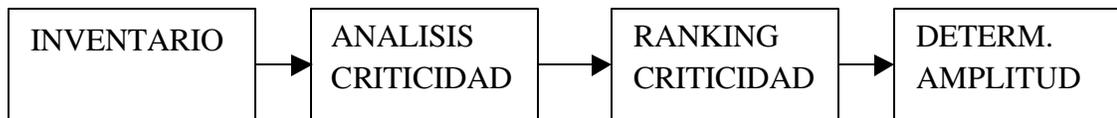
De acuerdo a lo señalado, lo primero que debe hacerse para aplicar el modelo, consiste en auscultar el conocimiento que sobre el tema mantenimiento se tiene en los mandos superiores de la Pyme.

Existe una regla de oro en el Mantenimiento, y lo señalan muchos autores y estudiosos en el tema, los que coinciden en cuanto a que cualquier aplicación de un plan de mantenimiento, requiere como condición básica, que los dueños o la gerencia de la empresa estén convencidos que una optimización de la gestión mantenimiento, tendrá como consecuencia inmediata una mejora en la empresa por la mayor disponibilidad de equipos y por ende un incremento en la producción, lo que a la postre debiera significar una mayor utilidad y grado de satisfacción de los dueños de la PYME.

Se trata de vencer las visiones pesimistas que puedan existir al interior de la empresa, e internalizar en el personal de la misma, que la incorporación de nuevas políticas y tecnologías en el mantenimiento va a significar a la postre mejoras personales.

#### 5.4. AMPLITUD DEL PLAN

Continuando con la aplicación práctica del modelo, corresponde determinar la Amplitud del Plan de Mantenimiento, es decir, determinar cuales máquinas o equipos de todos los existentes en la planta, van a ser sometidos al Plan de Mantenimiento. Este se efectúa siguiendo la siguiente secuencia:



FLUJOGRAMA N°3 “Secuencia Amplitud”.

Como se indica, se debe partir con el inventario de máquinas y equipos de la empresa, y analizarlos desde el punto de vista de su criticidad y de esta manera determinar del universo de máquinas cuales serán las que se sometan al Plan. Una vez que se tiene el inventario, se debe confeccionar la matriz (explicada en el punto 5.2.1.2.).

Para HORSEL se consideró un inventario de dieciséis máquinas y equipos, siendo estos:

1. Máquina productora de baldosas.
2. Máquina vibradora (Producción panderetas).
3. Máquina vibradora (Producción postes).
4. Máquina mezcladora.
5. Máquina vibradora (Producción pastelón flexit).
6. Máquina mezcladora (Grano/Tierra color/cemento).
7. Máquina pulidora.
8. Máquina productora de baldosa cuadrada.
9. Máquina cortadora de baldosas.
10. Máquina elaboradora de tubos.
11. Máquina elaboradora de tubos y soleras.
12. Máquina vibradora productora de pollos (menor).

13. Máquina vibradora productora de pollos (mayor).
14. Máquina mezcladora.
15. Máquina productora de soleras y adocretos (Ponedora Hidráulica).
16. Camión repartidor.

#### 5.4.1. Desarrollo de la Matriz.

Una vez definido el inventario de máquinas de la empresa se procede a desarrollar la matriz.

En esta matriz se tiene en las primeras dos columnas el número de máquina y el nombre de ella y en la primera fila se señalan los factores. En la aplicación práctica se consideran los mismos diez factores del modelo que son:

Fact.#1	=	Productividad.
Fact.#2	=	Seguridad del Personal.
Fact.#3	=	Medio Ambiente.
Fact.#4	=	Calidad del Producto.
Fact.#5	=	Costo de la Mantención.
Fact.#6	=	Relación con otros Procesos.
Fact.#7	=	Equipo Adicional Disponible.
Fact.#8	=	Estado del Equipo.
Fact.#9	=	Costo del Equipo.
Fact.#10	=	Equipo Desechable.

Terminando el listado de equipos, cada uno con su respectiva codificación, si la tuviese y los factores, se debe llenar la matriz. Para ello, cada máquina y en cada factor debe ser evaluada asignándole un resultado en función a los criterios definidos para cada factor (Pto 5.2.1.2.)

En la tabla siguiente se detalla el resultado de la evaluación de cada máquina de acuerdo a los valores asignados para cada factor. Por ejemplo, para la máquina número uno, productora de baldosas el factor uno o sea productividad se le asigna un valor 4, esto quiere decir que dentro de dicho factor (Productividad) se consideró que en el caso

de una falla de la máquina, detiene la producción de la línea o sección. Cabe recordar que este factor fue desagregado en cinco puntos, estos son:

- 1 ? No genera retardo en la producción.
- 2 ? Retarda la producción.
- 3 ? Para la producción de la máquina.
- 4 ? Para línea o sección.
- 5 ? Para toda la planta.

De esta forma se debe completar cada celda de la matriz, es decir, se le debe dar un valor por factor de acuerdo a lo señalado en el punto 5.2.1.2.

Como cada factor tiene un peso relativo diferente, corresponde ahora indexar los valores de cada celda de la matriz, con los correspondientes porcentajes de valorización que se le asignaron.

En el caso práctico de HORSEL, el cuadro #4 muestra la matriz con los valores asignados por factor y la figura #5 indica dichos valores multiplicados por el porcentaje que corresponde de acuerdo al peso relativo asignado a cada factor. Por ejemplo, al factor número uno denominado Productividad se le asignó un peso relativo de un 30 % al factor número dos, seguridad del personal, se le asignó un 10% y al factor número nueve, costo del equipo, se le otorgó un valor de un 6%. La suma de todos los factores debe ser igual al 100%.

A partir de la matriz con los valores ya indexados y con el peso relativo, se procede a sumar los valores alcanzados por cada máquina y se procede a rankear dichas máquinas en función de dichos valores.

N	EQUIPO	COD	Fac.#1	Fac.#2	Fac.#3	Fac.#4	Fac.#5	Fac.#6	Fac.#7	Fac.#8	Fac.#9	Fac.#10
1	Productora de baldosas		4	2	2	1	4	1	1	4	4	5
2	Vibradora (Panderetas)		3	1	1	3	4	1	1	4	3	5
3	Vibradora (Postes)		3	1	1	3	4	1	1	4	3	5
4	Mezcladora		3	1	1	2	2	5	1	4	4	5
5	Vibradora (Pastelón-flexit)		3	2	1	2	4	1	1	4	4	5
6	Mezcladora (Grano-Tierra)		4	1	1	4	4	5	5	5	4	5
7	Pulidora		4	1	1	4	4	5	1	4	3	5
8	Productora baldosa cuadrada		3	2	1	4	4	5	1	4	4	5
9	Cortadora de Baldosas		3	2	1	2	4	1	1	4	3	5
10	Elaboradora de Tubos		3	1	1	4	2	1	5	4	4	5
11	Elaboradora de Tubos y Sol.		3	1	1	4	2	1	5	4	4	5
12	Vibradora de pollos (menor)		3	2	1	5	4	1	5	4	2	5
13	Vibradora de pollos (mayor)		3	2	1	5	4	1	5	4	2	5
14	Mezcladora		4	1	1	4	4	5	1	5	4	5
15	Ponedora Hidráulica		4	2	1	2	4	1	5	4	5	5
16	Camión Repartidor		2	3	2	1	4	1	5	4	3	5

CUADRO N°4 “Desarrollo Matriz”.

N	EQUIPO	Fac.#1	Fac.#2	Fac.#3	Fac.#4	Fac.#5	Fac.#6	Fac.#7	Fac.#8	Fac.#9	Fac.#10	VALOR
		*0.3	*0.1	*0.1	*0.1	*0.08	*0.08	*0.08	*0.06	*0.06	*0.04	TOTAL
1	Productora de baldosas	1.2	0.2	0.2	0.1	0.32	0.08	0.08	0.24	0.24	0.2	2.86
2	Vibradora (Panderetas)	0.9	0.1	0.1	0.3	0.32	0.08	0.08	0.24	0.18	0.2	2.50
3	Vibradora (Postes)	0.9	0.1	0.1	0.	0.32	0.08	0.08	0.24	0.18	0.2	2.50
4	Mezcladora	0.9	0.1	0.1	0.2	0.16	0.4	0.08	0.24	0.24	0.2	2.62
5	Vibradora (Pastelón flexit)	0.9	0.2	0.1	0.2	0.32	0.08	0.08	0.24	0.24	0.2	2.56
6	Mezcladora (Grano-Tierra)	1.2	0.1	0.1	0.4	0.32	0.4	0.4	0.3	0.24	0.2	3.66
7	Pulidora	1.2	0.1	0.1	0.4	0.32	0.4	0.08	0.24	0.18	0.2	3.22
8	Productora baldosa cuadrada	0.9	0.1	0.2	0.4	0.32	0.4	0.08	0.24	0.24	0.2	3.08
9	Cortadora de Baldosas	0.9	0.2	0.1	0.2	0.32	0.08	0.08	0.24	0.18	0.2	2.50
10	Elaboradora de Tubos	0.9	0.1	0.1	0.4	0.16	0.08	0.4	0.24	0.24	0.2	2.82
11	Elaboradora de Tubos y Sol.	0.9	0.1	0.1	0.4	0.16	0.08	0.4	0.24	0.24	0.2	2.82
12	Vibradora de pollos (menor)	0.9	0.2	0.1	0.5	0.32	0.08	0.4	0.24	0.12	0.2	3.06
13	Vibradora de pollo (mayor)	0.9	0.2	0.1	0.5	0.32	0.08	0.4	0.24	0.12	0.2	3.06
14	Mezcladora	1.2	0.1	0.1	0.4	0.32	0.4	0.08	0.3	0.24	0.2	3.34
15	Ponedora Hidráulica	1.2	0.2	0.1	0.2	0.32	0.08	0.4	0.24	0.3	0.2	3.24
16	Camión Repartidor	0.6	0.3	0.2	0.1	0.32	0.08	0.4	0.24	0.18	0.2	2.62

CUADRO N°5 “Desarrollo Matriz”.

Corresponde entonces determinar el valor de corte, es decir, hasta qué máquina se incorporará al plan. Esto puede hacerse en forma subjetiva a través de la determinación arbitraria de un valor que represente el valor mínimo para que dicha máquina se incorpore al Plan de Mantenimiento. También se puede realizar en forma más científica, esto es determinando los costos que involucra el mantenimiento para cada máquina y comparándolo con los recursos disponibles para la aplicación del Plan.

Puede también incorporarse otros factores para la determinación de la Amplitud del Plan, lo concreto es que con la matriz se logra rankear desde la óptica del Mantenimiento a las máquinas, y con algún criterio predefinido se determina hasta qué máquina se le aplicará el Plan, es decir, la Amplitud del Plan.

En el caso de Horsel se determinó finalmente el siguiente ranking:

<b>Nº</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CODIGO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
6	Mezcladora (Grano-Tierra)		3.66
14	Mezcladora		3.34
15	Ponedora Hidráulica		3.24
7	Pulidora		3.22
8	Productora baldosa cuadrada		3.08
12	Vibradora de pollos (menor)		3.06
13	Vibradora de pollos (mayor)		3.06
1	Productora de baldosas		2.86
10	Elaboradora de Tubos		2.82
11	Elaboradora de Tubos y Sol.		2.82
4	Mezcladora		2.62
16	Camión Repartidor		2.62
5	Vibradora (Pastelón flexit)		2.56
2	Vibradora (Panderetas)		2.50
3	Vibradora (Postes)		2.50
9	Cortadora de Baldosas		2.50

CUADRO N°6 "Ranking de Equipos".

Para efectos de determinar un valor de corte, se consideró en forma arbitraria el valor 3.00 y por lo tanto, se deben incorporar al Plan los siguientes equipos:

N <sup>o</sup>	EQUIPO	CODIGO	VALOR TOTAL
6	Mezcladora (Grano-Tierra)		3.66
14	Mezcladora		3.34
15	Ponedora Hidráulica		3.24
7	Pulidora		3.22
8	Productora baldosa cuadrada		3.08
12	Vibradora de pollos (menor)		3.06
13	Vibradora de pollos (mayor)		3.06

CUADRO N<sup>o</sup>7 “Amplitud del Plan”.

De ésta forma se ha determinado la Amplitud del Plan para “HORSEL Limitada”.

#### 5.4.2 Datos de los Equipos

Habiéndose definido los equipos que se incorporarán al Plan, se debe ahora proceder a confeccionar las Fichas Técnicas de cada máquina, con lo cual se busca crear una base de datos que contempla el máximo de información por equipo.

En el caso particular de HORSEL Ltda. se deben confeccionar a lo menos siete Fichas de Máquina, las cuales se poblarán con la información detallada de acuerdo al modelo señalado en el anexo N<sup>o</sup>1.

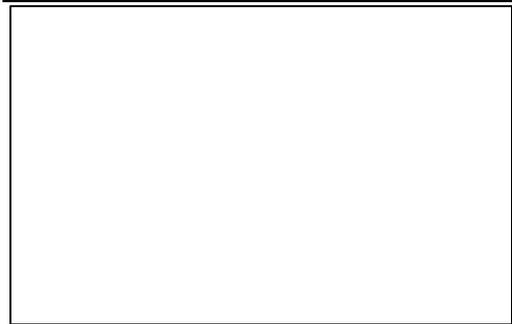
En la práctica, se recomienda que se prescinda de la amplitud del Plan para definir el número de máquinas a las cuales se les confeccionará la Ficha de Máquina, lo ideal es que todos los equipos, independiente de su criticidad y del método de mantenimiento que se le aplica, estén incorporados a la base de datos que se ha de crear con las Fichas de Máquinas.

De acuerdo a lo señalado al inicio de éste capítulo, el objetivo específico es enseñar como se aplica el modelo y por lo tanto, se considerará en la aplicación práctica en HORSEL Ltda. solo una máquina, considerando que para las otras se debe replicar el procedimiento. Por lo tanto la Ficha de Máquina para la aplicación es la siguiente:

## FICHA TÉCNICA MAQUINA

### FOTOGRAFIA DE LA MAQUINA

<b>CODIGO MAQUINA</b>	
---------------------------	--



<b>Equipo:</b>	<b>Ponedora Hidráulica</b>
<b>Tipo/ Modelo:</b>	<b>980</b>
<b>Proveedor:</b>	<b>SANBI Chile</b>
<b>Fabricante:</b>	<b>Maxim talleres mecánicos</b>
<b>Origen fabricante:</b>	<b>Barcelona España</b>
<b>Planos:</b>	
<b>Medidas (sc/cc):</b>	<b>Largo: 1960mm/2600mm; Ancho: 1350mm/135mm; Alto:1700mm/1700mm; Peso: 580kg/700kg</b>
<b>Planta:</b>	<b>Valdivia</b>
<b>Ubicación:</b>	<b>Av. Ramón Picarte #3207</b>
<b>Condiciones de Operación:</b>	<b>Velocidad Máxima: Presión de Trabajo: Consumo: Temperatura de Trabajo:</b>
<b>Costo del Equipo:</b>	<b>U\$ 110000</b>

CUADRO N°8 “Ficha Técnica”.

## 1.- DATOS TECNICOS.

VIBRACIÓN: Dos vibradores para una capacidad de molde de 90\*80 cm.

PRENSA: Funcionamiento por caída libre.

CIRCUITO HIDRÁULICO: compuesto por:

- Motor-bomba.
- 4 cilindros (2 elevación molde; 1 elevación pisón; 1 giro de la máquina).
- Motor hidráulico.
- Distribuidor de cuatro mandos.
- Manómetro.
- Válvula reguladora.
- Estranguladores de aceite.
- Estranguladores de caudal.
- Depósito
- Tubos y uniones

POTENCIA INSTALADA:

- Bomba del hidráulico ? 1 motor de 2 c.v.
- Vibrador principal molde ? 1 motor de 1,5 c.v.
- Vibrador auxiliar molde ? 1 motor de 0,75 c.v.



#### 5.4.3 Desglose de la Máquina

Habiendo definido la amplitud del plan, corresponde para cada máquina que se incorpora a éste, desglosarla desde la óptica del mantenimiento, esto a objeto de detallar cada una de las tareas de mantenimiento que se les deberá efectuar.

Para el caso particular de la aplicación que se realiza en HORSEL Ltda. se señaló que se desarrollará el ejercicio con la máquina N°15 denominada Ponedora Hidráulica cuya ficha se mostró en el punto anterior. Esta máquina se desglosa de la siguiente manera:

**SISTEMA HIDRÁULICO:** el cual esta constituido por:

- Bomba
- Cilindros
- Motor Hidráulico
- Válvula distribuidora
- Manómetro
- Válvula Reguladora
- Estranguladores
- Estranguladores de caudal
- Depósito
- Tubos y Uniones

**SISTEMA ELECTRICO:** formado por:

- Pulsadores.
- Motores Eléctricos
- Conectores con relee térmico

**SISTEMA TRANSMISOR Y OTROS ELEMENTOS:** constituido por:

- Poleas
- Correas
- Rodamientos
- Estructura de máquina.

CUADRO N°10 “Desglose de la Máquina”.

El desarrollo de éste punto es muy importante para tener éxito con la aplicación del modelo, toda vez que a partir de éste desglose se detallarán cada una de las actividades de Mantenimiento Preventivo.

En la práctica, éste punto debe ser confeccionado por gente con experiencia en la maquinaria de cada planta. Este desglose se efectúa pensando en el mantenimiento.

5.4.4. Actividades de Mantenimiento

Una vez que se ha desglosado cada máquina en sus partes principales, visto desde la óptica del mantenimiento, corresponde efectuar un detalle de cada una de las actividades de Mantenimiento que se efectuará. Debe quedar claro que es necesario que se listen todas las actividades y serán sólo esas las que se realizaran posteriormente. En la aplicación de HORSEL Ltda. las actividades de Mantención son las siguientes:

**SISTEMA HIDRÁULICO:**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DUR.</b>	<b>RECURSOS M.</b>	<b>REC. H.</b>
M15A1	Cambiar o'ring del conector válvula distribuidora-cañería. Limpieza válvula distribuidora y cambio de sellos de la válvula.	5 Hr.	Herramientas, líquidos de limpieza, insumos y repuestos necesarios.	1 Maes.
M15A2	Cambiar sellos motor hidráulico. Cambiar sellos cilindros	8 Hr.	Herramientas, insumos y repuestos necesarios.	1 Maes. 1 Ayud.
M15A3	Cambiar líquido hidráulico del sistema. Cambiar mangueras hidráulicas.	3 Hr.	herramientas, vasijas, insumos, repuestos necesario	1 Maes.

**SISTEMA ELÉCTRICO:**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DUR.</b>	<b>RECURSOS M.</b>	<b>REC. H.</b>
M15A4	Limpiar conectores.	1 Hr.	Herramientas, insumos.	1 Maes.

**SISTEMA TRANSMISOR Y OTROS ELEMENTOS:**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DUR.</b>	<b>RECURSOS M.</b>	<b>REC. H.</b>
M15A5	Cambio de correas transmisoras	1 Hr.	Herramientas y repuestos necesarios.	1 Maes.
M15A6	Cambio de rodamientos	6 Hr.	Herramientas, extractor de rodamientos, repuestos necesarios.	1 Maes. 1 Ayud.
M15A7	Apriete Estructura	2 Hr.	Herramientas.	1 Ayud.

CUADRO N<sup>o</sup>11 “Actividades”.

Esto va acompañado, como se puede apreciar, de información del código de la actividad, es decir, cada actividad será codificada a objeto de poder manejar en forma más expedita dicha información.

No sólo se debe detallar la actividad de mantención a realizar, sino además se debe analizar para cada una de ellas los requisitos que demanda su realización (detallado en los puntos 5.2.3 y 5.2.4).

Se considera imprescindible crear una base de datos en donde se detalle cada una de las actividades de Mantenimiento a realizar, con el objeto de que una vez despachada la orden de trabajo ésta vaya acompañada del detalle de la actividad para facilitar el desarrollo de la misma.

Como resumen, se puede señalar que se deberá especificar en cada actividad al menos lo siguiente:

- Código
- Duración estimada
- Recursos Humanos, específicamente personal requerido y especialidad
- Recursos Materiales, es decir, repuestos, herramientas, insumos, etc., que puedan ser necesarios en el desarrollo de la actividad.

#### 5.4.5. Frecuencia de las actividades

Hasta el momento se tienen las máquinas que van a ser incorporadas al plan y las actividades que deben efectuarse en cada máquina y los recursos necesarios para desarrollar dichos trabajos. Corresponde simultáneamente definir la frecuencia con que se realizarán cada una de estas actividades. Esto se denomina Frecuencia. Para determinarla se recomienda revisar lo que recomiendan los fabricantes, compararlo con la información que pudiese existir en la empresa o por las recomendaciones que pudiese entregar el personal técnico que ha trabajado en la mantención de dichas máquinas. En el caso que no exista ninguna de las alternativas señaladas precedentemente, se deberá recopilar información externa consultando a personas que posean un alto grado de expertez en la materia.

En el caso de HORSEL se trabajó con la información del catálogo y se recurrió a la colaboración de un profesional encargado del mantenimiento en otra empresa. Así las

frecuencias determinadas para las actividades definidas con anterioridad son:

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>
M15A1	1000hrs
M15A2	1000hrs
M15A3	500hrs
M15A4	100hrs
M15A5	500hrs
M15A6	2000hrs
M15A7	50hrs

CUADRO N° 12 “Frecuencia Actividades”

#### 5.5. PLAN MATRIZ DE MANTENIMIENTO.

La información obtenida hasta el momento indica lo siguiente:

- Qué máquinas mantener.
- Qué trabajos realizar.
- Cada cuanto hacerlo.
- Recursos necesarios para la realización de los trabajos.

Toda esta información forma parte de la etapa denominada “Planificación” y corresponde, como su nombre lo indica, a una serie de datos o información que manejada coordinadamente constituye una poderosa herramienta para la Gestión del Mantenimiento.

Por lo tanto, dicha información debe ser procesada desde la óptica de la Programación de Actividades con el objetivo de lograr un trabajo de mantenimiento eficiente y eficaz.

Se trata entonces de generar una matriz que contemple toda la información relativa a las actividades de mantención de dicha máquina en el tiempo, de acuerdo a

una frecuencia preestablecida. Esta matriz recibe el nombre de “Plan Matriz”.

La matriz contiene en su primera columna el nombre de la máquina y en la segunda el código de todas las actividades de mantenimiento que se determinó que se iban a realizar.

En las columnas siguientes se detalla cronológicamente el tiempo o las unidades en que se medirá la frecuencia, las que pueden ser horas de funcionamiento, número de revoluciones, kilometraje, etc. La resolución de la unidad de frecuencia se determinará para cada caso particular en que se aplique el modelo.

Para el caso de HORSEL Ltda. la resolución de la frecuencia será de 50 horas y por lo tanto el Plan Matriz tendrá:

MAQ #	Cod. Act.	50h	100h	150h	200h	250h	300h	350h	400h	450h	500h	550h	600h	650h	700h	750h	800h	850h	900h	
15	M15A1																			
	M15A2																			
	M15A3										***									
	M15A4		***		***		***		***		***		***		***		***		***	
	M15A5										***									
	M15A6																			
	M15A7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MAQ #	Cod. Act.	950 h	1000 h	1050 h	1100 h	1150 h	1200 h	1250 h	1300 h	1350 h	1400 h	1450 h	1500 h	1550 h	1600 h	1650 h	1700 h	1750 h	1800 h	
15	M15A1		***																	
	M15A2		***																	
	M15A3		***										***							
	M15A4		***		***		***		***		***		***		***		***		***	
	M15A5		***										***							
	M15A6																			
	M15A7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MAQ #	Cod. Act.	1850h	1900 h	1950 h	2000 h															
15	M15A1				***															
	M15A2				***															
	M15A3				***															
	M15A4		***		***															
	M15A5				***															
	M15A6				***															
	M15A7	***	***	***	***															

CUADRO N°13 “Plan Matriz”

### 5.5.1 Plan Matriz Ajustado

Se trata de ajustar el sistema de acuerdo a la real disponibilidad de recursos. Dado que el Plan Matriz define actividades de acuerdo a un determinado ordenamiento, podría suceder que en una semana se tuvieran muchas actividades que demande una alta cantidad de recursos humanos y a la semana siguiente baje la cantidad de actividades lo que traería consigo que la gente de mantenimiento que en una semana estuvo recargada de trabajo no tuviese prácticamente demanda de acuerdo a lo que establece el Plan Matriz.

Por lo tanto, se deben ajustar las actividades a objeto de tratar de equilibrar en el tiempo los trabajos de mantenimiento y de esta forma se tendrá una carga más constante para la gente destinada a trabajar en mantención.

Lo señalado precedentemente, implica que existirán actividades que pueden anticiparse o retardarse en su período de ejecución, esto en todo caso debe ser realizado de acuerdo a un criterio dando como válido el señalado en el punto 5.3.1. de la presente tesis.

<b>FRECUENCIA DE INTERVENCION ( horas )</b>	<b>MAXIMO DESPLAZAMIENTO ( horas )</b>
0 – 100	0
100 – 300	10
300 – 500	30
500 – 1000	50
1000 – 1500	100
1500 – 2500	150

CUADRO N°14 “Desplazamiento de Intervenciones”

Efectuando los ajustes correspondientes se define el “Plan Matriz Ajustado”.

Con este plan se sabe exactamente lo que debe hacerse de acuerdo a las frecuencias que se indican y, por lo tanto, se tendrá en conocimiento de antemano la o

las semanas en que se produzca una demanda superior a los recursos que se disponen en la empresa. En tal caso se deberá manejar tres alternativas:

- a) Contratar en forma ocasional mano de obra externa.
- b) Externalizar ciertos trabajos de Mantenimiento.
- c) Realizar las actividades considerando la modalidad de horas extraordinarias.

Cualquiera de estas alternativas debe pasar por una evaluación técnico económica y un análisis costo beneficio.

Lo importante es tener conciencia que si se lleva a la práctica un modelo como el que se ideó en la presente tesis, éste se cumpla o, por último se agoten los esfuerzos tendientes a dar cumplimiento con él.

#### 5.6. EJECUCION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Una vez finalizadas las etapas de Planeamiento y Programación corresponde la de Ejecución. Esta etapa consiste, como su nombre lo indica, en ejecutar las actividades de mantenimiento programadas anteriormente, lo cual debe ir precedido por una orden de trabajo (OT). Esta fuente de datos debe incluir cómo fue reparado el equipo, duración del trabajo realizado, recursos humanos, recursos materiales, código de la máquina, código de la actividad y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación. Se debe entender desde un principio que se debe generar una orden de trabajo para cada actividad de mantenimiento, sea correctivo, preventivo o predictivo y que cada orden de trabajo debe ser específica para cada empresa. Se debe diferenciar también, las órdenes de trabajo generadas a partir de una planificación previa de las generadas por un paro imprevisto.

En el punto 5.4.1. de este trabajo se define más detalladamente la Ejecución del Programa de Mantenimiento y el anexo N°2 dice relación con una orden de trabajo.

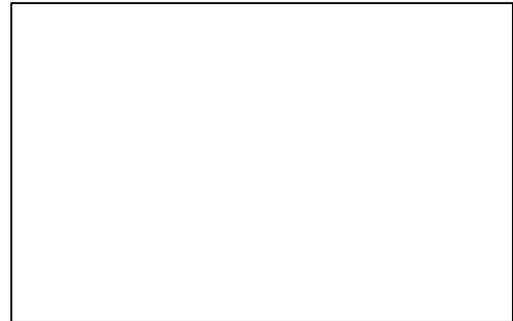
En el caso específico de HORSEL Ltda. corresponderá entonces, confeccionar ordenes de trabajo para cada una de las actividades programadas. Esta base de datos debe ser llenada cuidadosamente por la persona a cargo de mantenimiento antes y después de ser efectuada la actividad. A modo de ejemplo, las órdenes de trabajo deberían considerar lo siguiente:

**ORDEN DE TRABAJO N° 1** \_\_\_\_\_ /

**FOTOGRAFIA DE LA MAQUINA**

<b>CODIGO MAQUINA</b>	
---------------------------	--

<b>CODIGO ACTIVIDAD</b>	<b>M15A7</b>
-----------------------------	--------------



<b>FECHA</b>	/ /	<b>HORA INICIO</b>	
<b>MECANICO</b>		<b>HORA TERMINO</b>	
<b>HOROMETRO</b>		<b>UBICACION</b>	
<b>PROXIMA ACTIVIDAD</b>	M15A4	<b>FECHA PROXIMA ACTIVIDAD</b>	
<b>DURACION ESTIMADA</b>	2 Hr	<b>DURACION REAL</b>	
<b>COMPONENTE:</b>		<b>SERVICIO:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>		<b>DESCRIPCION:</b>	
<b>HERRAMIENTAS:</b> <input type="checkbox"/> Caja herr básica <input type="checkbox"/> Maquina soldar <input type="checkbox"/> Herramientas especiales		<b>ARTICULOS PROTECCION PERSONAL:</b> <input type="checkbox"/> Guantes <input type="checkbox"/> Antiparras <input type="checkbox"/> Protector auditivo	
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>AUTORIZADO POR:</b>		<b>FIRMA:</b>	

No queda más que decir, que una vez confeccionadas las órdenes de trabajo, éstas deben ser ejecutadas y luego ser almacenadas para así ir conformando una buena base de datos.

Como última etapa del modelo, corresponde ahora evaluar la eficiencia de la planificación del mantenimiento efectuado, para lo cual se debe esperar al menos que se cumpla el ciclo de mantenimiento, es decir, que se realice la actividad definida con la más alta frecuencia. Para esto se sugiere revisar el punto 5.5. del presente trabajo.

## CAPITULO VI

### Conclusiones

#### 6.1. CONCLUSIONES

Del desarrollo y aplicación del modelo se concluye lo siguiente:

- Se cumplió a cabalidad con el objetivo propuesto, de desarrollar un modelo de mantenimiento que tuviera por finalidad permitir a la Pyme afrontar de mejor manera las crecientes necesidades del mercado y la alta competitividad.
- El Modelo diseñado permite mejorar los niveles de producción en base a una mayor y mejor disponibilidad de los equipos.
- El Modelo contempla definir el modo de operación como una forma de planificar mejor el mantenimiento.
- El Modelo obliga capacitar al personal de la empresa con técnicas más modernas en la gestión del Mantenimiento.
- Se mejora la capacidad de gestión de las Pymes en lo que a mantenimiento se refiere.
- La realización del mantenimiento se hará de manera más eficiente debido a que, producto de una planificación previa, existe un mejor aprovechamiento de los recursos.
- Al hacer más eficiente el Mantenimiento se hace más eficiente también a la Empresa debido a que se dispondrá de las máquinas por un mayor período y a más bajo costo operacional.
- La aplicación del Modelo deberá ser realizada por una persona con formación en base a conocimientos de ingeniería y en conjunto con quién maneje de mejor forma el completo funcionamiento de la empresa y en especial los departamentos de Mantenimiento y Producción. De esta forma se pretende obtener los mejores resultados posibles.
- La confección de órdenes de trabajo para la ejecución de las actividades de mantenimiento, permitirá formar una excelente base de datos, lo que servirá a la postre para perfeccionar el Plan de Mantenimiento.

## BIBLIOGRAFIA

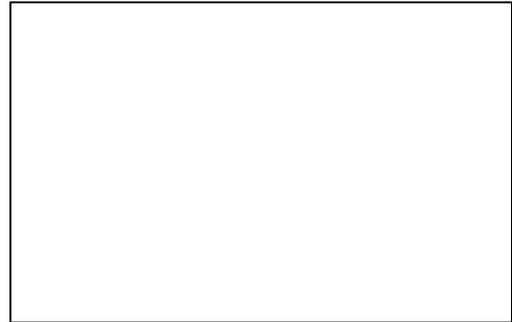
1. Asociación Española de Mantenimiento, “El Mantenimiento en España”, Asociación Española de Mantenimiento. Barcelona, España 1990.
2. Baldin A., “Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales”, Gustavo Gili S.A., Barcelona 1982.
3. Cárdenas P. Roberto, “Apunte Complementario Mantención Preventiva”, asignatura Ingeniería de Mantenimiento.
4. Rosales P. Alberto Rodrigo, “Mantención Preventiva a la Maquinaria Pesada de la Empresa Equipos y Construcciones Ltda.”, Valdivia-Chile 1995.
5. Tavares Lourival, “Administración Moderna de Mantenimiento”.
6. <http://www.datastream.com>
7. <http://www.mantencion.cl>
8. <http://www.mantenimientomundial.com>

ANEXO N°1

**FICHA TÉCNICA MAQUINA**

**FOTOGRAFIA DE LA MAQUINA**

<b>CODIGO MAQUINA</b>	
---------------------------	--



<b>Equipo:</b>		
<b>Tipo/ Modelo:</b>		
<b>Proveedor:</b>		
<b>Fabricante:</b>		
<b>Origen fabricante:</b>		
<b>Planos:</b>		
<b>Medidas (sc/cc):</b>		
<b>Planta:</b>		
<b>Ubicación:</b>		
<b>Condiciones de Operación:</b>	<b>Velocidad Máxima:</b> <b>Presión de Trabajo:</b>	<b>Consumo:</b> <b>Temperatura de Trabajo:</b>
<b>Costo del Equipo:</b>		



ANEXO N°2

**ORDEN DE TRABAJO N°** \_\_\_\_\_ /

**FOTOGRAFIA DE LA MAQUINA**

<b>CODIGO MAQUINA</b>	
---------------------------	--

<b>CODIGO ACTIVIDAD</b>	
-----------------------------	--



<b>FECHA</b>	/ /	<b>HORA INICIO</b>	
<b>MECANICO</b>		<b>HORA TERMINO</b>	
<b>HOROMETRO</b>		<b>UBICACION</b>	
<b>PROXIMA ACTIVIDAD</b>		<b>FECHA PROXIMA ACTIVIDAD</b>	
<b>DURACION ESTIMADA</b>		<b>DURACION REAL</b>	
<b>COMPONENTE:</b>	<b>SERVICIO:</b>		
<b>REPUESTOS:</b>	<b>DESCRIPCION:</b>		
<b>HERRAMIENTAS:</b> <input type="checkbox"/> Caja herr básica <input type="checkbox"/> Maquina soldar <input type="checkbox"/> Herramientas especiales	<b>ARTICULOS PROTECCION PERSONAL:</b> <input type="checkbox"/> Guantes <input type="checkbox"/> Antiparras <input type="checkbox"/> Protector auditivo		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>AUTORIZADO POR:</b>	<b>FIRMA:</b>		