

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias  
de la Producción**

“Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo  
para los Equipos y Máquinas de la Empresa Decorteja”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

Mario Augusto Escudero Ramírez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Padres que hicieron posible mi educación y me guiaron en cada momento de mi vida.

# DEDICATORIA

A MI MADRE POR SU  
INCONDICIONAL APOYO.

A MI PADRE

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MIS HERMANAS

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Jorge Luis Amaya

VOCAL

---

Ing. Walter José Gamarra Yépez

VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Augusto Escudero Ramírez

## **RESUMEN**

El trabajo que a continuación se presenta, se trata del diseño e implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo para una Empresa que elabora tejas cerámicas, con el objetivo de disminuir las paradas por averías de máquinas y equipos.

En el primer capítulo se revisan los fundamentos teóricos del Mantenimiento. En el segundo capítulo se hace un breve estudio del proceso productivo así como de los principales equipos utilizados en el proceso.

En el tercer capítulo se desarrolla el plan de Mantenimiento en sí mismo, aquí se describe la metodología para el levantamiento de información, la codificación de equipos, la división en grupos funcionales y la asignación de actividades de Mantenimiento a las partes.

Finalmente se describe la implementación de un software de Mantenimiento para automatizar las tareas.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	II
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	III
<b>ABREVIATURAS</b> .....	IV
<b>SIMBOLOGÍA</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VI
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. ASPECTOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.</b>	
1.1 Fundamentos teóricos del Mantenimiento.....	3
1.2 Tipos de Mantenimiento.....	3
1.2.1. Mantenimiento Preventivo.....	4
1.2.2. Mantenimiento de Uso.....	5
1.2.3. Mantenimiento Predictivo.....	6
1.2.4. Mantenimiento Correctivo.....	7
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA.</b>	
2.1 Descripción del proceso productivo.....	8

2.2	Descripción de máquinas y equipos involucrados en el proceso.....	9
2.2.1.	Alimentador lineal.....	9
2.2.2.	Molino laminador.....	10
2.2.3.	Extrusora.....	10
2.2.4.	Horno de rodillos.....	11
2.2.5.	Enzunchadora lateral.....	12
2.2.6.	Envolvedora.....	13
2.2.7.	Cargadora frontal.....	13
2.2.8.	Compresor de tornillo.....	14

### **CAPÍTULO 3**

#### **3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

3.1	Elaboración del listado general y codificación de máquinas y equipos.....	16
3.2	Tarjetas de activos.....	18
3.3	Selección de equipos.....	20
3.3.1.	Factor de criticidad.....	21
3.3.2.	Resultados.....	21
3.4	Análisis de degradaciones forzadas en máquinas e instalaciones.....	22
3.5	División de las máquinas en grupos funcionales.....	24

3.6	Plan de Mantenimiento Preventivo.....	25
3.7	Diseño y generación de las órdenes de trabajo.....	27
3.8	Implementación de un software de mantenimiento GMAO...	29
3.8.1.	Creación de equipos.....	29
3.8.2.	Catálogo de equipos.....	30
3.8.3.	Planes de Mantenimiento.....	31
3.8.4.	Generación de órdenes de trabajo.....	33
 <b>CAPÍTULO 4</b>		
4.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>34</b>
 <b>APÉNDICES.....</b>		
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>

## **ABREVIATURAS**

GMAO	Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador
MP8	Programa de Mantenimiento Preventivo
TPM	Mantenimiento Productivo Total
ISO	Organización de Estándares Internacionales.
OT	Orden de Trabajo

## SIMBOLOGÍA

C	Grado Centígrado
kW	Kilowatio
m	Metro
mm	Milímetro
V	Voltio
A	Amperio
HP	Horse Power
W	Watio
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
Kg	Kilogramo
Lb	Libra
Ton	Tonelada
cfm	Pie cúbico por minuto
m <sup>3</sup> /h	Metro cúbico por hora
ton/h	Tonelada por hora
RPM	Revoluciones por minuto
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1. Alimentador Lineal.....	9
Figura 2.2. Molinos de Rodillos.....	10
Figura 2.3. Extrusora.....	11
Figura 2.4. Sistema de movimiento horno de rodillos.....	12
Figura 2.5. Enzunchadora.....	12
Figura 2.6. Envolvedora.....	13
Figura 2.7. Cargadora Frontal.....	14
Figura 2.8. Compresor de Tornillo.....	14
Figura 3.1. Esquema para la división de una máquina en componentes .....	24
Figura 3.2. Pantalla de creación de equipos.....	33
Figura 3.3. Pantalla de catálogo de equipos.....	31
Figura 3.4. Creación de planes de mantenimiento.....	32
Figura 3.5. División de equipos en partes y subpartes.....	32
Figura 3.6. Generación de órdenes de trabajo.....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Extracto del listado general de activos de la empresa.....	17
Tabla 2: Modelo de tarjeta de activo.....	19
Tabla 3: Criterios para determinar criticidad de un equipo.....	21
Tabla 4: Extracto análisis de degradaciones habituales forzadas-causas de averías.....	23
Tabla 5: Extracto de plan de mantenimiento preventivo.....	26
Tabla 6: Anverso orden de trabajo.....	28
Tabla 7: Reverso orden de trabajo.....	28

## INTRODUCCIÓN

Debido problemas como constantes paradas de máquinas por averías, altos costos en Mantenimiento Correctivo, falta de stock de repuestos en la bodega, frecuentes afectaciones a la calidad del producto final, entre otros; se decidió buscar una metodología para corregir estos problemas.

El objetivo principal es incrementar la disponibilidad de los equipos considerados como críticos dentro del proceso productivo de la Empresa para lo cual, después de un análisis ingenieril se resolvió diseñar e implementar un Programa de Mantenimiento Preventivo con el fin de lograr solucionar los problemas antes mencionados, lo que se traducirá en una mejor productividad, tiempos de detención cortos y bajos porcentajes de fallas e incremento en la calidad del producto final.

La metodología usada fue la siguiente: se inició con un levantamiento de la información de equipos (recopilación de manuales, planos, historiales, etc.), luego se procedió a codificarlos y se elaboró un registro. A continuación se determinaron los equipos críticos de la operación. En la siguiente fase se procedió a dividir los equipos en grupos funcionales para asignarles actividades y frecuencias de mantenimiento. La siguiente etapa es la implementación de las órdenes de trabajo para formalizar las tareas de

mantenimiento planeadas. Se implementó un software de Mantenimiento, el mismo que permite llevar un control exhaustivo de las tareas habituales del Departamento como: programación de las revisiones y tareas de mantenimiento preventivo, generación y seguimiento de las órdenes de trabajo para los técnicos de mantenimiento y por otro lado la creación de historiales de trabajos realizados.

La elaboración de este Plan de Mantenimiento permite mejorar la confiabilidad de los equipos lo que trae consigo un aumento de la productividad además dicho plan es una herramienta básica para la gestión del Departamento de Mantenimiento de dicha Empresa.

# CAPÍTULO 1

## 1. ASPECTOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO.

### 1.1. Fundamentos teóricos del Mantenimiento.

Se puede definir el Mantenimiento como un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever averías, efectuar revisiones programadas, engrases y reparaciones eficaces; dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios y de esta manera contribuyendo a los beneficios de la Empresa.

### 1.2. Tipos de Mantenimiento.

Tradicionalmente el Mantenimiento se agrupa en tres categorías principales:

Se clasifica en tres tipos principales:

- Mantenimiento Preventivo.

- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Correctivo.

### **1.2.1. Mantenimiento Preventivo.**

Se refiere al conjunto de tareas destinadas a la conservación de equipos o instalaciones mediante la ejecución de tareas de revisión y reparación, para garantizar su funcionamiento de acuerdo a condiciones de diseño.

En el mantenimiento preventivo, se busca evitar las averías actuando antes de que surjan. Generalmente se hace sustituyendo piezas de desgaste antes del fin de su vida útil.

Este tipo de Mantenimiento se clasifica en varios tipos de acuerdo a la perspectiva de su uso, describiré el Mantenimiento de Uso únicamente.

### **1.2.2. Mantenimiento de Uso.**

Pretende responsabilizar, mediante la formación adecuada, a los propios usuarios de los equipos; de la conservación e incluso pequeñas reparaciones compatibles con sus habituales ocupaciones.

Con ello se logra:

- a. Que se realicen a su debido tiempo ciertas actuaciones.
- b. Dar cierto estímulo a los usuarios de los equipos para que sólo no se consideren responsables de la producción en sus máquinas, sino también de conservarlas bien.
- c. Descargar al personal de Mantenimiento de una serie de trabajos rutinarios.

Los trabajos típicos de este tipo de Mantenimiento son:

- Engrases diversos.
- Ajuste de tornillos, tuercas, etc.
- Comprobación de temperaturas en elementos de máquinas.
- Comprobación visual de desgaste, etc.

### **1.2.3. Mantenimiento Predictivo.**

Esta clase de Mantenimiento persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad, lanzando predicciones sobre la posible duración de sus componentes.

Por ejemplo en una instalación determinada deben conocerse los valores que normalmente deberán presentar:

- La presión.
- Las pérdidas de carga.
- Las caídas de temperatura.
- La amplitud de vibración.
- La intensidad de corriente.
- El ruido, etc.

Y ante cualquier desviación en los valores presentados por estas variables, se actuará con la eficacia necesaria para evitar defectos de mayores.

#### **1.2.4. Mantenimiento Correctivo.**

Cuando hablamos de mantenimiento correctivo, nos referimos a reparar las averías una vez que han aparecido.

El principal inconveniente es que la avería puede suponer la parada de una máquina, y es necesario planificar la intervención, asignar los recursos humanos necesarios, abastecerse de repuestos, preparar herramientas, elaborar procedimientos de seguridad e intervención que no estaban previstos.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA.**

### **2.1. Descripción del proceso productivo.**

El proceso productivo puede resumirse en las siguientes etapas:

1. Recepción de la materia prima.
2. Maduración.
3. Mezclado.
4. Alimentación.
5. Molido.
6. Humidificación.
7. Extrusión.
8. Corte.
9. Secado.

10. Cocción.
11. Empacado y paletizado.
12. Almacenaje y distribución.

En el apéndice A se muestra el lay-out del proceso productivo de la elaboración de tejas y en el apéndice B se encuentra la explicación del lay-out.

## **2.2. Descripción de máquinas y equipos involucrados en el proceso.**

Se hará una breve descripción de las máquinas y equipos más importantes en el proceso productivo.

### **2.2.1. Alimentador lineal.**

Diseñados para almacenar y dosificar el material en forma continua, uniforme y controlada. Los alimentadores de escamas se emplean principalmente para materiales húmedos.



**FIGURA 2.1. ALIMENTADOR LINEAL**

### 2.2.2. Molino laminador.

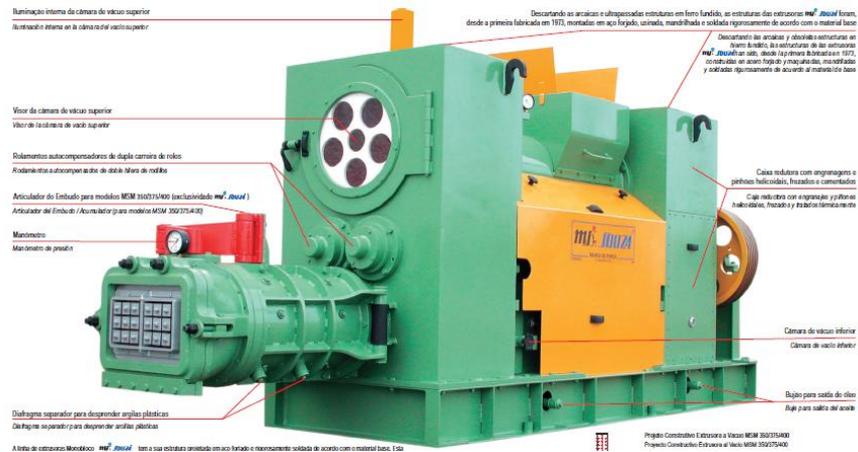
Consta de 2 rodillos de acero duro que giran en sentido contrario y trituran la arcilla. Son accionados por motores eléctricos y transmisión de potencia por bandas V. Los rodillos tienen un mecanismo de raspadores o limpiadores que limpian la arcilla adherida a los mismos, lo que evita que se aprieten entre sí.



**FIGURA 2.2. MOLINO DE RODILLOS**

### 2.2.3. Extrusora.

Máquina utilizada para crear objetos con sección transversal definida y fija en la que el material se comprime y se extrae a través de un troquel con la sección transversal deseada.



**FIGURA 2.3. EXTRUSORA**

## 2.2.4. Horno de rodillos.

Son hornos continuos, de llama directa o libre y de tiro cruzado. Pueden ser de multicanal o monocanal. Se clasifican por el tipo de combustible utilizado.

En los hornos de rodillos, estos producen un movimiento, de traslación continuo y suave. El sistema de movimiento de los rodillos es accionado por motorreductores y transmisión del movimiento mediante pares de engranajes cilíndricos de dientes helicoidales emparejados a cada rodillo.



**FIGURA 2.4.** SISTEMA DE MOVIMIENTO HORNO DE RODILLOS

#### **2.2.5. Enzunchadora automática lateral.**

Estas máquinas aseguran productos o pallets poniendo un fleje tensado y bloqueado alrededor de los mismos. Estas pueden utilizar fleje de polipropileno, de poliéster o de acero.



**FIGURA 2.5.** ENZUNCHADORA

### 2.2.6. Envolvedora semiautomática.

La envolvedora que se utiliza es la de plataforma, éstas disponen de una plataforma que gira en 360° para envolver el pallet y de una columna para el recorrido vertical de la bobina de film.



**FIGURA 2.6.** ENVOLVEDORA

### 2.2.7. Cargadora frontal.

Utilizada en tareas de carga y mezclado de arcillas. Consta de un cucharón frontal accionado por sistemas hidráulicos.



**FIGURA 2.7. CARGADORA FRONTAL**

#### **2.2.8. Compresor de tornillo.**

El compresor de tornillo es principalmente usado para proveer aire comprimido en la empresa. Está compuesto por dos rotores de perfiles conjugados: uno de ellos se denomina macho y posee lóbulos (perfil convexo), mientras que el otro se llama hembra y posee alvéolos (perfil cóncavo).



**FIGURA 2.8. COMPRESOR DE TORNILLO**

# CAPÍTULO 3

## **3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

La implantación del Mantenimiento Preventivo se la realizó en las siguientes etapas:

1. Codificación de las máquinas de la Empresa.
2. Análisis de las degradaciones forzadas.
3. División de la máquina en grupos funcionales o conjunto de módulos que cumplan una función cinemática o de proceso.
4. División del grupo funcional en módulos, sub-módulos y componentes.
5. Confección de Planes de Mantenimiento Preventivo para cada grupo funcional (revisiones) en los que se recogen los módulos a revisar, la frecuencia de la revisión, la norma de revisión y el tiempo que tarda.

6. Diseño e implementación de órdenes de trabajo para la ejecución de las tareas programadas.
7. Implementación de un software de mantenimiento para automatizar las tareas de mantenimiento.

### **3.1. Elaboración del listado general y codificación de máquinas y equipos.**

Se codificó todas las maquinas e instalaciones de la Empresa, incluyendo instalaciones.

Por ser una planta pequeña con un inventario reducido de máquinas y equipos se codificó las mismas con un sistema de codificación no significativa. Así se utilizó para ello 2 dígitos consecutivamente desde el 01, y se las enumeró siguiendo el proceso productivo. En la siguiente tabla se muestra un extracto del listado general de la Empresa.

**TABLA 1**  
**EXTRACTO DEL LISTADO GENERAL DE ACTIVOS DE LA EMPRESA**

<b>LISTADO GENERAL DE ACTIVOS</b>						
<b>Nº</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>CAPACIDAD</b>
01	Cargadora frontal diésel.	BOBCAT	S 300	525816038	58 kW	1300 kg
02	Dosificador de arcilla.	MS SOUSA	CAS-8000	Serie S3	8 HP	5 ton/h
03	Banda transportadora	S/M	--	--	2 HP	3 ton/h
04	Molino laminador de rodillos.	BEDESCHI	LA5	Serie C	25 HP	5 ton/h
20	Extrusora de arcilla.	MS SOUSA	MSM 300	S1	75 HP	5 ton/h
23	Mesa cortadora de tejas.	MS SOUSA	SMT 4	1223	3 HP	3000 cortes/h
41	Envolvedora semiautomática.	LANTECH	Q 300 XT	QX007663	2 HP	4000 lb
45	Montacargas diésel.	JAC	CPCD 30	100519973	..	3000 Kg
61	Ventilador centrífugo.	CASALF	AA53TM	899097	3 HP	1800-2500 m3/h
62	Torno paralelo.	JFMT	JIC6232	--	5.5 HP	volteo=320mm, dist. entre puntas=1000 mm
75	Camión	DAIHATSU	DELTA	AD454567	99 HP	2980 Kg
116	Enzunchadora automática lateral	REISOPACK	2000	EA200003	1 KW	30 flejadas/min
140	Compresor de tornillo.	KAESER	SK20	1115	20 HP	88 cfm
143	Bomba de vacío	KAESER	ASV-140	1031	10 HP	168 acfm

Luego de la elaboración del listado general se procedió a pintar en cada una de las máquinas y equipos el número asignado. Una gran ventaja de esta acción es que permitió identificar claramente a todas las máquinas y equipos y evitar confusiones.

### **3.2. Tarjetas de activos.**

Se diseñó un formato en donde se indican 3 informaciones básicas de cada activo como son: identificación, datos generales y características técnicas. Contiene adicionalmente la foto del activo.

Las tarjetas sirven para registrar datos importantes de la máquina o equipo como modelo, serie, año de fabricación, proveedor, etc., datos que son imprescindibles en el caso de que se requiera adquirir partes y/o repuestos.

En las características técnicas se registran datos como potencia, cilindrada, voltaje, presión, capacidad, producción, etc., datos que sirven para determinar su rendimiento.

En Nota de Seguridad se proporcionan detalle acerca de las medidas de Seguridad, que deben tomarse, antes de iniciar un trabajo en la máquina o equipo.

En la siguiente tabla se muestra el modelo de la tarjeta de activo.

**TABLA 2**  
**MODELO DE TARJETA DE ACTIVO**

<b>TARJETA DE ACTIVO</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	
Número	
Nombre	
Ubicación	
<b>DATOS GENERALES</b>	
Marca	
Modelo	
Serie	
Proveedor	
Fabricante	
País de origen	
Año fabricación	
Inicio operación	
Ubicación	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
Potencia	
Capacidad	
Cilindrada	
Marca motor	
Serie motor	
Altura de elevación	
Neumáticos	
Dimensiones	
Peso	
<b>Nota de Seguridad:</b>	
<b>Observaciones:</b>	

### **3.3. Selección de equipos.**

Se aplicará un plan de Mantenimiento Preventivo a todos los equipos y sus componentes que sean considerados como críticos dentro del proceso productivo. Para determinar esto se utilizará una metodología en donde se identifica varios criterios con su respectiva ponderación. Como resultado de esto se obtendrá un “Factor de Criticidad” del equipo.

Los criterios a utilizarse son:

- Importancia con relación a la producción.
- Afectación a la calidad del producto final.
- Probabilidad de falla.
- Tiempo de operatividad.
- Valor económico.
- Susceptibilidad a falla catastrófica.

Para realizar el cálculo del factor de criticidad de los equipos se utiliza una tabla de ponderación, en la cual se asigna un valor numérico a cada criterio.

Este valor depende del grado del impacto que tenga en la productividad de la planta y de manera particular en la incidencia sobre la calidad del producto final.

**TABLA 3**  
**CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD DE UN EQUIPO**

<b>Criterio</b>		<b>Factor de ponderación</b>
1	Importancia con relación a la producción.	30
2	Afectación a la calidad del producto final.	30
3	Probabilidad de falla.	25
4	Tiempo de operatividad.	15
5	Valor económico	15
6	Susceptibilidad a falla catastrófica	15

### **3.3.1. Factor de criticidad.**

El factor de criticidad resulta de la sumatoria de los valores ponderados de cada criterio de selección.

En el apéndice F se explica la metodología usada para la selección.

### **3.3.2. Resultados.**

Después del análisis se determinó que las máquinas y equipos candidatos para realizar mantenimiento preventivo son:

1. Extrusora de Arcilla.
2. Cargadora frontal.

3. Molinos laminadores de rodillos.
4. Bandas transportadoras.
5. Horno de rodillo.
6. Compresor de tornillo.
7. Molino de bolas.
8. Envolvedora
9. Ventiladores centrífugos.
10. Enzunchadora automática.
11. Bomba de vacío.
12. Montacargas.

#### **3.4. Análisis de degradaciones forzadas en máquinas e instalaciones.**

Toda máquina e instalación se degrada a medida que pasan las horas de uso. Esta degradación puede ocurrir de 2 maneras:

- Natural o por envejecimiento.
- Forzada o debida a errores humanos de diversa índole.

Para que el Mantenimiento Preventivo sea eficaz será menester, antes de aplicarlo, “sanear” la máquina de estas degradaciones forzadas, ya que si así no fuera, la propia degradación impediría la evitación del fallo propiciado por el Mantenimiento Preventivo.

La siguiente hoja de análisis de degradaciones forzadas, permite determinarlas con rapidez y orden.

TABLA 4

**EXTRACTO ANÁLISIS DE DEGRADACIONES HABITUALES FORZADAS-  
CAUSAS DE AVERIAS.**

Responsable:

Sección:

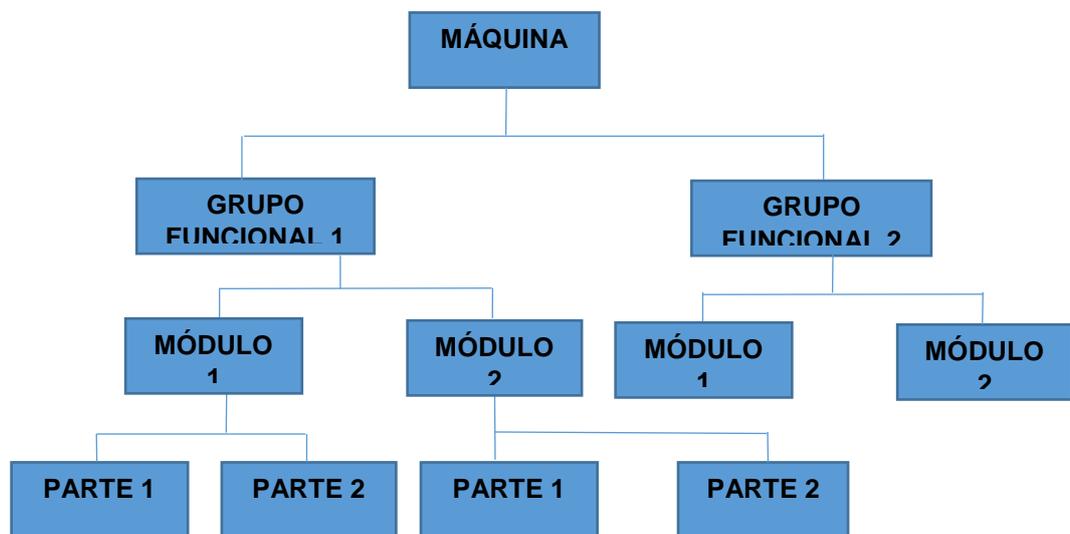
Fecha:

Máquina:

Familia degradación	Código	Degradaciones forzadas-causa de averías.	Código	Existencia habitual		
				Si	No	No sabe
Energética	E	Falta de combustible y su alimentación	EC			
		Corte de energía eléctrica o irregularidades eléctricas.	EE			
		Falta de agua caliente o fría.	EG			
		Falta de suministro de líquido hidráulico.	EH			
		Falta de suministro de aire comprimido.	ER			
Funcional	F	Vibraciones	FB			
		Aflojamiento de tuercas, tornillos, etc.	FX			
Intrínseca	I	Protección defectuosa contra polvo y humedad.	IA			
		Comportamiento inadecuado ante agentes externos del material componente de la máquina	IC			
		Error de diseño	ID			
		Defecto de fabricación en componentes de la máquina	IF			
		Debilidades estructurales.	IT			
Imputable a Mantenimiento	M	No eliminación de degradaciones circundantes.	MC			
		Falta de lubricación.	ML			
		Falta de competencia del personal de Mantenimiento	MF			
		Falta de limpieza.	MI			
		Malas reparaciones.	MR			

### 3.5. División de las máquinas en grupos funcionales.

Debido a la necesidad de dividir máquinas y/o equipos grandes en unidades más sencillas para su análisis se utilizará una estructura de tipo jerárquica para tal fin. A continuación se detalla el esquema que se utilizó.



**FIGURA 3.1.** ESQUEMA PARA LA DIVISIÓN DE UNA MÁQUINA EN COMPONENTES

Se observa que una máquina o equipo se dividirá (en una estructura tipo árbol) en tres o más grupos de análisis como son: grupos funcionales (que cumplan una función cinemática o de proceso), módulos y submódulos o partes. Esto permitirá adicionalmente codificar de una manera racional todos los componentes de las máquinas y equipos.

En el apéndice D se muestra un ejemplo de la división y codificación para un compresor de tornillo.

### 3.6. Plan de Mantenimiento Preventivo.

Para realizar el plan propiamente se diseñó una tabla en una hoja de cálculo en donde constan varias columnas. A continuación se describe cada una:

- Módulo a intervenir
- Código del componente.
- Componente del módulo.
- Periodo de revisión (puede ser horas, días, semanas, meses, años, kilómetros)
- Trabajo a realizar.
- Actividades, aquí se describe las actividades de mantenimiento preventivo a realizarse.
- Repuestos o materiales utilizados.
- Herramientas necesarias para realizar el trabajo.
- Prioridad de esta tarea, puede ser alta (1), media (2) o baja (3)
- Condición de la máquina (M: máquina en marcha, P:máquina parada, D: máquina desmontada)
- Personal requerido para efectuar el trabajo
- Duración aproximada del trabajo

A continuación se muestra un extracto de una tabla de Mantenimiento Preventivo para una máquina.

**TABLA 5**  
**EXTRACTO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
					NOMBRE MÁQUINA:	CARGADORA FRONTAL	ELABORADO POR:	A. Escudero	CÓDIGO:				
					NÚMERO/CÓDIGO:	1	APROBADO POR:	M. Rodríguez	HOJA 1 de 1				
ITEM	MÓDULO	CÓDIGO	COMPONENTE	PERIODO	TRABAJOS A REALIZAR	ACTIVIDADES	REPUESTOS/ MATERIALES	HERRAMIENTAS	PRIORIDAD	CONDICIÓN MÁQUINA	PERSONAL	DURACIÓN APROX. DE TRABAJO	
1	Block	CF-MD-BL-01	Poleas de transmisión	1000 h	Inspección	Inspeccionar desgaste en polea			2	P	Mecánico	5 min	
2				200 h	Revisión	Revisar estado de banda V, revisar tensión			2	P	Mecánico	5 min	
3		CF-MD-BL-02	Bandas de transmisión	3000 h	Reemplazar	Reemplazar banda por una nueva	Banda BOBCAT B3600XT	Juego de llaves mixtas, palanca, dado 19, 22 y 24 mm	1	P	Mecánico	2 h	
4		CF-MD-BL-03	Templador de banda	1000 h	Revisión	Revisar estado de templador			2	P	Mecánico	10 min	
5	Sistema de lubricación	CF-MD-LU-02	Filtro de aceite	200 h	Reemplazar	Reemplazar filtro	Filtro de aceite PH8A	Herramienta para sacar filtros, trapo, recipiente	2	P	Mecánico	10 min	
6		CF-MD-LU-03	Aceite motor	8 h	Inspección	Inspeccionar nivel de aceite de motor			2	P	Operador	5 min	
7				200 h	Cambiar	Drenar aceite del motor y cambiar por aceite nuevo	Aceite 15W40	Recipiente, llave 24 mm, embudo	2	P	Mecánico	45 min	
8	Sistema de admisión de aire	CF-MD-AD-01	Filtro de aire exterior	200 h	Reemplazar	Cambiar filtro de aire exterior	Filtro de aire CA1789		2	P	Mecánico	10 min	
9		CF-MD-AD-02	Filtro de aire interior	600 h	Reemplazar	Cambiar filtro de aire interior	Filtro de aire CA1740		2	P	Mecánico	10 min	
10		CF-MD-AD-03	Carcasa de filtro	200 h	Limpiar	Limpiar interior de carcasa	Trapo	Trapo	2	P	Mecánico	10 min	
11		CF-MD-AD-04	Ductos	200 h	2	Inspeccionar en busca de fisuras	Trapo	Trapo		P	Mecánico	10 min	
12		CF-MD-AD-05	Múltiple de admisión	1000 h	Inspección	Inspeccionar en busca de fisuras			2	P	Mecánico	10 min	
13		CF-MD-AD-06	Múltiple de escape	1000 h	Inspección	Inspeccionar en busca de fisuras			2	P	Mecánico	10 min	
14	Sistema de inyección de combustible	CF-MD-IC-01	Tanque de combustible	500 h	Limpiar	Realizar limpieza interior, sacar tapón para drenar	Silicón en pasta	Alicate	2	P	Mecánico	1 h	
15		CF-MD-IC-03	Pera de bombeo.	1000 h	Limpiar	Abrir pera, sacar filtro y realizar limpieza.		Destornillador, playo	2	P	Mecánico	1 h	
16		CF-MD-IC-04	Filtro de combustible	50 h	Drenar	Drenar agua de la trampa			2	p	Operador	5 min	
				200 h	Reemplazar	Sacar filtro y reemplazar por uno nuevo	Filtro H963	Herramienta para sacar filtros, trapo, recipiente	3	P	Mecánico	11 min	
17		CF-MD-IC-06	Solenoides de paso.	200 h	Revisión	Revisar si abre y cierra al energizarse		Multímetro, destornillador	2	P	Mecánico		
18	CF-MD-RE-01	Tanque de refrigerante	200 h	Inspección	Inspeccionar si no hay fugas de refrigerante			1	P	Mecánico	10 min		
19	CF-MD-RE-02	Radiador	200 h	Limpiar	Inspeccionar si no hay fugas de refrigerante			1	P	Mecánico	5 min		
20	CF-MD-RE-03	Mangueras	200 h	Inspección	Inspeccionar si no hay fugas de refrigerante			1	P	Mecánico	10 min		

Toda la información de estos planes luego fueron migrados a un software de mantenimiento para automatizar las tareas.

### **3.7. Diseño y generación de las Órdenes de Trabajo.**

Se diseñó un modelo de orden de trabajo adecuado a la realidad de la Empresa. Esta orden sirve de fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debido a que incluye datos como el tipo de actividad, su prioridad, la falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, Recursos Humanos y materiales utilizados, y otros datos los mismos que permiten evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

**TABLA 6**  
**ANVERSO ORDEN DE TRABAJO**

<b>Solicitante:</b>	LOGO	<b>Orden de Trabajo</b>
<input type="text"/>		N°
<b>Fecha y hora</b>		<b>N° Máquina</b>
<input type="text"/>		<input type="text"/>
<b>Fecha y hora de emisión</b>	<input type="text"/>	
<b>Descripción del fallo o del trabajo</b>		
<input type="text"/>		
<input type="text"/>		
<input type="text"/>		
<b>Grado de urgencia</b>	<b>Máquina disponible</b>	<b>Tiempo de espera</b>
<input type="text"/>	<input type="text"/> SI	<input type="text"/>
	<input type="text"/> NO	
<b>Consignas de seguridad</b>	<b>Exige preparación</b>	<b>Prueba final/verificación</b>
<input type="text"/>	<input type="text"/> SI	<input type="text"/>
	<input type="text"/> NO	<b>Fecha-hora</b>
		<input type="text"/>

**TABLA 7**  
**REVERSO ORDEN DE TRABAJO**

INFORMACIÓN DE LA OT			
Módulo afectado	Trabajo realizado	Repuestos utilizados	Código de módulo/parte
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Tiempo asignado</b>	<input type="text"/>	<b>Causa del fallo</b>	
<b>Tiempo real</b>	<input type="text"/>		
<b>N° de trabajadores</b>	<input type="text"/>		
<b>Horas de funcionamiento</b>	<input type="text"/>		
<b>Nombre del reparador</b>	<input type="text"/>		
<b>Firma</b>	<input type="text"/>		

### **3.8. Implementación de un software de Mantenimiento GMAO.**

Debido al volumen de información que se empezó a generar y a la inversión en tiempo y personal utilizado se optó por usar un software de Gestión de Mantenimiento. Se utiliza actualmente el software de Mantenimiento MP versión 8.

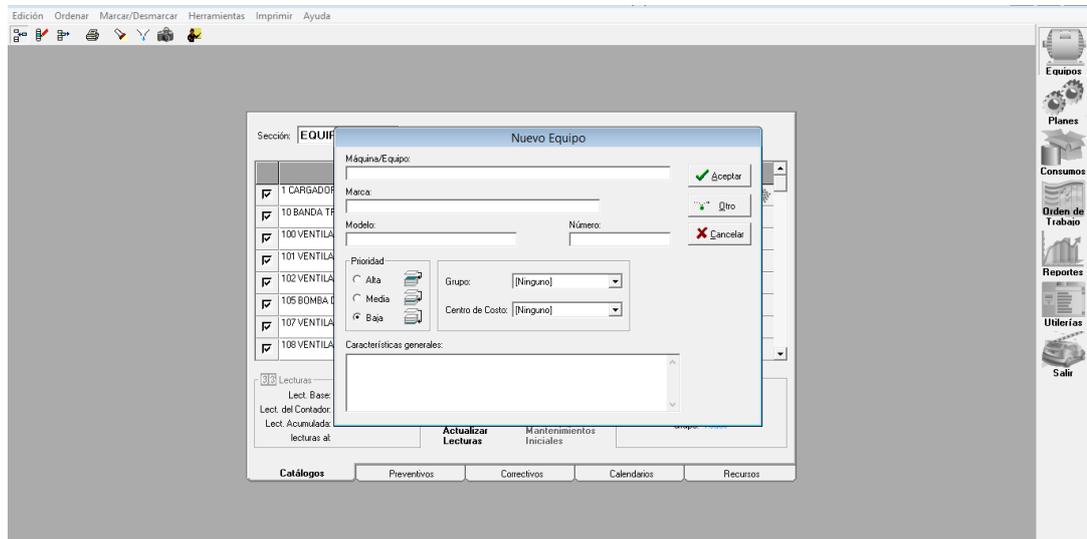
Se presenta a continuación varias capturas de pantallas para indicar su funcionamiento

#### **3.8.1. Creación de equipos.**

El primer paso es la creación de una base de datos también llamado catálogo con los equipos cuyo Mantenimiento se desee controlar.

Al registrar un equipo, el usuario registra los siguientes datos:

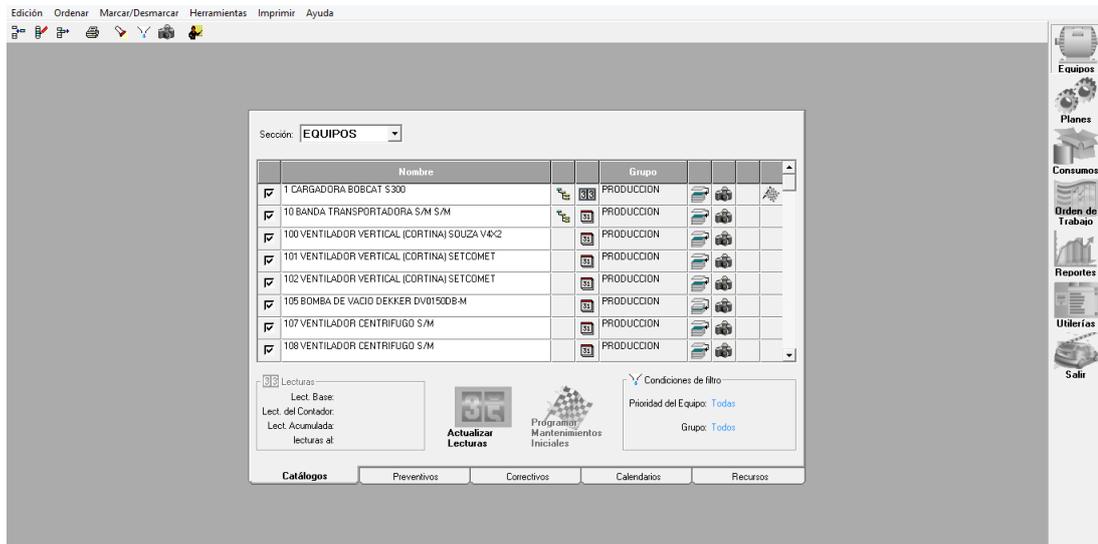
1. Descripción.
2. Marca.
3. Modelo.
4. Identificador.
5. Prioridad.
6. Especificaciones y datos técnicos.
7. Centro de costo, entre otros.



**FIGURA 3.2. PANTALLA DE CREACIÓN DE EQUIPOS.**

### **3.8.2. Catálogo de equipos.**

En la figura siguiente se muestra cómo se va formando el catálogo con los datos ingresados. Algo importante es que el programa permite anexar planos, fotografías, diagramas, etc., como información complementaria.



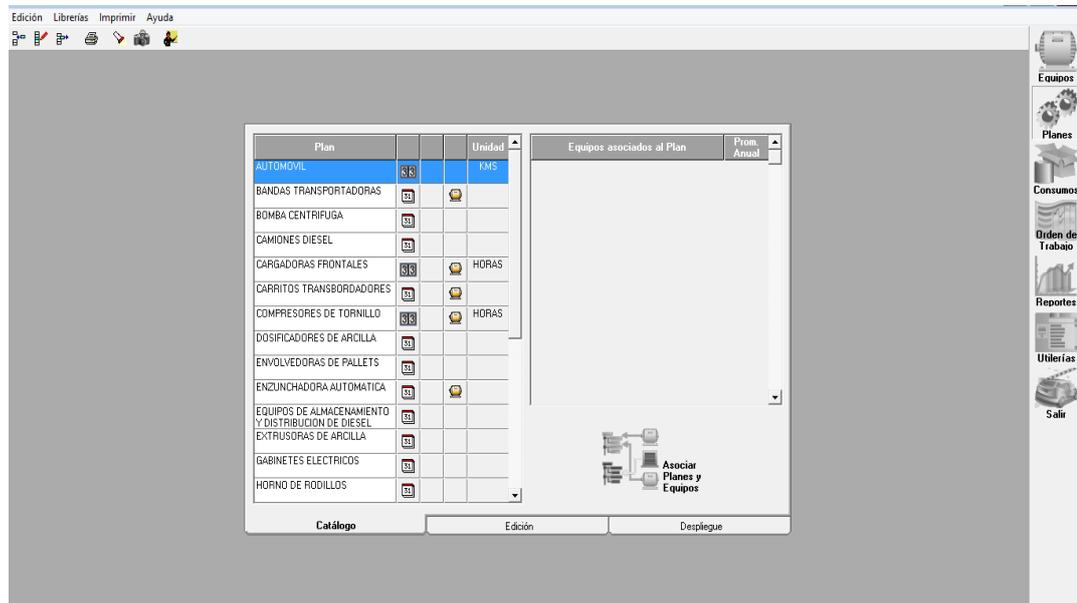
**FIGURA 3.3. PANTALLA DE CATÁLOGO DE EQUIPOS.**

### 3.8.3. Planes de Mantenimiento.

Un plan de Mantenimiento es el conjunto de actividades de Mantenimiento Preventivo que deben realizarse a un equipo. Los componentes son:

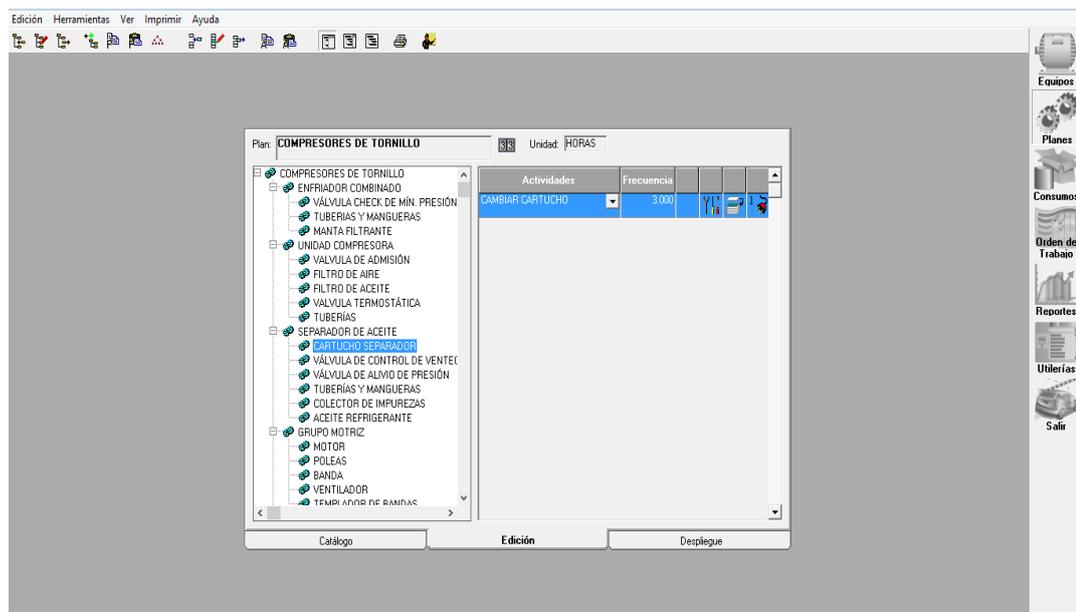
- El régimen que determina si en control se lo llevará por fechas o por horas.
- Las partes y subpartes del equipo.
- Las actividades de Mantenimiento que se le hacen a cada parte y subparte.
- La frecuencia con que debe realizarse.

Finalmente se asocia planes con equipos.



**FIGURA 3.4 CREACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO.**

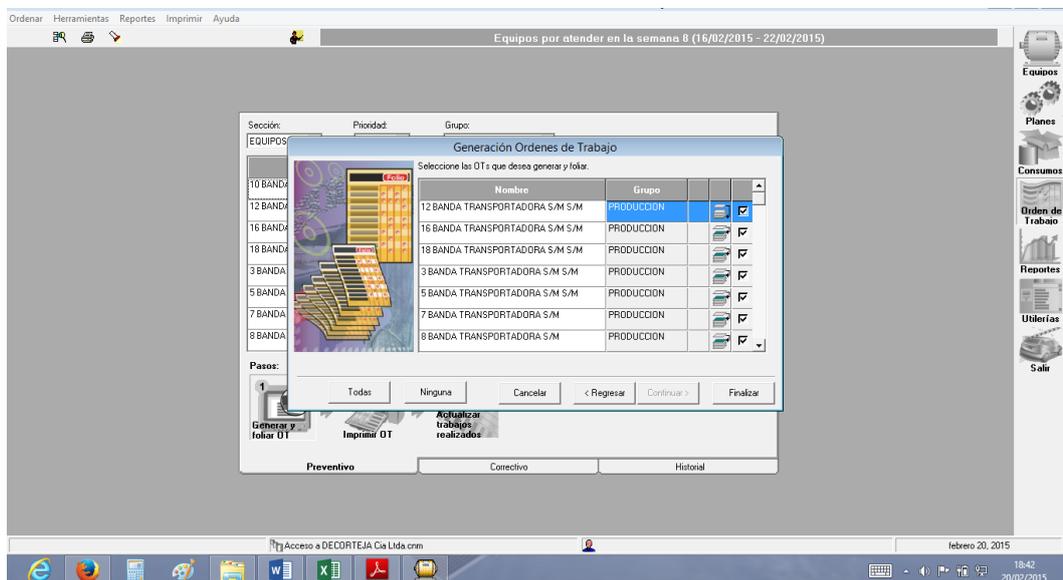
En la siguiente figura se observa el detalle de la división de una máquina en partes y subpartes.



**FIGURA 3.5. DIVISIÓN DE EQUIPOS EN PARTES Y SUBPARTES.**

### 3.8.4. Generación de órdenes de trabajo.

Una vez presentada la lista de los equipos que deben atenderse en el periodo, el programa permite empezar a generar las órdenes de trabajo para los equipos. En el apéndice C se explica con más detalle el proceso de generación y registro de órdenes de trabajo.



**FIGURA 3.6. GENERACIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO.**

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Al implementar el plan de Mantenimiento Preventivo se logró disminuir notablemente las paradas de máquina por averías, como resultado directo de la ejecución de tareas de tipo preventivo. Esto se ha visto reflejado en un incremento de la productividad de la Empresa.
2. Otro resultado positivo se obtuvo de la identificación de máquinas y equipos, puesto que de esta manera se pudo implementar un software para manejo de la bodega de Mantenimiento y registrar los consumos en materiales y repuestos por cada máquina. De esta manera se elaboran reportes mensuales del costo del mantenimiento específicamente para cada equipo.

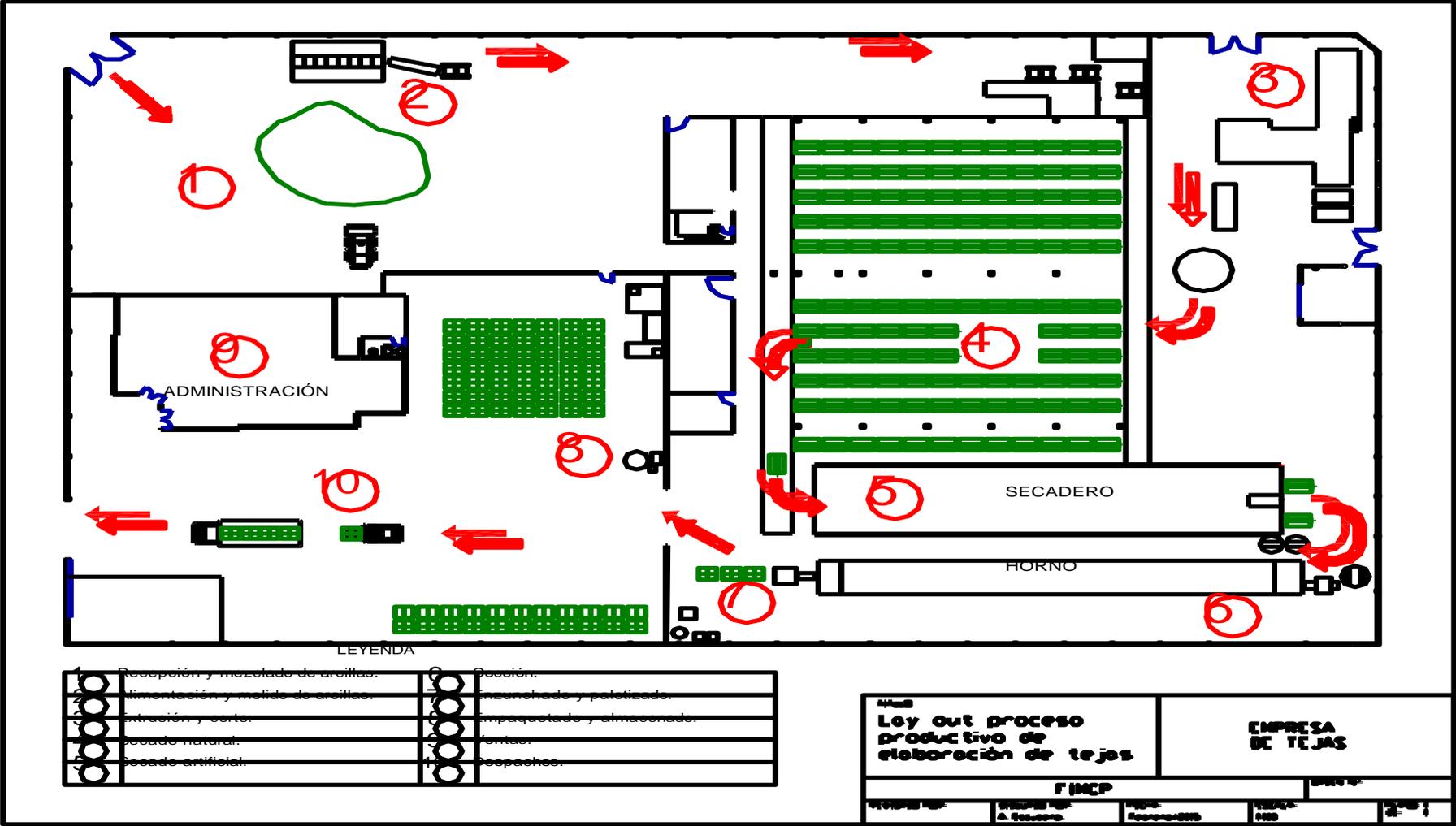
3. Al codificar las partes de las máquinas se pudo crear una base de datos para mantener un stock mínimo de repuestos lo que dio como resultado la disminución de los tiempos para reparación puesto que se contaba en bodega con los repuestos necesarios.
4. Se constata un mayor involucramiento por parte de los usuarios de los equipos (personal de producción) al realizar tareas menores de Mantenimiento Preventivo como limpiezas, ajustes, engrases entre otras, descargando de estas actividades al personal de Mantenimiento.
5. Al implementar las órdenes de trabajo se ha logrado ordenar de manera significativa el trabajo del personal de Mantenimiento puesto que con este registro se les indica específicamente las tareas que tienen que realizar.
6. Otro resultado positivo ha sido la creación de bases de datos de historiales de Mantenimiento Preventivo, con lo cual se estima las horas de funcionamiento real de componentes. Esto permite anticiparse a la falla por la culminación de su vida útil, reemplazando componentes antes de que esto suceda.

7. Se recomienda continuar con el uso del software de Mantenimiento puesto que automatiza considerablemente las tareas de administración del Mantenimiento.

## **APÉNDICES**

# APÉNDICE A

## LAY-OUT DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TEJAS.



## APÉNDICE B

### EXPLICACIÓN DEL LAY-OUT DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TEJAS.

El proceso productivo inicia con la *recepción de las materias primas* (1). Arcillas con características especiales de plasticidad llegan desde diferentes yacimientos. Estas son amontonadas formando grandes acopios. A continuación pasa a una etapa de *mezclado y maduración*. El reposo a la intemperie tiene la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos.

Posteriormente la arcilla es depositada en un alimentador lineal de cadena (2) que sirve para almacenar y alimentar el material en forma continua, uniforme y controlada. De aquí pasa a un proceso de molido en donde se reduce el tamaño de grano mediante molinos laminadores de rodillos y luego es transportada por medio de bandas transportadoras. La siguiente etapa es la *humidificación*, aquí se añade agua a la arcilla previamente molida en una batidora de paletas y se homogeniza para formar una masa moldeable. De aquí cae a un amasador que alimenta una cámara de vacío donde se elimina el aire retenido en la masa, logrando una máxima cohesión entre partículas.

De esta cámara, el material entra a la extrusora propiamente dicha, donde un sinfín comprime la masa a través de un molde (3).

La tira continua de arcilla extruida va directamente a una mesa cortadora que la corta mediante un hilo de acero en longitudes comerciales.

Una vez que las tejas están cortadas se colocan en tableros los que a su vez se colocan en estanterías móviles para trasladarlos a una zona de *secado natural* (4).

La siguiente fase es el secado, el cual tiene como finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de humidificación para de esta manera, pasar a la fase de cocción. Se hace circular aire caliente dentro del secadero para insuflar superficialmente las piezas (5).

A continuación pasan al horno donde se realiza la cocción (6). Mediante el aporte de calor se produce un proceso de transformaciones físico-químicas que modifican la estructura química y cristalina de las arcillas de forma irreversible, adquiriendo consistencia pétrea y obteniéndose finalmente los productos cerámicos.

En la siguiente etapa es el *empacado y paletizado* (8), aquí las tejas son agrupadas en montones de 10, 15 y 20 unidades y se aseguran mediante un zuncho plástico termosoldable. Posteriormente un montacargas traslada los pallets envueltos hasta la zona de almacenaje para su posterior distribución (10).

## **APÉNDICE C**

### **EXPLICACIÓN DEL PROCESO DE GENERACIÓN Y REGISTRO DE ÓRDENES DE TRABAJO (OT).**

#### **Paso 1. Generar y foliar una OT**

Cada vez que se genera una OT, el programa asigna un número de folio consecutivo a la OT. El número de folio permite controlar y dar seguimiento a cada OT, evitando la posibilidad de duplicar trabajos.

#### **Paso 2. Imprimir la OT**

Una vez generada la OT, ésta podrá imprimirse para entregarla al técnico correspondiente encargado de realizar los trabajos. Este documento servirá al técnico como guía durante todo el periodo para conocer los trabajos que debe ir realizando.

Al final del periodo, el documento servirá para actualizar en el programa los trabajos realizados.

#### **Paso 3. Actualizar los trabajos**

Para poder cerrar una OT, es necesario que el usuario indique al programa los trabajos que se realizaron físicamente. Esto se realiza registrando las

fechas cuando se llevaron a cabo las diferentes actividades. En esta etapa también se forma el historial de actividades realizadas a un equipo.

					FOLIO No. 03458						
					SEMANA 34						
NOMBRE					1	2	3	4	5	6	7
REVISAR ALINEAMIENTO											
VERIFICAR NIVELACIÓN											
CHECAR TEMPERATURA: Chumacera's, Husillo principal's											
LIMPIAR: Filtro's, Depósito's, Cabeza's											
LIMPIAR: Filtro's, Depósito's, Delanta's											
LIMPIAR: Filtro's, Depósito's, Caja avance's											
REVISAR Y REACONDITIONAR: Motor's, Sistema eléctrico's											
LIMPIAR: Motor's, Sistema eléctico's											
REVISAR Y CAMBIAR SI ES NECESARIO (*) Bander's											

REGISTRO DE TRABAJOS EN OT

## APÉNDICE D

### TARJETA DE ACTIVO DE UNA MÁQUINA

TARJETA DE ACTIVO	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	
Número	01
Nombre	Cargadora frontal
Ubicación	Recepción de arcillas
<b>DATOS GENERALES</b>	
Marca	BOBCAT
Modelo	S300
Serie	525816038
Proveedor	RYC S. A.
Fabricante	INGERSOLL RAND
País de origen	USA
Año fabricación	2008
Inicio operación	2009
Ubicación	2010
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
Potencia	58 kW
Capacidad	3000 kg
Capacidad pala	1.4 m <sup>3</sup>
Cilindrada	5500 cm <sup>3</sup>
Marca motor	KUBOTA
Serie motor	V-3300
Neumáticos	12.00-16.512PR mm
Altura de elevación	3.2 m
Peso	
	
<p><b>Nota de Seguridad:</b> Jamás quitar la tapa del depósito de líquido refrigerante cuando el motor esté en funcionamiento o esté caliente. Primero, déjalo enfriar.</p>	
<p><b>Observaciones:</b> Motor diesel turboalimentado, 4 cilindros en línea. Mando por joystick</p>	

## APÉNDICE E TARJETA DE ACTIVO

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
				NOMBRE MÁQUINA:		COMPRESOR DE TORNILLO		ELABORADO POR:		A. Escudero		CÓDIGO:	
				NÚMERO/CÓDIGO:		140		APROBADO POR:		M. Rodríguez		HOJA 1 de 1	
ITEM	MÓDULO	COMPONENTE	PERIODO	TRABAJO A REALIZAR	ACTIVIDADES	REPUESTOS/ MATERIALES	HERRAMIENTAS	PRIORIDAD	CONDICIÓN MÁQUINA	PERSONAL	DURACIÓN APROX. DE TRABAJO		
1	Enfriador combinado	Radiador.	1000	h	Limpiar	Realizar limpieza exterior con agua usando un pulverizador.	Pulverizador, aire comprimido	2	P	Ayudante	1 h		
2		Válvula check de mínima presión	10000	h	Reemplazar	Apagar compresor. Desarmar válvula y cambiar los accesorios del kit de mantenimiento	Kit mantenimiento válvula de mínima presión	Juego de llaves allen, juego de llaves mixtas	1	P	Mecánico	1 h	
3			20000	h	Reemplazar	Apagar compresor. Desarmar válvula y cambiar los accesorios del kit de reparación	Kit reparación válvula de mínima presión	Juego de llaves allen, juego de llaves mixtas	2	P	Mecánico	1.5 h	
4		Ductos y mangueras.	3000	h	Inspeccionar	Inspeccionar fugas en ductos. Ajustar de acoples		Llave inglesa, paño de tela	2	P	Mecánico	15 min	
5		Manta filtrante.	1	s	Limpiar	Sacar manta y lavar con agua y jabon.	Manta filtrante 800 mm		1	M	Mecánico	30 min	
6	Unidad compresora.	Válvula de admisión.	10000	h	Reemplazar	Desmontar manguera de aspiración, base y filtro de aire. Desmontar válvula de admisión y llevarla a una prensa de banco. Desarmar válvula usando herramienta especial para válvulas y cambiar accesorios. Montar y probar funcionamiento	Kit mantenimiento válvula de admisión	Juego de llaves mixtas, prensa de banco, herramienta para válvula	1	D	Mecánico	2 h	
7			20000	h	Reemplazar	Desmontar manguera de aspiración, base y filtro de aire. Desmontar válvula de admisión y llevarla a una prensa de banco. Desarmar válvula usando herramienta especial para válvulas y cambiar accesorios. Montar y probar funcionamiento	Kit reparación válvula de admisión	Juego de llaves mixtas, prensa de banco, herramienta para válvula	1	D	Mecánico	2.5 h	
8		Filtro de aire.	1000	h	Limpiar	Apagar compresor. Sacar filtro y sopletear con aire comprimido. Pmáx=35 psig		Pistola de aire comprimido	2	P	Mecánico	15 min	
9			3000	h	Reemplazar	Apagar compresor. Cambiar filtro y limpiar carcasa.	Filtro de aire	Paño de tela	1	P	Mecánico	15 min	
10		Manguera de aspiración.	3000	h	Limpiar	Apagar compresor. Desarmar y lavar con agua		Destornilladores	1	P	Mecánico	30 min	
11		Filtro de aceite.	6000	h	Reemplazar	Apagar compresor y ventear. Cambiar filtro	Filtro de aceite	Herramienta para sacar filtros, recipiente	1	P	Mecánico	15 min	
12		Válvula termostática.	20000	h	Reemplazar	Apagar compresor y dejar enfriar. Desarmar válvula y reemplazar.	Válvula termostática	Juego llaves mixtas	1	P	Mecánico	1.5h	
13		Tuberías.	3000	h	Inspección	Apagar compresor. Revisión y ajuste de acoples		Llave inglesa, paño de tela	2	P	Mecánico	15 min	
14		Tornillos rotatorios.	40000	h	Revisar estado	Apagar compresor y ventear. Desarmar válvula de admisión, desmontar bloque compresor y revisar estado de tornillos.		Juego de llaves allen, juego de llaves mixtas	1	D	Mecánico	4 h	
15		Bloque compresor.	3000	h	Limpiar	Apagar compresor y dejar enfriar. Limpiar exteriormente y ajustar de acoples		Llave inglesa, paño de tela	1	P	Mecánico	30 min	
16		Rodamientos de tornillos.	40000	h	Reemplazar	Apagar compresor y ventear. Desmontar bandas y polea. Desmontar unidad compresora y reemplazar los rodamientos	Rodamientos 6308	Juego de llaves allen, juego de llaves mixtas	1	D	Mecánico	5 h	
17	Retenes de aceite.	40000	h	Reemplazar	Apagar compresor y ventear. Desmontar bandas y polea. Desmontar unidad compresora y reemplazar los retenes	Retenes	Juego de llaves allen, juego de llaves mixtas	1	D	Mecánico	4		
18		Cartucho separador.	6000	h	Reemplazar	Apagar compresor y ventear tanque, drenar aceite, remover tapa superior y sacar cartucho usado. Colocar cartucho nuevo y empaques. Empenar nuevamente la tapa, encender y	Kit cartucho separador	Manguera de mto., juego de llaves mixtas, recipiente	1	P	Mecánico	0,5	
19		Colector de impurezas.	6000	h	Reemplazar	Apagar compresor. Desarmar válvula y reemplazar filtro.	Filtro colector	Juego de llaves mixtas	1	P	Mecánico	0,5	
20		Válvula de control de venteo.	10000	h	Cambiar accesorios.	Apagar compresor y ventear. Desarmar válvula y cambiar kit de mantenimiento.	Kit mantenimiento válvula de control de venteo	Juego de llaves torx, llave 10 mm	1	P	Mecánico	2 h	
21			20000	h	Cambiar accesorios.	Apagar compresor y ventear. Desarmar válvula y cambiar kit de mantenimiento.	Kit reparación válvula de control de venteo	Juego de llaves mixtas	1	P	Mecánico	3 h	

22	Separador de aceite	Bobina de electroválvula.	10000	h	Cambiar bobina	Apagar compresor. Desconectar y cambiar bobina	Bobina 220 V		1	P	Mecánico	1 h
23		Válvula de alivio de presión.	10000	h	Cambiar accesorios.	Apagar compresor y ventear.Desarmar válvula y cambiar kit de mantenimiento.	Kit mantenimiento válvula alivio de presión	Juego de llaves mixtas	1	P	Mecánico	2 h
24			20000	h	Cambiar accesorios.	Apagar compresor y ventear.Desarmar válvula y cambiar kit de mantenimiento.	Kit reparación válvula de alivio de presión	Juego de llaves mixtas	1	P	Mecánico	3 h
25			1	s	Inspección	Revisar nivel del aceite en el visor.			2	M	Mecánico	5 min
26		Aceite refrigerante.	6000	h	Reemplazar	Apagar y ventear compresor, conectar manguera de mto. Drenar aceite y añadir aceite nuevo	2 gal aceite SIGMA S460	Manguera de mto., juego de llaves mixtas, recipiente	1	P	Mecánico	2 h
27			1	s	Inspección	Inspeccionar en busca de fugas.			1	P	Mecánico	10 min
28		Tanque separador.	6000	h	Limpiar	Limpieza interior		Paño de tela	1	P	Mecánico	20 min
29		Manómetro	6000	h	Inspección.	Inspeccionar si funciona correctamente			1	M	Mecánico	10 min
30		Grupo motriz.		1000	h	Limpiar	Apagar compresor. Realizar limpieza exterior		Paño de tela, aire comprimido	1	P	Electricista
31			200	h	Lectura	Tomar datos de consumo de corriente		Pinza amperimétrica	1	M	Electricista	15 min
32	Motor		6000	h	Ajustar	Apagar compresor. Sacar tapa de bornera y ajustar cables de bornera		Juego destornilladores	1	P	Electricista	30 min
33			20000	h	Cambiar rodamientos	Apagar máquina, desconectar motor.Desmontar motor. llevar al taller y cambiar rodamientos. Volver a montar y probar funcionamiento		Santiago, juego de llaves mixtas	1	D	Electricista	h
34			20000	h	Limpiar	Limpiar interior y exteriormente.		Paño de tela	1	D	Electricista	1 h
35	Poleas		1000	h	Inspección.	Inspección en busca de daños y realizar limpieza			2	P	Mecánico	20 min
36			1000	h	Inspección	Inspección en busca de daños y realizar limpieza			2	P	Mecánico	15 min
37	Banda de transmisión.		12000	h	Cambiar	Apagar compresor, aflojar tuercas del templador de bandas, remover bandas usadas y colocar nuevas. Tensionar bandas.	1 Banda 8PK960	Llave 24 mm	1	P	Mecánico	20 min
38	Templador de banda.		1000	h	Inspección	Inspección de la posición del indicador. Ajustar si es necesario		Llave 24 mm	2	P	Mecánico	15 min
39			6000	h	Limpiar	Apagar compresor, sacar tapa posterior, sacar tapa del motor y realizar limpieza de las aspas.		Paño de tela	1	P	Mecánico	15 min
40	Ventilador.	6000	h	Revisión	Apagar compresor. Ajuste de pernos de sujeción.		Juego de llaves mixtas	1	P	Mecánico	20 min	
41	Mando eléctrico.	Display de control.	3000	h	Inspección	Verificar conexiones eléctricas, limpiar y ajustar de terminales.		Juego destornilladores	2	P	Electricista	20 min
42		Contactores.	3000	h	Inspección	Verificar conexiones eléctricas, limpiar y ajustar de terminales.		Juego destornilladores	1	P	Electricista	10 min
43		Relé térmico.	3000	h	Inspección	Verificar conexiones eléctricas, limpiar y ajustar de terminales.		Juego destornilladores	1	P	Electricista	10 min
44		Disyuntor termomagnético.	3000	h	Inspección	Verificar conexiones eléctricas, limpiar y ajustar de terminales.		Juego destornilladores	1	P	Electricista	10 min
45		Módulo de control.	3000	h	Inspección	Verificar conexiones eléctricas, limpiar y ajustar de terminales.		Juego destornilladores	1	P	Electricista	15 min
46		Cables eléctricos.	3000	h	Inspección	Verificar conexiones eléctricas, limpiar y ajustar de terminales.		Juego destornilladores	1	P	Electricista	15 min
47			1000	h	Limpieza	Sacar y lavar con agua			1	M	Electricista	20 min
48		Mantas filtrantes de ventilación.	12000	h	Reemplazar	Colocar nuevas mantas filtrantes	Manta filtrante 100x100 mm		2	M	Electricista	10 min
49	Estructura.	Tapas laterales.	3000	h	Limpiar	Apagar compresor. Realizar limpieza interior de tapas ajustar pernos.		Juego de llaves mixtas	3	P	Mecánica	30 min
50		Switch de seguridad.	3000	h	Limpiar	Limpiar exteriormente y revisar su correcto funcionamiento			2	M	Mecánica	15 min
51		Bases exteriores.	6000	h	Inspección	Revisar exteriormente			2	M	Mecánica	10 min

## APÉNDICE F

### METODOLOGÍA PARA SELECCIONAR EQUIPOS CRÍTICOS

El factor de criticidad resulta de la sumatoria de los valores ponderados de cada criterio de selección. Se propone que un equipo debe cumplir con por lo menos tres de los seis criterios planteados, para que pueda ser considerado como crítico, esto último sin embargo de la puntuación que alcance al ser evaluado.

En este ejemplo resultaron seleccionados los 5 equipos por cumplir con más de tres criterios de selección.

<b>N° MÁQUINA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR DE CRITICIDAD</b>
01	Cargadora Frontal BOBCAT S300	A, B, C, E	100
20	Extrusora de arcilla SOUSA MSM300	A, B, C, D, E	115
20	Horno de rodillos	A, B, C, D, E, F	130
140	Compresor de tornillo KAESER SK20	A, B, C, E	100
143	Enzunchadora lateral REISOPACK	A, B, C, D	100

## BIBLIOGRAFÍA

1. LEZANA GARCIA E, Curso superior de Mantenimiento Industrial, Tomo I, 2000
2. VARGAS ZUÑIGA A, Organización del Mantenimiento Industrial, Series VZ, Ecuador, 1985
3. *JARAMILLO DIEGO, “Diseño del plan de Mantenimiento Programado de la Segunda Etapa de Producción Criogénica de una planta de Separación de Gases del Aire”, (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005)*
4. <http://fidestec.com/blog/programa-mantenimiento-preventivo/>
5. [www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion7.COCCION.pdf](http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion7.COCCION.pdf)
6. [http://www.mpsoftware.com.mx/software\\_mantenimiento](http://www.mpsoftware.com.mx/software_mantenimiento)