



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

# APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE SUELAS DE ZAPATOS

Enrique Alejandro Lima Ordóñez  
Asesorado por Ing. Ángel Eduardo Lima Collier

Guatemala, abril de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE  
SUELAS DE ZAPATOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR  
ENRIQUE ALEJANDRO LIMA ORDÓÑEZ  
ASESORADO POR ING. ÁNGEL EDUARDO LIMA COLLIER  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, abril de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Alvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. Walter Leonel Ávila Echeverria
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE  
SUELAS DE ZAPATOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 4 de junio de 2004.



Enrique Alejandro Lima Ordóñez

Ingeniera  
Marcia Ivonne Véliz Vargas  
Directora de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimada Ingeniera Véliz

Atentamente me dirijo a usted para informarle que ha sido concluido satisfactoriamente el trabajo de graduación: **APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE SUELAS DE ZAPATOS**. Proyecto desarrollado por el estudiante de ingeniería mecánica industrial **Enrique Alejandro Lima Ordóñez**.

Considero que se han cumplido las metas y objetivos propuestos al inicio del trabajo y lo encuentro completamente satisfactorio, por lo que recomiendo la aprobación del mismo.

Atentamente,



ANGEL EDUARDO LIMA COLLIER  
INGENIERO QUIMICO  
COLEGIADO 374

Asesor  
Ing. Angel Eduardo Lima Collier  
Ingeniero Químico  
Colegiado. 374

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE SUELAS DE ZAPATOS**, presentado por el estudiante universitario **Enrique Alejandro Lima Ordóñez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Víctor Hugo García Roque  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala abril de 2005

/mgp



La Directora de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE SUELAS DE ZAPATOS**, presentado por el estudiante universitario Enrique Alejandro Lima Ordóñez, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
**Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas**  
**DIRECTORA**  
**Escuela Mecánica Industrial**



Guatemala, abril de 2005

/mgp

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Decanato

Tels. 4769579 - 4760029 - 4423505 Exts. 101 - 102 - 114

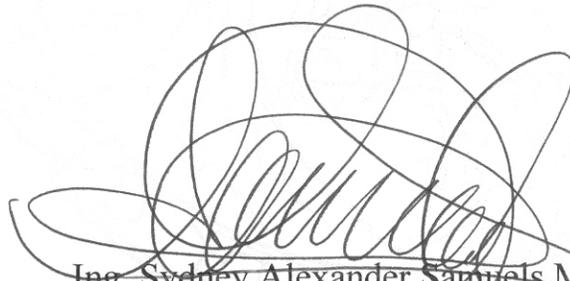
4439500 Ext. 1549

Fax 4760365

Ref. DTG.122-05

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte de la Directora de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A UN INYECTOR DE SUELAS DE ZAPATOS**, presentado por el estudiante universitario **Enrique Alejandro Lima Ordoñez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

DECANO



Guatemala, abril 2, 005

/cdes

## DEDICATORIA

A mi Dios y Padre celestial

Dios mío, estoy maravillado ante tu grandeza. Eres el Creador que esparciste en el espacio vacío los miles de millones de estrellas y que llamas a cada una por nombre. Tú formaste nuestro bello mundo con sus majestuosas montañas y vastos mares. Diseñaste la fragante rosa y diste melodías al ruiseñor. Sostienes las galaxias inmensas, así como los átomos invisibles.

Tú encauzas la historia por tu soberano poder. Las grandes naciones te son como el polvo en la balanza y ni un solo pajarillo cae sin ti. Eres el principio y el fin; desde la eternidad hasta la eternidad, tú eres Dios.

Eres perfecto en santidad y justicia, pero también grande en amor y misericordia. Enviaste a tu Hijo a morir por mí, un pecador condenado y me diste nueva vida por fe en él. Ahora soy tuyo para siempre.

¡Padre celestial, cuando contemplo la magnitud de tu persona y tus obras, un cántico de adoración y gratitud brota de mi corazón hacia ti!

A mis padres, hermanos, abuelitos, hermanos en Cristo y amigos.

Gracias por sus oraciones, apoyo y ánimo, que el Señor los siga bendiciendo.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
GLOSARIO.....	VIII
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV

## 1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO: CONCEPTUALIZACIÓN

1.1. ¿Qué es mantenimiento?.....	1
1.2. Tipos de mantenimiento.....	4
1.2.1. Mantenimiento preventivo.....	5
1.2.1.1. Definición de mantenimiento preventivo.....	5
1.2.1.2. Ventajas del mantenimiento preventivo.....	6
1.2.1.3. Mantenimiento autónomo (realizado por el operario y mantenimiento por el técnico).....	7
1.2.2. Mantenimiento correctivo.....	8
1.2.2.1. Definición de mantenimiento correctivo.....	8
1.2.2.2. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.....	9
1.2.2.3. Posibilidades de planificación del mantenimiento correctivo.....	11
1.2.3. Mantenimiento predictivo.....	12
1.2.3.1. Definición de mantenimiento predictivo.....	12
1.2.3.2. Ventajas del mantenimiento predictivo.....	13

1.3.	Averías en equipos industriales.....	14
1.3.1.	¿Qué es una avería?.....	14
1.3.2.	Averías crónicas.....	15
1.3.3.	Averías esporádicas.....	15
1.3.4.	Otras averías.....	16
2.	<b>SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ACTUAL</b>	
2.1.	Instalaciones del equipo.....	17
2.1.1.	Estado de equipos e instalaciones.....	17
2.2.	Generalidades del equipo.....	18
2.2.1.	Funcionamiento y operación del equipo.....	19
2.2.2.	Dimensiones físicas del equipo.....	20
2.2.3.	Aplicación productiva del equipo.....	22
2.2.3.1.	Herramientas y accesorios utilizados.....	22
2.2.3.2.	Proceso productivo.....	23
2.2.3.3.	Materia prima.....	24
2.2.3.4.	Descripción de producto terminado.....	25
2.3.	Registros de paros de operación y producción de mala calidad por fallas en equipos.....	25
2.4.	Descripción de sistema/programa de inspección actual.....	25
2.4.1.	Clasificación del sistema existente.....	26
2.4.2.	Función del operador en el mantenimiento del equipo.....	26
2.4.3.	Programa de mantenimiento existente.....	26
2.4.4.	Mantenimientos correctivos.....	27
2.5.	Descripción de programa actual de servicios.....	27
2.5.1.	Recambios de piezas: planificado y correctivo.....	28
2.5.2.	Programa de lubricación y limpieza de filtros, paneles, etc.....	28

2.5.3.	Control de reparaciones menores cuando se presenta falla.....	29
2.5.4.	Asignación de tiempos calendarizados para mantenimiento.....	29
2.6.	Sistema de información de mantenimiento.....	30
2.6.1.	Identificación de registros existentes y su ubicación.....	31
2.6.1.1.	Procedimientos para desarrollar hojas de vida.....	31
2.6.1.2.	Hojas de vida existentes.....	32
2.6.1.3.	Reparaciones correctivas efectuadas.....	33
2.6.1.4.	Reportes de fallas y ordenes de mantenimiento.....	33
2.6.2.	Utilización actual de los registros y manuales.....	34
2.6.2.1.	Accesibilidad para decisión sobre reparaciones.....	34
2.6.2.2.	Accesibilidad de manuales y diagramas.....	35
2.6.3.	Planes de mantenimiento.....	35
2.6.3.1.	Actual en funcionamiento.....	35
2.6.3.2.	Anteriores ejecutados.....	36
2.6.3.3.	Niveles de ejecución de los programas.....	36
2.6.4.	Informes de mantenimiento.....	36
2.6.4.1.	Hechos por los técnicos.....	37
2.6.4.2.	Hechos por los operarios.....	37
2.6.4.3.	Reportes de fallas o necesidad de mantenimiento por el operador y diagnóstico de fallas.....	38
2.6.4.4.	Tratamiento de informes de mantenimiento y reportes de fallas.....	38

2.7.	Actividades de mantenimiento preventivo.....	38
2.7.1.	Tareas de mantenimiento del técnico.....	39
2.7.2.	Tareas de mantenimiento del operario.....	39
3.	<b>PROPUESTA DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	
3.1.	Mantenimiento preventivo autónomo.....	41
3.1.1.	Definición de tareas de mantenimiento del operario.....	41
3.1.2.	Programa de inspección del equipo.....	45
3.1.2.1.	Plazos de revisión.....	51
3.1.2.2.	Plazos de limpieza.....	51
3.1.2.3.	Plazos de lubricación y engrase.....	52
3.2.	Mantenimiento preventivo realizado por técnico.....	54
3.2.1.	Programa de servicios mayores.....	54
3.2.1.1.	Definición de tareas de servicio.....	57
3.2.1.2.	Plazos de inspección del equipo.....	58
3.3.	Definición de índices, controles para implementación del sistema.....	59
4.	<b>SOPORTES PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO</b>	
4.1.	<i>Stock</i> de repuestos.....	67
4.1.1.	Requerimientos en bodega.....	67
4.1.2.	<i>Stock</i> por pedido.....	69
4.2.	Sistema de información de mantenimiento.....	72
4.2.1.	Manuales de mantenimiento.....	72
4.2.2.	Registros de mantenimiento.....	73
4.2.3.	Sistemas informáticos.....	74

4.2.4.	Desarrollo de formatos para control de mantenimiento.....	75
4.3.	Capacitación de operario o usuario.....	76
4.3.1.	Aprendizaje mediante análisis y solución de problemas.....	77
4.4.	Identificación del equipo en planta con instrucciones.....	77
5.	SEGUIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	
5.1.	Integración de trabajo de mantenimiento.....	79
5.1.1.	Cultura de trabajo en equipo (personal de mantenimiento y producción).....	79
5.1.1.1.	Definición de reuniones operativas.....	80
5.1.1.2.	Definición de autoridad y responsabilidad.....	81
5.1.2.	Requerimientos de apoyo que se encuentren necesarios de parte de la administración para hacer funcionar el sistema.....	82
5.1.2.1.	Definición de capacitación para operario y técnico.....	82
5.1.2.2.	Requerimientos de herramienta y equipo individual.....	83
5.1.2.3.	Incentivos para el trabajador.....	85
	CONCLUSIONES.....	89
	RECOMENDACIONES.....	92
	REFERENCIAS.....	94
	BIBLIOGRAFÍA.....	95

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Curva de probabilidad de falla	3
2	Dimensiones de equipo en mm. (planta)	21
3	Vista de perfil	21
4	Seis pérdidas mayores de la productividad global	65
5	Identificación de puntos de lubricación y engrase	78

## TABLAS

I	Actividades de mantenimiento preventivo básico del operario	44
II	Hoja de operador	46
III	Hoja de procedimientos	49
IV	Actividades de limpieza del operador	52
V	Actividades de lubricación y engrase del operador	53
VI	Actividades de mantenimiento preventivo del técnico.	55
VII	Índices de control y evaluación del sistema de mantenimiento	60
VIII	Formula de índices de mantenimiento propuestos	62
IX	Repuestos necesarios en bodega	68

X	Suministros necesarios en bodega	69
XI	Listado de repuestos por pedido.	71

## GLOSARIO

<b>Diagrama causa y efecto</b>	Forma gráfica de representar y organizar las diferentes causas que pueden estar originando el problema analizado. También llamado diagrama de espina de pescado por la forma que éste va adquiriendo al irse estructurando las causas.
<b>Enchufes portamolde</b>	Piezas metálicas de sujeción utilizadas para mantener ambos moldes con su respectiva alineación en las bases del portamolde.
<b>Hoja de chequeo</b>	Herramienta diseñada para el uso del operador de una máquina. Utilizada para realizar una rutina de revisiones diarias de los aspectos más importantes del funcionamiento del equipo.
<b>Hoja de vida</b>	Hoja de identificación del equipo. Posee las especificaciones del equipo como los datos del fabricante y proveedor de repuestos. Documento donde se registran y se adjuntan todas las intervenciones de mantenimiento preventivo y de emergencia que se le realicen a un equipo.

<b>Índice de gestión o indicador</b>	Parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo-calidad y plazos.
<b>Inyector termoplástico</b>	Maquinaria utilizada para fundir e introducir material termoplástico en moldes, para la fabricación de artículos de ese material.
<b>Mantenimiento preventivo autónomo</b>	Actividades de mantenimiento que realizan diariamente los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas, algunas piezas, y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.
<b>Moldeado por inyección</b>	Método de moldeado mediante el cual la resina fundida se introduce en la cavidad de un molde, donde adopta la forma de la cavidad y luego se enfría para conservarla.
<b>Nariz de inyección</b>	Punta que entra en contacto con los moldes para inyectar el material fundido. También llamado boquilla de inyección.
<b>Patín de deslizamiento</b>	Mecanismo compuesto por resortes y planchas por donde se desliza el conjunto de la meza.

<b>Policloruro de vinilo</b>	Polímero vinílico compuesto por átomos de carbono, hidrógeno y cloro. Conocido comúnmente como PVC.
<b>Poliuretano</b>	Polímero en cuya estructura tiene presente enlaces de uretano. Normalmente son de aspecto espumoso.
<b>Porta moldes</b>	Conjunto que abre los moldes de inyección para sacar el producto terminado luego de solidificarse y cierra los moldes para inyectar nuevamente el material fundido.
<b>Refugios fijos</b>	Equipo de protección de la máquina, evita que objetos entren en áreas donde existen partes en movimiento.
<b>Servicios mayores</b>	Intervenciones con intervalos mayores a 500 horas, donde se realiza el reemplazo total de las partes que han trabajado su tiempo de vida promedio.
<b>Set-Up</b>	Se refiere a los ajustes, conexiones y preparaciones necesarios para la puesta en marcha de un equipo.
<b>Stock de repuestos</b>	Existencia mínima y máxima de repuestos y partes en bodega.
<b>Stock por pedido</b>	Repuestos adquiridos por compra a proveedores o fabricantes para que estén disponibles en el momento de ser requeridos para su uso.

<b>Técnica porque- porque</b>	Técnica conocida también como: <i>Know-why</i> , conocer-porqué, técnica porqué o quinto porqué. Se emplea para realizar estudios de las causas profundas que producen averías en el equipo.
<b>Técnicos multifuncionales</b>	Técnicos con conocimientos y destrezas en varias áreas en el tema de mantenimiento.
<b>Termocupla o termopar</b>	Sensores de temperatura de uso industrial. Compuestos por dos alambres de distinto material unidos en un extremo, que al calentarse generan un voltaje pequeño.
<b>Termoplástico</b>	Son plásticos que al aumentar la temperatura suavizan o derriten. Se divide en amorfos (se hacen suave) y cristalines (se derriten).
<b>Tolva</b>	Depósito en forma de cono invertido abierto por debajo, en cuyo interior se vierten el material termoplástico granulado, para que caigan poco a poco entre el mecanismo de tornillo.
<b>Tornillo inyector</b>	Mecanismo de alimentación que introduce por medio de rotación el material granulado al interior del inyector para fundirlo.
<b>Unidad o central hidráulica</b>	Conjunto de motores y depósito de aceite que proporciona fuerza hidráulica para alimentar los mecanismos del inyector y a la prensa.

***Yield***

Palabra inglesa utilizada para referirse a la etapa de producción.

## RESUMEN

En este documento se desarrolla la base teórica para la comprensión de los principios de mantenimiento. Se definen algunos de los tipos básicos así como las ventajas y desventaja que cada uno posee según la aplicación. También se tratan conceptos más actuales como, el mantenimiento autónomo, concepto que forma parte del mantenimiento productivo total.

Para proponer mejoras o una reingeniería en el proceso de mantenimiento, es necesario conocer el proceso actual y entenderlo. Por lo que se realiza una evaluación del sistema de mantenimiento para determinar qué se está haciendo, cómo se hace y qué cambios necesita para optimizar su desempeño. Se estudian los procedimientos para la creación y manejo de información como: registros, informes, hojas de vida, etc.

Como parte de la propuesta del sistema de mantenimiento, se enriquecieron los puestos, del técnico de mantenimiento y operario de equipo, aplicando el concepto de mantenimiento autónomo. Se desarrolla una herramienta de chequeo para el operario, donde se detalla una lista de preguntas debe revisar antes, durante y al apagar el inyector.

Se definen los soportes necesarios para el buen funcionamiento del sistema, proporcionando los requerimientos mínimos y máximos de repuestos, suministros y herramientas. Se propone el uso de la tecnología de la informática para administrar y controlar la tarea de mantenimiento del inyector y otros equipos, así como la gestión de los recursos de mantenimiento, personal, suministros, repuestos y herramientas.

# OBJETIVOS

- **General**

Aplicar un sistema de mantenimiento preventivo a un inyector de suelas de zapatos hecho por personal de línea y de mantenimiento.

- **Específicos**

1. Evaluar sistema de mantenimiento actual y concluir requerimientos.
2. Evaluar instalación e infraestructura del equipo.
3. Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo.
4. Replantear tareas de personal de línea.
5. Definir organización para ejecutar el mantenimiento preventivo.
6. Establecer soportes para el sistema de mantenimiento diseñado.
7. Identificación del equipo en planta, con instrucciones.
8. Establecer necesidades de repuestos y suministros en bodega y por pedido.
9. Identificar beneficios del sistema.

## INTRODUCCIÓN

Muchas son las empresas que invierten en la compra de maquinaria para mejorar sus procesos productivos, con la intención de producir productos de bajo costo, menos desperdicio, mejor calidad. Con el fin de ser más rentables.

Lamentablemente las empresas no ponen gran importancia en la implementación de un adecuado programa, sistema o estrategia de mantenimiento que permita la conservación del equipo, su funcionamiento y ventajas por las cuales se realizó la inversión de compra.

Por la falta de ese adecuado sistema de mantenimiento, los equipos empiezan a producir productos de baja calidad, los tiempos muertos y reemplazo de elementos del equipo, producto de reparaciones, aumentan su costo. De esta forma la “mejora” en el proceso productivo por la adquisición de mejor tecnología, maquinaria de mayor capacidad, etc. no produce la utilidad esperada debido a costos de operación incrementados.

Entonces, ¿será de gran importancia la implementación de un programa de mantenimiento preventivo? No se necesita más que sentido común para responder a esta pregunta. Es obvia la gran importancia de mantener el equipo funcionando adecuada y trabajando eficientemente. Las máquinas son las que al final aportan la mayor parte para llevar a cabo los procesos productivos.

Pero, ¿de quién es la tarea de mantener en funcionamiento óptimo la maquinaria y equipo? La mayoría respondería que es “el departamento de mantenimiento”, y en muchas empresas así lo es. La verdad es que tanto el personal de mantenimiento como el de producción deben estar a cargo de la tarea de mantener a los equipos en un adecuado funcionamiento.

Es por eso que el siguiente contenido está enfocado a la aplicación de un sistema de mantenimiento integrando al personal de producción, operario, y al personal técnico de mantenimiento.

# 1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO: CONCEPTUALIZACIÓN

## 1.1 ¿Qué es mantenimiento?

El mantenimiento se puede definir como una serie de trabajos que se realizan sobre equipos e instalaciones con la intención de que éstos permanezcan funcionando de la forma deseada. Estos trabajos son actividades que involucran desde la inspección y limpieza hasta la corrección de averías y fallas mayores.

La importancia del mantenimiento de equipos e instalaciones radica en el servicio que éstos prestan y su costo. Por ejemplo, un empresa no compra un equipo sólo por adquirirlo y tenerlo presente en el área de producción, lo adquiere por que necesita de la tarea o función que este equipo proporciona en el proceso productivo.

Conservar el nivel de servicio que brinda un equipo evitando su deterioro y que continúe funcionando bajo los parámetros de su diseño es la función del mantenimiento. Con ésto no se afirma que los equipos e instalaciones sean menos importantes que el servicio que prestan, sino que son complementarias. Ya que si un equipo está en mal estado, este no trabajará de modo eficiente y su servicio o productos no cumplirán con estándares establecidos de su diseño, productividad, calidad, tiempo de entrega y algo muy importante, un costo controlable.

Cuando se adquiere un equipo nuevo se hace con la intención de mejorar un método o proceso productivo, ya sea reduciendo el tiempo de producción o mejorando la calidad del producto y por su puesto reduciendo los costos de producción.

Un mantenimiento deficiente se refleja en un aumento de costos en estas áreas que generalmente permanecen ocultos a la administración. Un buen mantenimiento ayuda a que estos indicadores (tiempo, calidad y costos) permanezcan durante la vida útil del equipo. No realizar un mantenimiento adecuado es botar a la basura los beneficios del servicio por los que un equipo nuevo se adquirió y la inversión que se realizó.

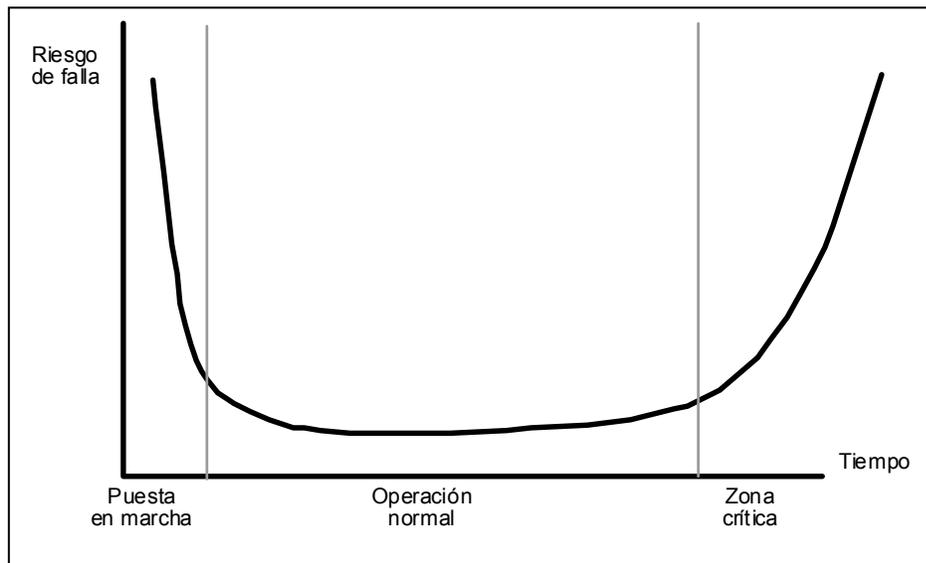
Un punto de vista, que es el que más llama la atención a todo empresario es el del costo. En muchas empresas el mantenimiento se ve como un costo y efectivamente lo es. Mantener una máquina disponible, trabajando eficientemente en óptimas condiciones, durante años como si fuese nueva cuesta dinero.

El costo de no hacer mantenimiento no se limita a un deterioro de la máquina, sino también en pérdidas de producción, calidad, materia prima, energía, combustibles, tiempo por paros imprevistos, horas extras, indemnizaciones por accidentes, destrucción del equipo, aumento de inventarios, etc. Por supuesto que, implementar un sistema de mantenimiento adecuado requerirá de tiempo en planificación y ejecución de tareas de mantenimiento, llevar un inventario de repuestos y mano de obra calificada o programas de capacitación. Pero definitivamente el costo de mantenimiento es menor que los costos generados por no aplicar un programa de mantenimiento adecuado.

Cuando se refiere al término “aplicar un programa de mantenimiento adecuado”, no se está diciendo que un equipo va a durar para siempre y que no se vayan a tener problemas nunca. Existen varios modelos teóricos de probabilidad de falla, también llamado "curva de falla", éste indica la probabilidad de la ocurrencia de fallas y averías para determinadas etapas de operación de un equipo o instalación.

Estas etapas se dividen en: implementación o instalación, operación normal y operación, pasado el tiempo de vida útil del equipo. Uno de estos modelos se muestra a continuación.

Figura 1. **Curva de probabilidad de falla**



Fuente: John Moubray, *Reliability Centered maintenance*, pág. 342

Como se observa, la gráfica está dividida en tres zonas: puesto en marcha, operación normal y crítica. Con este modelo se puede afirmar lo siguiente:

- a. Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos.
- b. Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas).
- c. Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta, luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).

En esta última zona se debe tener mucho cuidado. Ya que el tiempo de vida del equipo ha finalizado y en ocasiones los costos de mantener a un equipo funcionando sin fallas en esta etapa, es tanto que se debe evaluar si se reemplaza el equipo por uno nuevo.

Los trabajos de mantenimiento preventivo deben garantizar que una máquina funcione adecuadamente, mantener en los equipos e instalaciones un alto índice de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia, así como un control sobre los costos de su mantenimiento y sus reparaciones.

Para comparar los costos de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo debe llevarse un control de costos reales de mantenimiento, usualmente no existe este control. El mantenimiento es una inversión y debe tratarse como tal, el grado de intensidad del mantenimiento preventivo depende del nivel de riesgo en que se quiere operar.

## **1.2 Tipos de mantenimiento**

La manera mas conocida de clasificar el mantenimiento es por el tipo de acción. Comúnmente se divide:

- a. Mantenimiento preventivo
- b. Mantenimiento correctivo
- c. Mantenimiento predictivo

### **1.2.1 Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento es considerado como uno de los más eficientes para la prevención de fallas, y es relativamente costoso de implementación en comparación a otros.

#### **1.2.1.1 Definición de mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste fundamentalmente en la inspección planificada del estado del equipo, en detectar fallas y corregirlas antes de que estas se hagan presentes.

Entre las actividades de mantenimiento preventivo se encuentran las siguientes:

- a. Inspección de condiciones ambientales
- b. Limpieza integral externa
- c. Inspección externa del equipo
- d. Limpieza integral interna
- e. Inspección interna
- f. Lubricación y engrase
- g. Reemplazo de ciertas partes
- h. Ajuste y calibración
- i. Revisión de sistemas de seguridad
- j. Pruebas funcionales completas

Éstas se llevan a cabo de acuerdo a un programa o plan establecido y no a la demanda del operario o usuario del equipo. Incluso el reemplazo de componentes o lubricantes se realizan no importando el estado en ese momento de esas partes, simplemente se realiza el recambio que está en el plan. Por esto es también conocido como mantenimiento preventivo planificado (MPP). Los recambios de piezas se planifican en base a las horas de operación del equipo.

El objetivo de este tipo de mantenimiento está en mantener las instalaciones y equipos en operación a los niveles óptimos de su diseño. Evitar paros imprevistos y prolongados con el fin de que no ocurran fallas.

#### **1.2.1.2 Ventajas del mantenimiento preventivo**

- a. La confiabilidad de los equipos. Estos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- b. Disminución del tiempo muerto en equipos.
- c. Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- d. Disminución de existencias en almacén y por lo tanto de costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- e. Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- f. Menor costo de las reparaciones.

### **1.2.1.3 Mantenimiento autónomo (realizado por el operario) y mantenimiento por el técnico**

El mantenimiento autónomo no es más que el mantenimiento preventivo aplicado o ejecutado por el operario. Ya que es éste el que está más tiempo en contacto con las máquinas e instalaciones, puede llegar a detectar anomalías en el funcionamiento de éstos. Además se necesita también que cada persona, especialmente el operario, contribuya al mantenimiento de los equipos y no sólo el departamento de mantenimiento.

Entre las tareas de mantenimiento autónomo están algunas reparaciones menores y correcciones de pequeñas deficiencias de los equipos. Pero incluso para estas tareas es necesario que el operario tenga un alto conocimiento del equipo que opera y además capacitación en ciertas áreas técnicas.

Entre las actividades del mantenimiento autónomo se incluyen:

- a. Limpieza diaria, que se toma como un proceso de inspección.
- b. Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- c. Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- d. Pequeños ajustes
- e. Formación-capacitación técnica.
- f. Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieren una programación para solucionarse

## **1.2.2 Mantenimiento correctivo**

Uno de los niveles mas bajos de mantenimiento que se le puede dar a un equipo es el de hacer reparaciones cuando ocurra la falla. En la mayoría de los casos es poco recomendable su uso.

### **1.2.2.1 Definición de mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en la reparación o sustitución de partes de un equipo una vez hayan fallado. No es planificado y ocurre de emergencia, por eso es llamado también mantenimiento reactivo, ya que se corrigen las averías a medida que se van produciendo.

Para este mantenimiento existen dos enfoques; el paliativo o de campo que es un arreglo de emergencia que pretende corregir la falla en el menor tiempo posible y con lo mínimo de recursos, es decir, lo que se conoce como *chapús*. No elimina la fuente que provoca la falla.

Esto no es recomendable en la mayoría de los casos, pone en funcionamiento el equipo casi inmediatamente, pero se corre el riesgo de provocar pérdidas materiales y en el peor de los casos, humanas.

El otro enfoque del mantenimiento correctivo es el curativo. Éste pretende corregir las fallas mediante la reparación total y efectiva de las averías. Elimina la fuente que provoca la falla. Mucho más recomendable, aunque si no se tienen disponibles los repuestos, puede que el equipo quede fuera de servicio por mayor tiempo.

Las causas que pueden originar un paro imprevisto en ocasiones se deben a desperfectos no detectados durante las inspecciones, a errores operacionales, a la ausencia de tareas de mantenimiento y a requerimientos de producción que generan políticas como la de “repara cuando falle”. La mayor parte de veces ésta forma de mantenimiento impide el diagnóstico preciso de las causas de la falla.

### **1.2.2.2 Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo**

Las ventajas asociadas a este sistema de mantenimiento son pocas, son más las desventajas que se le adjudican, debido a que se espera a que se presente la falla.

Una posible ventaja sería la disponibilidad de la máquina si ésta no fallara en un tipo prolongado, y que, si llegara a fallar se contaría con el personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para efectuar la reparación. Un sistema que se podría denominar como mantenimiento correctivo planificado. En este caso es necesario evaluar si el beneficio de tener un equipo produciendo por largo tiempo es mayor que el costo de la corrección en caso de falla. No siempre es el caso.

Entre otras ventajas estarían:

- a. Mínimo tiempo de reposición si el equipo está preparado y la intervención en el fallo es rápida.
- b. No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo.

- c. Es rentable en equipos que no intervienen de manera significativa en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económico.

Las desventajas de la aplicación de mantenimiento correctivo son las siguientes:

- a. Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- b. Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior. En general afecta todo el negocio.
- c. Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados.
- d. La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.
- e. Generalmente, los costos por impacto total son mayores que si se hubiera inspeccionado y realizado las tareas de mantenimiento adecuadas que mitigarán o eliminarán las fallas.
- f. Impide el diagnóstico fiable de las causas que originaron la falla.
- g. Baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de echar a andar la máquina antes que repararla definitivamente.
- h. Cuando falla una pieza de la máquina se producen daños en otras piezas, de tal manera que las reparaciones son más costosas y requieren de personal de mantenimiento con más experiencia y capacitación.

### **1.2.2.3 Posibilidades de planificación del mantenimiento correctivo**

Cuando se habla de planificación del mantenimiento correctivo, que quede claro que no se refiere a la aplicación de un mantenimiento preventivo. El principio del mantenimiento correctivo es actuar cuando se presenta la falla y el del mantenimiento preventivo es, como su nombre lo indica, prevenir que ocurra la falla en el equipo.

La planificación del mantenimiento correctivo es a muy corto plazo, se puede dar cuando se presenta una falla y se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para efectuar la reparación. Es más una coordinación de actividades que es necesario efectuar.

Resulta obvio que esta “planificación” del mantenimiento correctivo es costosa. Estar preparado teniendo personal capacitado todo el tiempo de producción y disponer de un *stock* de repuestos, que no sea ni tan grande en elementos de baja demanda ni tan limitado en elementos de mayor necesidad, para responder cuando se requiera, no es barato. Se tiene que estar preparado con más inventarios de producto terminado, disponibilidad de vehículos y personas para compras y más personal administrativo resolviendo problemas operativos. Además se corre el riesgo de ocasionar daños mayores a los equipos por esperar a que ocurra una falla para entrar en acción el plan.

El correctivo no se puede eliminar totalmente, siempre surgirá más de algún imprevisto. Es necesario entonces, contemplar siempre esa probabilidad de falla y actuar en el momento para evitar que esa falla se vuelva a dar. Es importante tener en cuenta en el programa de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones el correctivo será el sistema más rentable.

### **1.2.3 Mantenimiento predictivo**

Otra de las opciones que se disponen para evitar una falla es prediciendo el momento en que esta ocurrirá y atenderla antes de que se produzca.

#### **1.2.3.1 Definición de mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que ésta se produzca o el momento en que se hará presente. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

El mantenimiento predictivo idealmente debería ser parte de la implementación de un mantenimiento preventivo. El mantenimiento predictivo utilizan técnicas de monitoreo de variables o parámetros físicos que afectan el funcionamiento del equipo. Por ejemplo, análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura, ruidos y vibraciones, consumo energético o de combustible, etc.

Estas mediciones son analizadas detenidamente para determinar si se pueden producir fallas en el funcionamiento y cuáles pueden ser las posibles causas. Los datos son tabulados y graficados, formándose de ésta manera un registro histórico del funcionamiento del equipo. Se ejecuta el mantenimiento cuando alguna de esas variables se aleja de sus valores promedio antes de que ocurra la avería.

El inconveniente de este sistema de mantenimiento es su alto costo, tanto de los materiales como la implantación, ya que se monitorea y se establecen parámetros de funcionamiento y márgenes, entre otros.

### **1.2.3.2 Ventajas del mantenimiento predictivo**

- a. Reduce los tiempos de parada.
- b. Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- c. Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- d. La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma esporádica, permite llevar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- e. Conoce con exactitud el tiempo límite de operación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- f. Toma de decisiones sobre detener una línea de máquinas en momentos críticos.
- g. Permite el conocimiento del historial de acciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- h. Facilita el análisis de las averías.
- i. Permite el análisis estadístico del sistema.

### **1.3 Averías en equipos industriales**

Si el mantenimiento se define como tareas que se realizan sobre equipos e instalaciones con el objetivo de que éstos permanezcan funcionando de forma deseada y su tarea sea de evitar las fallas y averías. Entonces es necesario conocer qué comprende una falla o avería para comprender la tarea de mantenimiento.

#### **1.3.1 ¿Qué es una avería?**

La avería o falla es la pérdida o deterioro de la función de un elemento, componente, sistema o equipo. Es el cese de la capacidad de un equipo para realizar su función eficientemente de acuerdo a su diseño.

Las averías pueden ser funcionales o parciales. Las primeras son condiciones de falla total y detención del proceso productivo del equipo. Las segundas se definen como fallas que indican que va a ocurrir una falla funcional. Son llamadas también, potenciales.

Las causas de cualquier falla pueden ubicarse en una de estas categorías:

- a. Defectos de diseño
- b. Defectos de materiales
- c. Manufactura o procesos de fabricación defectuosos
- d. Ensamblaje o instalación defectuosos
- e. Imprevisión en las condiciones de servicio
- f. Mantenimiento deficiente
- g. Malas prácticas de operación

Las averías producen pérdidas no sólo del funcionamiento, sino de su eficiencia productiva. Produce pérdidas energéticas, contaminación, pérdida de materiales e insumos, disminuye el nivel productivo del equipo y falta de calidad en los productos.

### **1.3.2 Averías crónicas**

Este tipo de averías están ocultas y permanecen en el tiempo. La mayoría de las veces ya no se llega a apreciar debido a que han estado por tanto tiempo, que se vuelven comunes y de poca importancia. Su efecto además, es relativamente bajo, pero al sumarlo durante todo el tiempo que permanece presente, puede llegar a afectar seriamente el equipo, procesos y productos.

Por ejemplo, en una línea de empaque de productos sale aproximadamente cada media hora una caja sin pegar, debido a una falla del equipo. Este problema no es dramático, pero muestra que el equipo presenta una falla sistemática en su funcionamiento y que es necesario investigar. El operador de la máquina generalmente compensa la avería reduciendo el producto defectuoso.

### **1.3.3 Averías esporádicas**

Como indica su nombre, estas averías aparecen de repente y en forma no previstas. Las características principales de estas pérdidas son:

- a. Es poco frecuente su ocurrencia.
- b. Por lo general resultan de una causa simple.
- c. Es relativamente fácil identificar su causa y las medidas correctivas son simples y rápidas de aplicar.

#### **1.3.4 Otras averías**

Las averías o fallas también pueden clasificarse en función de su origen, de la siguiente manera:

- a. Mal diseño o errores de cálculo (12%).
- b. Defectos durante la fabricación (10,45%).
- c. Mal uso de la instalación (40%).
- d. Desgaste natural y envejecimiento (10,45%).
- e. Fenómenos naturales y otros causas (27%).

Otra clasificación común es en función de la clase de componentes o partes que integran la falla, por ejemplo:

- a. Fallas eléctricas
- b. Mecánicas
- c. Electrónicas
- d. Personal

Por su dependencia con la avería de otros elementos o componentes de un sistema estos pueden ser también:

- a. Fallas dependientes
- b. Fallas independientes

## **2. SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ACTUAL**

### **2.1 Instalaciones del equipo**

Las instalaciones son conjunto de accesorios, obras, equipos y/o ductos que se incorpora a la edificación para el traslado de materiales, productos o personas, que ayuden al desempeño del equipo y ejecución eficiente del proceso.

Por ejemplo, las paredes, pisos, estructuras metálicas, instalaciones eléctricas, mangueras hidráulicas y neumáticas, etc.

#### **2.1.1 Estado de equipos e instalaciones**

El equipo se encuentra en buen estado a pesar de no disponer de un programa regular de mantenimiento preventivo. Su funcionamiento ha sido satisfactorio para los encargados del área de suelas y no ha dado mayores problemas en cuanto al producto se refiere.

El inyector no luce limpio totalmente. Regularmente hay presente suciedad, polvo aceite y grasa en muchos de los componentes y partes del equipo.

El área donde se encuentra el equipo no siempre está en orden, ya que se encuentra materia prima sin procesar en el suelo, así como restos de materiales procesados. Además, el área es usada también como bodega de los moldes utilizados en el proceso de la inyección de suelas.

Referente a las instalaciones neumáticas, hidráulicas y eléctricas. Se puede decir que aparentan estar en buen estado, aunque no se puede decir lo mismo acerca de su limpieza. No se puede dar un diagnóstico correcto y certero de las mangueras o tuberías debido a su poca limpieza. Es posible que se estén dando pequeñas fugas en alguna de las mangueras hidráulicas, pero pasan desapercibido ya que no pueden ser detectadas visiblemente debido a la suciedad de polvo y aceite alrededor de ellas.

Muchas de las mangueras están en el suelo y algunas cuelgan. Éstas están dispuestas en el paso hacia el área donde se almacenan los moldes. Hay poca protección contra golpes y machucones, así como señalización adecuada.

El tablero de control está aislado por medio de *nylon* lo cual lo mantiene protegido contra el polvo, aceite y otros contaminantes.

## **2.2 Generalidades del equipo**

Para poder desarrollar un programa de mantenimiento preventivo es necesario conocer el funcionamiento y la forma cómo opera el equipo. No se puede implementar un programa y planificar recambio de piezas y cambio de lubricantes si no se conocen estos aspectos básicos de operación.

Es necesario también conocer la aplicación y proceso productivo. Hay que analizar qué materias primas ingresan al proceso, cómo son procesadas y cuál es el producto final deseado. Con el conocimiento de estos puntos, es posible detectar las anomalías que presenta o que posiblemente pueda presentar el equipo.

Además, al familiarizarse con el equipo, su funcionamiento, el proceso productivo y las herramientas utilizadas en dicho proceso, es posible analizar y detectar fácilmente las causas de una anomalía o falla al presentarse. Se pueden estudiar los diferentes factores por ejemplo, materia prima, los métodos de producción, las herramientas, etc.

La aplicación está dirigida a un inyector termoplástico IT1-LE 10/400 de dos tornillos marca *Ottogalli spa* con carrusel de moldes de 10 estaciones.

### **2.2.1 Funcionamiento y operación del equipo**

El inyector es alimentado con material termoplástico en forma granular. Éste es calentado a temperaturas elevadas por medio de resistencias eléctricas. Luego es inyectado en el molde, mediante un inyector de tornillo controlado por un motor hidráulico. De este molde sale el producto terminado, en este caso, suelas de zapatos.

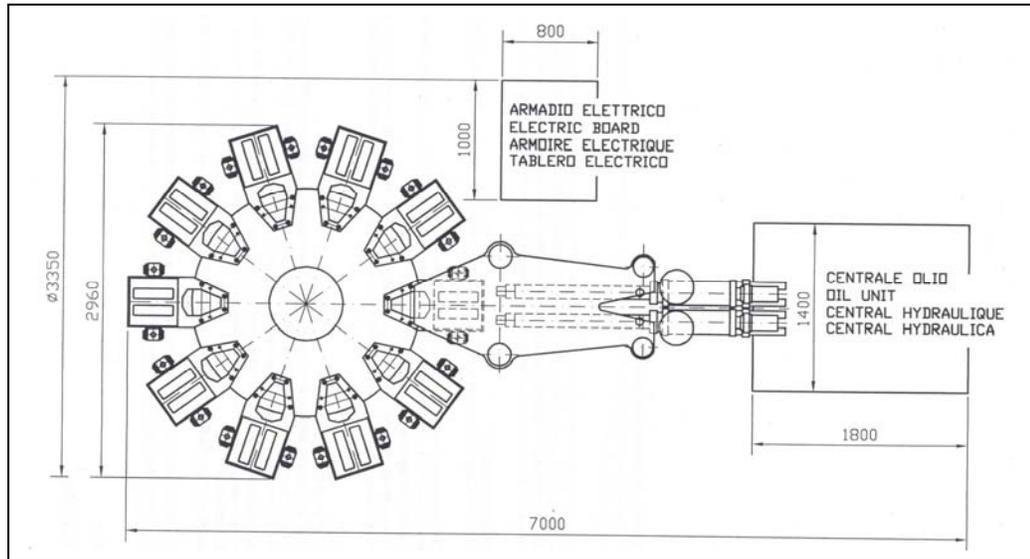
El empuje producido por el material inyectado en el molde bajo presión, es sostenido por un dispositivo a prensa que evita la apertura del molde durante la fase de inyección y de refrigeración del material. La secuencia del trabajo se efectúa de manera semiautomática.

El inyector está compuesto de una camisa cilíndrica. Dentro de esta camisa trabaja el tornillo. El inyector es enfriado mediante un bloque de enfriamiento por donde circula líquido de enfriamiento. Este bloque impide el traspaso de calor a la tolva de materia prima y permite mantener sólido el material termoplástico en las primeras roscas del tornillo. El resto del inyector es completamente calentado mediante las resistencias eléctricas, que permiten la fusión de los materiales.

### **2.2.2 Dimensiones físicas del equipo**

En la siguiente figura se muestra una vista de planta de la maquinaria completa. La máquina está compuesta por una central hidráulica. Partiendo de ésta hacia el lado izquierdo de la imagen, se ilustran los siguientes componentes: dos inyectores, la prensa hidráulica que permite el sello del molde y la contrapresión a la inyección del material. La máquina está compuesta por un carrusel de diez estaciones, cada estación porta un molde. Se diagrama la ubicación del tablero eléctrico, que alimenta y controla la operación de la máquina.

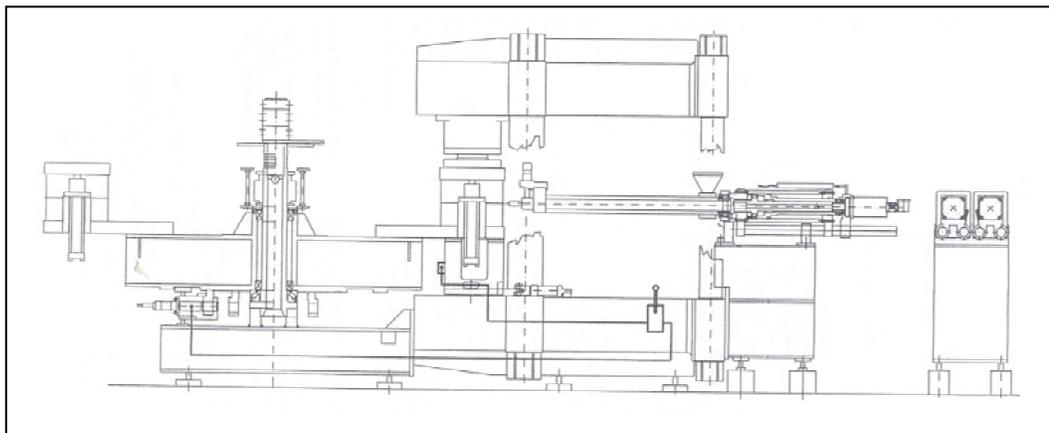
Figura 2. Dimensiones de equipo en mm (planta)



Fuente: Ottogalli spa, **Manual IT1-LE 10/400**, pág. 23

La siguiente figura muestra con detalle la prensa hidráulica y los inyectores antes descritos.

Figura 3. Vista de perfil



Fuente: Ottogalli spa, **Manual IT1-LE 10/400**, pág. 24

### **2.2.3 Aplicación productiva del equipo**

El equipo es utilizado en la industria del calzado, en la producción de suelas mediante el proceso denominado moldeado por inyección. Procesa materiales termoplásticos y luego de fundirlos, los inyecta en moldes.

#### **2.2.3.1 Herramientas y accesorios utilizados**

El proceso es casi en su totalidad automático. Son necesarias dos personas para la realización del proceso.

Las únicas tareas que no son automatizadas son las de extracción de las suelas y residuos de plástico de los moldes (rebaba) y la alimentación de las tolvas con la materia prima.

Para la extracción de las suelas, el operario utiliza un alicate para retirar la suela y los residuos. Además, utiliza una brocha como limpiador, para retirar cualquier partícula que pueda quedar en el molde durante la extracción de la suela y afectar la siguiente inyección del termoplástico.

La alimentación de la tolva con materia prima, se realiza desde un *mezanine* de forma manual por otro operario. Se eleva el material a este sitio por medio de un montacargas.

### **2.2.3.2 Proceso productivo**

Este proceso es semiautomático, como ya se describió anteriormente, están involucrados solamente dos personas y sólo una de ellas está constante y directamente en contacto con la maquinaria y el producto terminado, la otra persona alimenta materia prima.

El proceso empieza con alimentar la tolva de forma manual con la materia prima. Al llenar a toda su capacidad la tolva, el tornillo en el inyector es el encargado de alimentar a éste con el material de la tolva. La temperatura generada por las resistencias se encarga de fundir el material termoplástico. Luego éste es inyectado en los moldes con la presión realizada por el tornillo del inyector.

La presión depende mucho de la talla de suela que se esté fabricando en ese momento, no es la misma presión de inyección para una talla pequeña que para una de mayor tamaño. De igual forma depende el material que se esté inyectando en ese momento. El operador fija presiones y velocidades de inyección.

Los moldes con el material inyectado son enfriados por agua. Éstos pasan cerrados hasta que la rotación los coloca en la estación de extracción de la suela. Transcurre el tiempo suficiente para que tome consistencia la suela. En esta estación el molde se abre y el operario extrae por medio de un alicate la suela y los residuos plásticos.

Dependiendo del estilo o estilos de suela que se estén trabajando, se coloca una ficha plástica con la marca del calzado dentro del molde, en un lugar específico. Los moldes cierran una estación, antes de la inyección. Luego se repite el proceso de inyección.

### **2.2.3.3 Materia prima**

Hay dos tipos de materiales con los cuales el inyector funciona para dar los resultados esperados en el producto terminado. Estos dos materiales son: un compuesto de policloruro de vinilo expandido, PVC expandido, y goma termoplástica expandida, TR (*Termo Rubber*).

El compuesto de PVC expandido, tiene como propiedades una gran resistencia a materiales corrosivos. Es utilizado como sustituto del poliuretano en suelas de calzado. Pueden ser pintados o pegados con cualquier otro material en PVC.

Los compuestos de TR son más ligeros por lo que es utilizado para producir suelas ligeras. También tienen otras propiedades de acabado diferentes al compuesto de PVC. Puede ser pintado y pegado con cualquier otro material TR.

Para estos materiales son necesarias ciertas condiciones de procesamiento, para obtener óptimos resultados de inyección en la fabricación. El peso, textura y consistencia y densidad de la suela, dependen de eso. Compiten directamente con las suelas elaboradas en poliuretano, tanto en ligereza como en acabado.

Estos materiales puede ser utilizado tanto en inyectores estáticos como rotativos, pero se obtienen mejore resultados en los rotativos.

#### **2.2.3.4 Descripción de producto terminado**

El producto del proceso de inyección son dos suelas, una izquierda y otra derecha por cada molde de PVC o TR de un solo color. Son de una variedad de estilos, como de tamaños para cada estilo de calzado.

La textura, color, peso, consistencia y elasticidad dependen del tipo de material, talla y estilo de suela. Generalmente, los colores más empleados son el negro, color natural y miel.

### **2.3 Registros de paros de operación y producción de mala calidad por fallas en equipos**

La mala calidad, en la mayoría de los casos, se atribuye al material que ingresa al inyector. También se culpa al operador, pero pocas veces se analiza el equipo para ver si es éste el que causa el mal. La razón que dan los encargados es que el inyector no funciona, si no llega a las temperaturas y presiones necesarias para su operación. Además, las suelas que salen mal, son molidas para utilizar el material nuevamente. No se realizan reportes escritos por mala calidad, ni de paros de producción, por lo que no existen registros. Los reportes se dan verbalmente.

### **2.4 Descripción de sistema/programa de inspección actual**

Uno de los primeros pasos para mejorar un proceso, es conocer como se está realizando, para luego mejorarlo.

#### **2.4.1 Clasificación del sistema existente**

El programa o sistema de mantenimiento que se lleva a cabo en el equipo es de tipo correctivo. No está planificado ningún cambio, excepto los que se realizan durante los servicios del equipo. Éstos son solamente el cambio de su aceite y limpieza de sus filtros.

#### **2.4.2 Función del operador en el mantenimiento del equipo**

Los operadores de la máquina y los que están involucrados en el proceso de producción, no realizan ninguna tarea de mantenimiento. La persona que se encarga de la extracción de las suelas del molde es la que se mantiene en mayor contacto con el equipo. Éste se dedica únicamente a la tarea de producción y a la limpieza de su área de trabajo al terminar su jornada.

Cualquier avería o falla que presente el equipo durante la jornada de producción, es notificada al departamento de mantenimiento. Son ellos los que se encargan de hacer los respectivos arreglos para que continúe en operación la máquina. Se requiere personal de mantenimiento todo el tiempo de operación del equipo.

#### **2.4.3 Programa de mantenimiento existente**

No existe un programa formal de mantenimiento. El equipo tiene únicamente su cambio de aceite regulares y su limpieza de filtros. Estas operaciones no están programadas para realizarse de forma calendarizada, destinando un tiempo para realizar estas operaciones. La programación se realiza de manera empírica calculando los días que han transcurrido desde la última vez que se realizó el cambio y limpieza.

No se llevan registros formales de estas operaciones, por lo que no se sabe con certeza cuántos cambios se han realizado, ni que cantidad de aceite u otros lubricantes a perdido o se le ha cambiado. Esto dificulta el control sobre el estado del equipo y de los costos de mantenimiento.

#### **2.4.4 Mantenimientos correctivos**

El mantenimiento de este equipo es casi en su totalidad correctivo. Al presentarse una avería, se detiene la producción y la falla se repara. No existe ningún procedimiento para prevenir, ni prever fallas futuras en el inyector u otros componentes del mismo.

La mayor parte de las acciones que se han tomado ha sido en respuesta a un problema, por ejemplo, cuando se presentan fugas debido a los empaques, éstos se cambian. En lugar de cambiar los empaques al finalizar su tiempo de vida, se prevee la falla.

#### **2.5 Descripción de programa actual de servicios**

Los servicios al equipo se realizan de modo irregular. El cambio de aceite, la limpieza de sus filtros o el recambio de éstos no tiene un programa formal implementado. Toda la ejecución de las tareas de servicio para el inyector se hace de manera empírica y se basa en el tiempo estimado de funcionamiento y la memoria de las personas que participan de estas tareas.

### **2.5.1 Recambios de piezas: planificado y correctivo**

El recambio de las piezas es casi en su totalidad correctivo, cuando falla un componente en los equipos, éste se cambia. No existe un programa con el cual se basen los técnicos de mantenimiento para realizar el cambio de un componente antes de que éste de origen a una falla o a producir producto defectuoso.

### **2.5.2 Programa de lubricación y limpieza de filtros, paneles, etc.**

El control de los niveles de los tanques de lubricación se lleva a cabo regularmente, aunque no existe una programación formal para ese chequeo. Por ejemplo, se hace al iniciar la máquina al inicio del día.

El cambio de aceite como parte del servicio del equipo se lleva de manera irregular, no hay una ejecución formal de esta tarea. Esta tarea se lleva a cabo en base a estimados del encargado de mantenimiento del tiempo que ha transcurrido desde la última vez que se hizo el cambio de aceite. También se manda a hacer un análisis del aceite de la unidad hidráulica, aproximadamente cada año para determinar si es necesario el cambio de éste.

Por desgracia, no se lleva tampoco un registro de la cantidad de aceite que ha consumido el equipo, por lo que no se posee información para analizar el comportamiento y rendimiento de éste. Tampoco se puede hacer un análisis preciso de los costos referentes al servicio del inyector en cuanto consumo de aceite y otros lubricantes se refieren.

De la misma manera se lleva a cabo la limpieza y cambio de los filtros. No hay una programación formal de estas tareas y aunque no se han presentado problemas referentes a los filtros, no es pretexto para no poseer un programa formal y controlado de la limpieza y cambio de estos elementos.

### **2.5.3 Control de reparaciones menores cuando se presenta falla**

Se han dado pocas fallas en el equipo. Cuando se presenta una, es informada verbalmente al encargado de mantenimiento quién realiza la reparación. Luego de la reparación se verifica que la máquina funcione correctamente y si es así se empieza a trabajar.

Durante este proceso no se llenan ningún registro que describa el procedimiento que se llevo a cabo para reparar la falla. Esto dificulta el control de las reparaciones al no poseer la información para evaluar y verificar el desempeño de la reparación que se hizo.

Si el problema se presenta nuevamente o persiste, se realiza el mismo procedimiento de llamar al encargado de mantenimiento para que se lleve a cabo la reparación.

### **2.5.4 Asignación de tiempos calendarizados para mantenimiento**

La falta de reportes e informes de mantenimiento y la ausencia de hojas de vida, ha dado como resultado una planeación informal de las tareas de mantenimiento. Para este equipo no se programa ni se asigna el tiempo requerido para los servicios y mantenimientos con anticipación.

La forma como se lleva a cabo los cambios de aceite, limpieza de filtros y paneles es por medio de la experiencia que ha acumulado el personal de mantenimiento, en cuanto a las necesidades del equipo y su comportamiento.

## **2.6 Sistema de información de mantenimiento**

El sistema de información de mantenimiento es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para apoyar las actividades de las personas que están involucradas en el mantenimiento de equipos e instalaciones en una empresa o negocio. El sistema debe tener reportes e índices que permitan adicionalmente evaluar la efectividad del mantenimiento, tanto en costos como en desempeño de las operaciones.

Como todo sistema, está formado por entradas, proceso, almacenamiento y salida. La función del sistema de información es el de procesar datos para aportar la información necesaria en la toma de decisiones. Las entradas de un sistema de información de mantenimiento serían los datos obtenidos de los registros, informes de mala calidad de producto, observaciones periódicas del equipo, manuales, hojas de vida, etc.

Estos datos pueden ser almacenados en un archivo o en el mejor de los casos por medio de un sistema informático. Los manuales, diagramas, planes o programas de mantenimiento u otros documentos de ayuda pueden almacenarse en una biblioteca para su consulta.

Estos datos e información recolectada y almacenada no sirven de nada si no son utilizados para la toma de decisiones. Estos deben ser procesados, analizados y utilizados. Quiere decir, que deben ser confiables, accesibles y fáciles de interpretar para tomar las respectivas decisiones de mantenimiento.

### **2.6.1 Identificación de registros existentes y su ubicación**

Desde la adquisición del equipo, no se han realizado informes ni registros formales de mantenimiento. El dicho departamento no lleva un archivo de las averías y fallas que ha presentado el inyector. Tampoco informes de reparaciones, ni modificaciones realizadas.

Se llevan apuntes de cambio de aceite en hojas informales y apuntes en las hojas del manual del equipo. La demás información sobre el estado, fallas, reparaciones y modificación, son sólo de conocimiento de algunas personas del departamento. Únicamente el encargado y el técnico que han realizado cada reparación o modificación conocen el historial del equipo.

#### **2.6.1.1 Procedimientos para desarrollar hojas de vida**

La hoja de vida de un equipo o máquina es un documento en el cual se anota toda la información relevante sobre un equipo. En este documento se encuentran las características generales del equipo: familia, código, ubicación, fabricante, instalación, características técnicas, el estado en que se adquirió, la información del distribuidor de repuestos, etc.

En las hojas de vida también se van anotando todos los cambios, modificaciones y reparaciones que se le realizan. Pueden también incluirse fotografías del equipo y de cada una de las reparaciones o modificaciones que se han realizado, cada una con sus fechas correspondientes, descripción y costos incurridos.

Es importante adjuntar en estas hojas las operaciones de mantenimiento preventivo, descripción, periodicidad, categorías y tiempos previstos, parámetros y listado de repuestos.

Para el inyector en el que se está realizando esta aplicación, no se tienen procedimientos para el desarrollo de hojas de vida ni de ningún reporte o documento formal de registro.

#### **2.6.1.2 Hojas de vida existentes**

No hay existencia de hojas de vida en el departamento de mantenimiento referentes al equipo. El inyector no tiene un archivo ni historial de las reparaciones, servicios o modificaciones que se le hayan realizado.

La única forma de saber qué cambios o reparaciones se le han realizado al equipo es preguntándole al encargado del departamento y a algunos de los técnicos que han realizado alguna reparación o corrección. Aún así, los datos son inexactos y no confiables.

### **2.6.1.3 Reparaciones correctivas efectuadas**

En el equipo se han efectuado ya reparaciones correctivas desde que se adquirió. Algunas de ellas han sido reparaciones de poca prioridad y otras de emergencia.

Una reparación o intervención correctiva de poca prioridad se entiende por aquella que no es vital para el funcionamiento al equipo a corto plazo. Entre éstas están, por ejemplo, los ductos que alimentan los inyectores con el material granular de las tolvas. A estos ductos se les hicieron reparaciones menores antes de llegar a cambiarlos por completo.

Las reparaciones correctivas de emergencia son importantes realizarlas para que el equipo funcione adecuadamente. Algunas de las reparaciones de este tipo que se han realizado al inyector, han sido el cambio de una o varias resistencias sin las cuales el inyector no fundiría el material termoplástico. Se han cambiado también termorreguladores en el tablero electrónico, indicadores de presión y contrapresión de inyección, controles de mando de los portamoldes, etc. Se ha intervenido también con la limpieza del tornillo del inyector, debido al uso de materiales como el PVC, que obstruyen la nariz de inyección con el tiempo.

### **2.6.1.4 Reportes de fallas y ordenes de mantenimiento**

El reporte de fallas se hace de manera verbal, no existen documentos donde se detallen las fallas que se han presentado. El único documento escrito que se emplea como orden de mantenimiento, es un memo del área de inyección dirigido a mantenimiento, detallando una lista de aspectos o asuntos que son necesarios que se atiendan.

## **2.6.2 Utilización actual de los registros y manuales**

Como ya se mencionó con anterioridad, no existen registros de mantenimiento formales para este equipo, solamente anotaciones en el manual sobre algunas reparaciones o cambios realizados en algunos servicios. La consulta y utilización de estos registros es mínimo, primero por que son pocos los apuntes no detallados los que hay, segundo, muchos se pierden y tercero, son vistos como historial, no útil para toma de decisiones.

El manual es consultado con poca regularidad por el jefe de mantenimiento y algunos de los técnicos. Es utilizado en casos de reparaciones de algunos de los sistemas ya sea eléctrico, neumático o hidráulico o en caso de falla de algún componente, ya que en el manual está el listado de los componentes de recambio y los diagramas de los sistemas que son consultados durante algunas la reparaciones.

### **2.6.2.1 Accesibilidad para decisión sobre reparaciones**

Los registros e informes formales no existen. Las pocas anotaciones no son muy detalladas. Estos datos no fueron realizados bajo ningún procedimiento, por lo tanto es información incompleta, débil y de poca calidad, por lo que no puede utilizarse para la toma de decisiones.

Las decisiones son tomadas en base a la experiencia de los encargados de las reparaciones de la máquina. Ellos actúan bajo sus conocimientos y recuerdo de las acciones tomadas en el pasado para solucionar las del futuro.

### **2.6.2.2 Accesibilidad de manuales y diagramas**

Existe únicamente una copia del manual, la cual se guarda en el área de mantenimiento. No siempre es fácil y rápido encontrar este documento. No tiene un lugar específico dentro. Además, ésta copia no está en muy buen estado y es utilizada en ocasiones por el jefe de mantenimiento y algunos técnicos.

### **2.6.3 Planes de mantenimiento**

Para entender mejor como se ha llevado a cabo el proceso de mantenimiento, es necesario observar los diferentes planes que se hallan practicado: el actual y anteriores.

#### **2.6.3.1 Actual en funcionamiento**

Para el mantenimiento del inyector no se lleva un plan formal de actividades de mantenimiento. Los plazos de inspección, revisión, limpieza y lubricación son irregulares. De igual forma las tareas y responsabilidades de los técnicos e involucrados en el mantenimiento para este equipo no están bien definidos.

El plan de mantenimiento preventivo está limitado a los servicios, cambio de aceite y limpieza de filtros de la unidad hidráulica que toca cada 4,000 horas de servicio. Aún así, la periodicidad de estos servicios es variada y poco planificados, ya que de las actividades de mantenimiento se realizan basadas en la experiencia y memoria de los involucrados en la actividad.

### **2.6.3.2 Anteriores ejecutados**

Desde la adquisición es la maquinaria, se ha llevado el tipo de mantenimiento que se describió en párrafo anterior. No se ha ejecutado ningún otro plan de mantenimiento diferente a ese durante los 5 años aproximadamente que se ha tenido en inyector.

### **2.6.3.3 Niveles de ejecución de los programas**

Sólo se ejecutan cambios de aceite y filtros. Está documentado únicamente un cambio de aceite, así es que no hay evidencia de los mantenimientos aplicados correctamente. Como no existe un plan formal de mantenimiento preventivo no se puede evaluar el nivel de ejecución.

Se argumenta que se ha hecho el mantenimiento bien, porque la máquina está trabajando. El sistema no facilita evaluar el costo del mantenimiento correctivo efectuado.

### **2.6.4 Informes de mantenimiento**

El estado de los informes, así como los procedimientos para realizarlos, dan una idea de cómo se ha administrado el proceso de mantenimiento.

#### **2.6.4.1 Hechos por los técnicos**

La ausencia de registros e informes de mantenimiento es evidencia de que no se realiza ninguno por parte de los técnicos. Todo cambio y chequeo que se hace se queda como conocimiento del personal de mantenimiento. Algunos apuntes se realizan al final del manual del equipo como anotaciones o recordatorios, otros en hojas sin formato que en la mayoría de los casos se pierden.

Conocer qué reparaciones y modificaciones se le ha hecho al equipo se logra únicamente hablando con las personas que formaron parte de esas actividades.

#### **2.6.4.2 Hechos por los operarios**

Los operarios no llenan ningún tipo de informe sobre mantenimiento. No hacen registros de anomalías ni de fallas que ocurren o podrían estar ocurriendo.

El operario cumple únicamente la función de producción. Otra de sus funciones es la limpieza de su área de trabajo, sin tener ningún enfoque relacionado con la limpieza y detección de anomalías del inyector, ni de ningún otro equipo auxiliar.

#### **2.6.4.3 Reportes de fallas o necesidad de mantenimiento por el operador y diagnóstico de fallas**

Las fallas cuando se presentan, son informadas verbalmente al jefe de mantenimiento quien se encarga de realizar las reparaciones correspondientes. El operario se encarga únicamente de transmitir el aviso ya que no está capacitado para analizar ni reparar ninguna parte del inyector. No se hace ningún reporte escrito a mantenimiento en estos casos.

Cuando se necesita que el área de inyección sea chequeada por varios problemas se hace un memorando a mantenimiento para que revise una lista de problemas y de solución a ellos. Este es el único documento escrito que se intercambia entre inyección y mantenimiento.

#### **2.6.4.4 Tratamiento de informes de mantenimiento y reportes de fallas**

No existen informes ni reportes escritos, estos se hacen verbalmente y no se realizan de tal forma que se ve obligado producción a solicitar por escrito que resuelvan varios problemas que persisten. Esto evidencia que el mantenimiento correctivo efectuado, no es efectivo.

### **2.7 Actividades de mantenimiento preventivo**

No hay ninguna actividad de mantenimiento preventivo por escrito. Actualmente se asignan tareas verbalmente de acuerdo al criterio de los encargados.

### **2.7.1 Tareas de mantenimiento del técnico**

Las tareas del técnico de mantenimiento están enfocadas a dos áreas, la reparación inmediata de las fallas, mecánicas y algunas eléctricas, que se presentan y a los servicios del equipo.

El técnico atiende al llamado del operario del inyector o al jefe del área inyección para la intervención y reparación de la falla (mantenimiento correctivo). También está encargado de realizar el cambio de aceite de la central hidráulica y la limpieza de los filtros de aspiración (servicio). Cuando es necesario, también realiza la limpieza del tornillo del inyector.

### **2.7.2 Tareas de mantenimiento del operario**

Como rutina al inicio de la jornada de trabajo, se hace circular aceite para lubricación al mecanismo de rotación del carrusel, por medio de una bomba manual.

El operario está únicamente capacitado para llevar a cabo la tarea de producción y la limpieza del lugar. Se puede llegar a detectar el mal funcionamiento del equipo e informar para que sea chequeado, pero no es capaz de reconocer el origen del problema. El operario no se involucra en la solución y reparación del problema presentado.



## **3. PROPUESTA DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **3.1 Mantenimiento preventivo autónomo**

El operario estará involucrado tanto en las tareas de producción como en las de mantenimiento del inyector para contribuir con el aseguramiento de su óptimo funcionamiento.

Para esto hay que determinar las actividades de mantenimiento que el equipo necesita y que el operador debe realizar, basándose en que estas actividades se requieren con más frecuencia, le ayudan a dominar más el nivel de operación del equipo y que esté el operador en capacidad de realizarlas sin mermar su rendimiento en producción.

#### **3.1.1 Definición de tareas de mantenimiento del operario**

Las actividades de mantenimiento preventivo del operario deben estar definidas de tal forma que no invierta demasiado tiempo en ellas, así no limitará su tiempo en el proceso productivo. Algunas de estas actividades de mantenimiento son, por ejemplo, la limpieza diaria de los componentes, la inspección de puntos clave del equipo, la lubricación básica y hasta algunos pequeños ajustes que sean necesarios.

Para el desarrollo de las actividades de limpieza, inspección, chequeo y lubricación se recomienda realizar una hoja de chequeo. Esta es una herramienta en la cual se indican las actividades de mantenimiento preventivo que debe realizar el operario y proporciona datos sobre el comportamiento del inyector, al sistema de información y administración de mantenimiento.

Para desarrollar una hoja de chequeo se debe:

- a. **Identificar las necesidades que tiene el equipo respecto a la lubricación, limpieza, chequeo y ajuste:** comúnmente se encuentra esta información en el manual del equipo. Si no es así, lo más recomendable es ponerse en contacto con el fabricante del equipo para determinar estas actividades básicas de prevención y monitoreo.
- b. **Se deben conocer las especificaciones técnicas que el equipo requiere de cada uno de los parámetros antes identificados en las necesidades del equipo:** al igual que las actividades básicas diarias, éstas se encuentran en el manual, también pueden ser halladas en las placas de especificaciones de cada equipo. Consultar al fabricante si no posee tal información.
- c. **Determinar los procedimientos e intervalo de tiempo para limpiar, lubricar, chequear o ajustar:** algo importante es escribir los procedimientos correctos que se deben seguir para realizar la actividad. Estas no se incluyen en forma detallada en la hoja, por lo que el operario debe ser capacitado para esta actividad.

- d. **Integrar toda la información en una hoja de fácil comprensión y rápido uso por el operario:** la hoja debe ser de tal manera que tenga una forma sencilla de marcar el parámetro que se esté midiendo. Ya sea por medio de casillas de selección por chequeo o el uso de diagramas.

A continuación se presenta una tabla con algunas de las tareas básicas que el operario debe efectuar y el tipo de actividad que el inyector termoplástico necesita.

Tabla I. **Actividades de mantenimiento preventivo básico del operario**

<b>Actividad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parámetro de chequeo</b>
Refugios fijos (regiones con guardas)	Chequeo	Funcionamiento correcto
Botones de emergencia	Chequeo	Funcionamiento correcto
Control de batería de apoyo del CPU del autómata.	Lectura	Luz indicadora amarilla
Control de nivel de aceite F	Lectura	Mantener nivel en MÁX.
Lectura de presión del aire de alimentación	Lectura	min. 800 kpa. (8 bar.) máx. 1,000 kpa. (10 bar.)
Control de nivel de aceite hidráulico	Lectura	Nivel de aceite entre el indicador visible min. y máx.
Lectura de temperatura de aceite	Lectura	máx. 55°C
Lectura de temperatura de agua refrigerante	Lectura	min. 5°C máx. 6°C
Lectura de presión de agua refrigerante	Lectura	min. 200 Kpa. (2 bar.) máx. 300 Kpa. (3 bar.)
Purgar filtro de aire	Limpieza	
Vaciar el inyector del material sobrante	Limpieza	
Limpiar incrustaciones sobre las narices de inyección	Limpieza	
Limpieza de superficie de porta moldes	Limpieza	
Limpieza filtro de aspiración del motor de central hidráulica	Limpieza	
Engrasar enchufes de porta moldes	Lubricación	
Engrasar área de contacto de prensa	Lubricación	
Lubricar con bomba manual A	Lubricación	

Fuente: Ottogalli spa, **Manual IT1-LE 10/400**, pág. 2 a 21

En la tabla también se muestra la columna con el nombre: “parámetro de chequeo”, que presenta los rangos mínimos y máximos en los que debe estar cada variable, según las especificaciones del equipo.

### **3.1.2 Programa de inspección del equipo**

Con esta información en mano, se desarrolla el programa de inspección del inyector. En una hoja se diseña la herramienta de chequeo diario para uno, dos o tres semanas. Mientras más información se pueda colocar en una hoja, menos hojas se tendrán que manejar y menos espacio ocuparan en un archivo. La hoja debe contener toda la información posible, ser de fácil entendimiento y rápido uso para el operario.

Tabla II. Hoja de operador

**Inyectora MG230857**

Mantenimiento Preventivo

Mes: \_\_\_\_\_

Año: \_\_\_\_\_

Hoja del Operador

Nombre del Operador: \_\_\_\_\_

	Actividad	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		
		11	12	13	14	15	16	17								
Antes de puesta en marcha	1 Guardas (2) de Unidades Inyectoras colocadas	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	2 Guardas (2) de Prensa Hidráulica colocadas	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	3 Guardas (2) de Mesa Rotatoria colocadas	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	4 Botón de Emergencia del panel funcionando bien	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	5 Botón de Emergencia de la máquina funcionando	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	6 Luz amarilla encendida de batería de apoyo.	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	7 Engrasar área de contacto de prensa	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	8 Engrasar enchufes de portamoldes	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	9 Lubricar con bomba manual A															
	10 Limpieza de superficie de portamoldes	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	11 Limpieza filtro de aspiración motor central hidráulica.	Si	No			Si	No			Si	No			Si	No	
	12 Limpiar incrustaciones sobre las narices de inyección	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
Durante operación normal	13 Lectura de temperatura de aceite en operación normal (máximo 55°C)															
	14 Lectura de presión del aire de alimentación (min. 8bar, máx. 10 bar.)															
	15 Lectura de temperatura de agua refrigerante (min. 5°C, máx. 6°C)															
	16 Lectura de presión de agua refrigerante (Mín. 2 bar., máx. 3 bar.)															
	17 Nivel del aceite hidráulico correcto	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	18 Relleno de aceite hidráulico (litros)															
	19 Nivel de aceite en deposito F adecuado	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	20 Relleno de aceite deposito F (litros)															
	21 Relleno de aceite del lubricador del aire a presión	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	22 Fugas en acoples y mangueras hidráulicas conjunto de inyección	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	23 Fugas en acoples y mangueras conjunto de portamolde	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	24 Fugas en acoples y mangueras hidráulicas conjunto de mesa	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	25 Fugas en acoples y mangueras conjunto de distribución	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	26 Fugas en acoples y mangueras hidráulicas en central hidráulica	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
	Final	27 Vaciar el inyector del material sobrante	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
		28 Purgar filtro de aire	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No

Poner un equis (X) en la casilla correspondiente o llenar el dato solicitado.

Observaciones:

---



---



---



---



---



---

Para llevar a cabo las actividades de chequeo del funcionamiento de los componentes del sistema de seguridad o la lubricación de algunos componentes del inyector por ejemplo, hay que definir los procedimientos, materiales y herramientas necesarias para realizar tales actividades. Éstos deben estar escritos claramente en el manual de mantenimiento del operario o en una hoja de procedimientos. Además, deben estar colocados cerca de la máquina al alcance del operador del inyector para su rápida consulta.

Entre las actividades del operario se encuentra: llenar los depósitos de aceite que no estén en los niveles adecuados según la especificación, el engrase de áreas de contacto, purgar y limpiar filtros, etc. Para esto debe conocer como hacerlo, conocer el tipo de aceite y grasa que se necesita.

Por ejemplo para vaciar el inyector del material restante se tienen los siguientes puntos:

a. Procedimiento: Vaciar material restante del inyector

- Retraer el inyector
- Rodar el selector modal SEMIAUTO/DESACTIVO en la posición de funcionamiento desactivado
- Cerrar cortina de la tolva
- Cerrar protección y rodar el selector a manual.
- Presionar los botones de INYECCIÓN-DESCARGO
- Mantener en movimiento el extrusor hasta que no salga más material de la nariz del inyector, controlar visualmente
- Sacar la masa plástica después de su mínima solidificación

b. Intervalo de ejecución

- Diario, al final de cada jornada de trabajo

c. Herramientas/materiales

- Desatornillador
- Pinzas
- Guates

d. Advertencias

- Nunca tocar el inyector con la mano, el inyector trabaja con altas temperaturas. Utilizar guates para protección.
- Esperar a que el material restante se solidifique para su manejo.

A continuación se muestra el formato de la hoja de procedimientos del operador donde se indica la actividad, procedimientos de ejecución y materiales para cada actividad.

Tabla III. Hoja de procedimientos

Actividad	Procedimiento	Advertencias	Materiales para el mantenimiento
<p>6 Luz amarilla encendida de batería de apoyo del CPU del automática</p>	<p>-Observar el indicador LED color amarillo de batería baja en el panel frontal del CPU. - Anotar en hoja de chequeo.</p>	<p>No apagar el equipo si la luz esta encendida puede cocacionar perdida del programa.</p>	<p>Hoja de chequeo</p>
<p>7 Engrasar área de contacto de prensa</p>	<p>-Remover cualquier objeto sólido en el área de contacto de la prensa y portamolde. - aplicar grasa del tipo recomendado en toda el área.</p>	<p>-asegurarce de que esté apagado el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentacion. - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posicion apagado.</p>	<p>Grasa tipo "Shell Alvania E P2" o equivalente según tabla, guates, espátula</p>
<p>8 Engrasar enchufes de portamolde</p>	<p>-Remover cualquier objeto sólido y suciedad presente en los enchufes. - aplicar grasa del tipo recomendado en toda el área de contacto. Engrasar pernos y tornillos de sujeción.</p>	<p>-asegurarce de que esté apagado el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentacion. - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posicion apagado.</p>	<p>Grasa tipo "Shell Alvania E P2" o equivalente según tabla guates, espátula</p>
<p>9 Lubricar con bomba manual A</p>	<p>- Accionar bomba manual diagramada y señalada con A. -llenar bomba cuando sea necesario, verificar en el medidor visual vertical.</p>	<p>-asegurarce de que esté apagado el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentacion. - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posicion apagado.</p>	<p>Aceite tipo "EssoNuto 100" o equivalente según tabla</p>
<p>10 Limpieza de superficie de portamolde</p>	<p>-Remover residuos de cualquier material. -limpiar y lubricar las áreas de contacto. - lubricar superficie de rozamiento de los pistones que abren cada portamolde.</p>	<p>-asegurarce de que esté apagado el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentacion. - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posicion apagado.</p>	<p>Lija para metal grano 350, esponja verde scotch, brocha para limpiar, acetiera con diesel + aceite hidráulico 50%.</p>
<p>11 Limpieza filtro de aspiración motor central hidraulica</p>	<p>- Desentrosar filtro. - Limpiar filtro utilizando aire comprimido en contra flujo de operacion. máx. 30 psi - Aplicar grasa en la rosca. - Enrosacar el filtro.</p>	<p>-asegurarce de que esté apagado el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentacion. - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posicion apagado.</p>	<p>Aire comprimido 30 psi. equipo de protección para el rostro.</p>
<p>12 Limpiar incrustaciones sobre las narices de inyección</p>	<p>-Remover residuos de material prima. -limpiar y lubricar superficie de contacto de la nariz con el molde.</p>	<p>-asegurarce de que esté apagado el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentacion. - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posicion apagado.</p>	<p>Lija para metal grano 350, esponja verde scotch, brocha para limpiar, diesel + aceite hidráulico 50%.</p>

(Continuación...)

Actividad	Procedimiento	Advertencias	Materiales para el mantenimiento
13 Lectura de temperatura de aceite en operación normal (máximo 55°C)			Hoja de chequeo
14 Lectura de presión del aire de alimentación (min. 8bar, máx. 10 bar.)	-Hacer lectura de la presión en el manómetro. -si la presión esta fuera de los parámetros entonces por medio de la llave de regulación arreglar el valor de la presión dentro del rango normal.		Hoja de chequeo
15 Lectura de presión de agua refrigerante (Min 2 bar., máx. 3 bar.)	- Realizar la lectura en el manómetro de entrada al equipo.		Hoja de chequeo
16 Lectura de presión de agua refrigerante (Min. 2 bar., máx. 3 bar.)			Hoja de chequeo
17/18 Relleno de aceite hidráulico (litros)	-Verificar en el indicador visible que el nivel este dentro del rango min. y máx.. -Destornillar el tapón del deposito de aceite. -Corregir nivel vertiendo aceite recomendado hasta el nivel indicado por MÁX. Anotar la cantidad de aceite agregado.	-Apagar el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentación. -Colocar el dispositivo de bloqueo en la posición apagado	Recipiente con Aceite Esso Febis K32 ó Aceite Shell Tonna oil T32 Hoja de chequeo
Control de nivel de aceite F	-Verificar en el indicador visible que el nivel este dentro del rango min. y máx.. - Corregir nivel vertiendo aceite recomendado hasta el nivel indicado por MÁX.		Aceite tipo "EssoNuto H46" o equivalente segun tabla
19/20 Relleno de aceite del lubricador del aire a presión		-Apagar el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentación. -Colocar el dispositivo de bloqueo en la posición apagado	Tellus Oil 32
22 a 26 Comprobación de fugas en mangueras			
27 Vaciar el inyector del material sobrante	- Retraer el inyector - Rodar el selector modal SEMIAUTOM/DESACTIVO en la posición de funcionamiento desactivado -Cerrar cortina de la tolva. Cerrar protección y rodar el selector a Manual. Presionar los botones de INYECCIÓN-DESCARGO - Mantener en movimiento el extrusor hasta que no salga mas material de la nariz del inyector. controlar visualmente. -Sacar la masa plástica después de su mínima solidificación con pinzas o destornillador	-Sacar la masa plástica después de su mínima solidificación con pinzas o destornillador. -Nunca tocar el inyector con la mano, el inyector trabaja con altas temperaturas. - Utilizar guates para protección	Destornillador, pinzas o guantes
28 Purgar filtro de aire	-Corrar la alimentación del aire, cerrando la llave de alimentación. - Abrir la válvula puesta en el fondo del vaso del filtro.	-Asegurarse de haber cortado la alimentación del aire	Llave ajustable (cangrejo) Recipiente.

Uno de los aspectos importantes del mantenimiento preventivo es el intervalo en que éste se llevará a cabo. Hay que definir entonces cada cuanto tiempo se debe realizar una revisión, la limpieza o lubricación de un componente.

#### **3.1.2.1 Plazos de revisión**

El plazo de revisión del equipo y sus componentes de parte del operario debe ser diario de preferencia. Para eso ya se ha desarrollado la hoja de chequeo, en el cual se contemplan los puntos importantes a revisar antes y después de la puesta en marcha del inyector.

#### **3.1.2.2 Plazos de limpieza**

La limpieza es un factor importante en la conservación de cualquier equipo o maquinaria. Ayuda a que las actividades de chequeo y lectura de indicadores de temperatura, presión y nivel de aceite sean más fáciles, rápidas y exactas.

Por ejemplo, el chequeo en busca de fugas en las mangueras del sistema hidráulico o de refrigerante no puede ser realizado efectivamente si no se encuentran limpias las mangueras y las superficies alrededor de estas. Si se mantiene limpia el área, será más fácil relacionar una mancha de aceite en el suelo con una fuga. Será entonces más fácil y rápido de identificar el origen de ésta.

En la siguiente tabla se presenta un listado de actividades de limpieza realizadas por el operario. Debe notarse que la mayoría de estas actividades tiene un plazo de ejecución de un día.

Tabla IV. **Actividades de limpieza del operador**

<b>Actividad</b>	<b>Plazo/intervalo de ejecución</b>
Limpieza de superficie de porta moldes.	Diario/antes de puesta en marcha
Limpiar incrustaciones sobre las narices de inyección.	Diario/antes de puesta en marcha
Purgar filtro de aire.	Diario
Vaciar el inyector del material sobrante.	Diario/al final de jornada
Limpieza filtro de aspiración motor central hidráulica.	Cada dos días
Limpieza del filtro de aceite hidráulico.	Mensual
Limpieza de filtros de agua.	Semanal

Otras actividades de limpieza son resultado del chequeo, por ejemplo la limpieza del filtro de aspiración, que se indica con un plazo de ejecución según sea necesario.

El operario debe también involucrarse en las tareas de servicio. Por supuesto que debe ser capacitado para participar y prestar esa ayuda al técnico mecánico. Ejemplo de esto es la limpieza y desmontaje del tornillo del inyector, servicio de 1,500 horas, o en el cambio de aceite y filtros de la unidad hidráulica, que son actividades donde el operario puede apoyar con la limpieza de superficies metálicas o de los filtros que se puedan limpiar.

### **3.1.2.3 Plazos de lubricación y engrase**

La lubricación y engrase del inyector puede realizarlo el operador, y se incluyen estas actividades en la hoja de chequeo del operador.

Para la lubricación del inyector de parte del operario se definieron las siguientes actividades.

Tabla V. **Actividades de lubricación y engrase del operador**

<b>Actividad</b>	<b>Plazo de ejecución</b>	<b>Tipo de aceite/grasa</b>
Engrasar enchufes de porta moldes	Diario/antes de puesta en marcha	Grasa tipo "Shell Alvania E P2"
Engrasar área de contacto de prensa	Diario/antes de puesta en marcha	Grasa tipo "Shell Alvania E P2"
Lubricar con bomba manual A	Diario/antes de puesta en marcha	Aceite tipo "EssoNuto 100" o equivalente según tabla
Control de nivel de aceite F	Diario	Aceite tipo "EssoNuto H46" o equivalente según tabla
Control de nivel de aceite hidráulico	Diario/antes de puesta en marcha	Aceite Esso Febis K32 ó Aceite Shell Tonna oil T32.

La mayoría de la lubricación y engrase es diaria, y antes de poner en marcha del inyector. Está también el chequeo diario del nivel de los distintos depósitos. En el caso de que el nivel no se encuentre entre el rango permitido, el operario es el encargado de llevar el depósito al nivel aceptable con el aceite recomendado. Todos los recipientes de lubricantes deben estar bien identificados con una etiqueta y los puntos de lubricación en la máquina deben tener una placa con el aceite recomendado.

Puede utilizarse un código de colores, letras o números para facilitar al operario la actividad de llenado y aplicación de grasas. Esto para evitar verter el aceite incorrecto en el depósito incorrecto. Este método facilitará la relación que el operario debe hacer sobre el tipo de aceite con el depósito en el cual debe verterlo.

## **3.2 Mantenimiento preventivo realizado por el técnico**

Con las tareas de mantenimiento preventivo que hace ahora el operario, el técnico mecánico tiene más tiempo para dedicarse a los servicios o reparaciones que en el inyector u otra máquina o instalación de la empresa necesiten. Esto disminuye notablemente la carga del mecánico y se hace más simple la tarea de programar las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa.

El mantenimiento preventivo a cargo del técnico serán entonces servicios en los que se necesiten un conocimiento y destrezas específicas del área de mecánica. Otra característica de estas actividades es que serán de intervalos largos de ejecución por lo que será necesario la planeación y administración de este tipo de mantenimiento.

### **3.2.1 Programa de servicios mayores**

Para realizar el programa de servicio del inyector, primero hay que conocer que necesita el equipo y en que intervalos de tiempo se debe realizar, por ejemplo qué necesita ser reemplazado cada 1,000, 2,000, 4,000, 9,000, 13,000, 20,000 ó 36,000 horas de servicio. Para esto puede consultar el manual de la máquina, en ausencia de este comunicarse con el fabricante. En algunas ocasiones no será factible hacer ninguna de las dos cosas, por lo que será necesario investigar el tiempo de vida de los componentes críticos como el aceite hidráulico, cojinetes, resistencias, filtros etc. y estimar el tiempo en que se efectuó el recambio de éstos.

En la tabla siguiente se enlistan algunos de los servicios que se determinó que deben ser realizados por el técnico de mantenimiento al inyector termoplástico y el plazo entre servicios.

Tabla VI. **Actividades de mantenimiento preventivo del técnico**

<b>Actividad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Plazo/intervalo entre servicios</b>
Regulación patín de desplazamiento	Ajuste	Cada semana de trabajo
Regulación de frenado de mesa	Ajuste	Cada semana de trabajo
Lubricación patín de deslizamiento	Lubricación	Cada semana de trabajo
Limpieza de filtros de agua	Limpieza	Cada semana de trabajo.
Cambio de agua de refrigerante	Cambio	2,000 hrs.
Ajuste de transductores lineales	Ajuste	1,000 hrs.
Cambio de filtros de agua	Servicio/ cambio	1,000 hrs.
Limpieza/desmontaje de tornillo	Limpieza	2,000 hrs.
Limpieza de distribuidor eléctrico	Limpieza	2,000 hrs.
Cambio de agua de refrigerante	Cambio	2,000 hrs.
Cambio de aceite hidráulico	Lubricación	4,000 hrs.
Cambio del filtro de aceite hidráulico	Limpieza	4,000 hrs.
Serie de empaques cilindro válvula inyección	Cambio	9,000 hrs.
Serie de empaques cilindros conjunto de mesa y freno	Cambio	9000 hrs.
Serie de empaques cilindro prensa	Cambio	13,000 hrs.
Guarnición/empaques de conjunto distribuidor	Cambio	13,000 hrs.
Empaques guías de avance inyector	Cambio	13,000 hrs.

(Continuación...)

Serie de empaques cilindro inyector izquierdo	Cambio	13,000 hrs.
Serie de empaques cilindro inyector derecho	Cambio	13,000 hrs.
Anillos de válvula boquilla de inyección	Cambio	20,000 hrs.
Casquillo/ <i>Bushing</i> de agua, aire y aceite	Cambio	20,000 hrs.
Guarnición/empaques de árbol de mesa	Cambio	20,000 hrs.
Patín de deslizamiento	Cambio	20,000 hrs.
Cojinete de rodos	Cambio	36,000 hrs.
Motor hidráulico OMT500	Cambio	36,000 hrs.

Para programar los servicios, se debe agrupar todas las actividades que son efectuadas en el mismo intervalo de tiempo. Por ejemplo a las 2,000 horas de servicio, se debe realizar el cambio del agua de refrigeración y la limpieza y desmontaje del tornillo del inyector.

La programación de los servicios se facilita con el uso de un sistema de cómputo que realice los cálculos para determina cuando se deben realizar los servicios. Este sistema puede accionar una alarma o imprimir la orden de trabajo del día los servicios que se deben hacer al inyector o cualquier otro equipo. Este tema se tratara más adelante con detalle en el punto 4.2.3.

### 3.2.1.1 Definición de tareas de servicio

Como se observó en la tabla VI, las tareas de servicio pueden ser de lubricación, limpieza, ajuste y cambio de algún componente debido al término de su tiempo de vida. Estas tareas deben estar escritas en el manual de mantenimiento del técnico. Este manual debe contener la información del mismo modo que el manual de mantenimiento del operario. El manual proporcionará las instrucciones, diagramas, materiales, herramientas, advertencias, el equipo de seguridad, etc. que debe utilizar en cada actividad.

Por ejemplo para la regulación del patín de deslizamiento debe describirse de la siguiente manera en el manual:

- a. Procedimiento: regulación de patín de deslizamiento.
  - Apagar el motor de la bomba de aceite y desconectar la alimentación.
  - Colocar el dispositivo de bloqueo en la posición apagado y colocar candado en el mismo.
  - Utilizar los tornillos de regulación (ref. No 1) para acercar el patín y conseguir de esa manera una mayor fricción.
  - Al ejecutar la regulación dejar unos 0.5 mm. de espacio libre entre la placa porta patín y la placa porta resortes de manera que sólo los resortes ejerzan presión sobre la mesa.
  - Engrasar partes móviles de contacto.
  
- b. Objetivo
  - Ajustar 0.5 mm. de espacio libre entre la placa porta patín y porta resortes.

- c. Intervalo de ejecución
  - Cada semana de trabajo.
  
- d. Herramientas/materiales/equipo
  - Llaves apropiadas para ajustar los tornillos.
  - Grasa tipo "Shell Alvania E P2" o equivalente según tabla
  - Guates de trabajo
  
- e. Advertencias
  - Nunca iniciar la operación de ajuste sin antes haber apagado el motor y desconectado toda alimentación.
  - Verificar siempre que el dispositivo de bloqueo esté en la posición de apagado.

### **3.2.1.2 Plazos de inspección del equipo**

El plazos de inspección del inyector y sus componentes, se han determinado a partir del la investigación de la vida útil de éstos y de las especificaciones dadas por el fabricante en el manual.

La inspección puede partir del servicio más pronto que es el de 60 horas, aproximadamente cada semana. Durante esta inspección, puede compartir información el operario con el técnico, en busca de anomalías que pudieran estarse presentando. Como es el operador el que más tiempo pasa en contacto con el inyector, él puede detectar problemas, ruidos que no son naturales de la máquina. De este modo el técnico programa ya una inspección más detenida para determinar la causa de tal anomalía si no se ha detectado aún y corregirla.

Es en este punto donde el trabajo en equipo entre el operario y el mecánico empieza a afectar el modo en que se ha llevado normalmente el mantenimiento. Este nuevo sistema ayuda al mecánico con una rápida detección y atención de problemas antes de que ocurran fallas.

### **3.3 Definición de índices, controles para implementación del sistema**

Un programa de mantenimiento preventivo tiene por objetivo mantener al inyector en operación óptima a bajo costo, garantizando la mayor disponibilidad, funcionalidad y conservación de éste. Pero ¿cómo verificar si se están cumpliendo los objetivos o si el sistema está alineado a estos, si no se realiza una evaluación del sistema? Hay que evaluar la mejora de la fiabilidad del sistema (número de fallos, frecuencia de fallos, costos incurridos, etc.), evaluar la mejora de las operaciones mismas de mantenimiento, diagnosticar las habilidades del personal etc. Pero ¿cómo hacer esto si no se tiene la información necesaria o un método de control adecuado?

Para evaluar y controlar el sistema de mantenimiento hay que definir entonces una serie de índices o indicadores que proporcionen la información necesaria. Esta información sirve como un monitor en el cual se puede ver como se va desarrollando la aplicación de sistema de mantenimiento evaluado los criterios de desempeño de tiempo, calidad y costo.

Según su utilidad los índices de gestión deben ser:

- a. Pocos.
- b. Claros de entender y calculables.
- c. Útiles para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué.

Además los índices deben:

- a. Identificar los factores claves de la producción.
- b. Establecer registros de datos que permita su cálculo periódico.
- c. Establecer valores estándares para dichos índices, objetivos.
- d. Permitir tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detecten.

En la tabla VII se presenta un listado de índices propuestos para el control del desempeño y desarrollo del sistema de mantenimiento preventivo del inyector.

Tabla VII. **Índices de control y evaluación del sistema de mantenimiento**

<b>Índice o Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
Productividad global de máquina	%
Costo directo de tarea de mantenimiento	Q.
Costo total de mantenimiento	Q.
Costo de parada	Q.
Tasa de reparación	1/horas

Fuente: Centro de investigación en química Aplicada, **Estrategias para el mejoramiento de la productividad en las empresas procesadoras de plásticos**, pág. 7

Para estos índices es necesaria la obtención de datos que permita su cálculo de modo que muestren la información necesaria para la toma de decisiones hacia una acción pertinente. Estos datos se obtendrán a través de las órdenes de trabajo de mantenimiento, hojas de chequeo, hoja de programas de producción y documentos de orden financiero. Algunos de estos datos indispensables para el cálculo de los índices son:

- a. Costo total de mantenimiento
  - Costo de repuestos
  - Costo de materiales
  - Costo de personal de mantenimiento
  - Costo de herramientas y equipo
  
- b. Fecha de intervención
  
- c. Tiempo empleado en la actividad de mantenimiento
  - Horas de mantenimiento preventivo
  - Horas de mantenimiento correctivo
  - Horas de mantenimiento de emergencia
  - Tiempo efectivo de reparación
  - Tiempo de espera
  
- d. Tiempo de operación del inyector
  
- e. Número de fallas detectadas

La fórmula para cada uno de los índices se muestran en la tabla VIII junto con las variables necesarias para su cálculo.

Tabla VIII. **Fórmula de índices de mantenimiento propuestos**

Índice	Fórmula	Variables
Productividad global de la máquina	$PGM = TD \times TR \times TC$	TD: Tasa de disponibilidad o uso de máquina. (También conocido como eficiencia de uso de máquina) TR: Tasa de rendimiento (rendimiento o rapidez de la operación) TC: Tasa de calidad
Costo directo de tarea de mantenimiento	$CMT = C_s + C_m + C_{te} + C_p$ $C_p = DMT \times HCP$	C <sub>s</sub> : Costos de repuestos. C <sub>m</sub> : Costos de materiales. C <sub>p</sub> : Costo de mano de obra C <sub>te</sub> : Costo de herramientas y equipo DMT: Tiempo empleado en la actividad de mantenimiento. HCP: Valor monetario del costo por hora de personal.
Costo total de mantenimiento	$CTMN = \sum CMT$	CTMN: Costo directo de tarea de mantenimiento. ΣCMT: Suma de los costos directos de las tareas de mantenimiento en el periodo.
Costo de parada	$CTP = \sum CMT + CPP$	ΣCMT: Suma de costo directo de las tareas de mantenimiento en el periodo. CPP: Costo por pérdida de producción en el periodo.
Tasa de reparación	$TMPR = \frac{NTMC}{HTMC}$	NTMC: Número de fallas presentes en el periodo. HTMC: Horas totales de mantenimiento de reparación.

Fuente: Centro de investigación en química Aplicada, **Estrategias para el mejoramiento de la productividad en las empresas procesadoras de plásticos**, pág. 10

- a. **Productividad global de máquina<sup>1</sup>**: este indicador se maneja en el mantenimiento productivo total (TPM), en donde se denomina efectividad total del equipo (OEE). El índice PGM está conformado a su vez por tres subíndices, cada uno de los cuales representa un elemento de productividad parcial.

Tasa de disponibilidad o uso de máquina.

$$TD = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas programadas}}$$

Tasa de rendimiento o rapidez de la operación

$$TR = \frac{\text{Piezas totales}}{\text{Horas trabajadas}} / \frac{\text{No de cavidades X 3600}}{\text{Tiempo de ciclo estandar (seg)}}$$

Tasa de calidad

$$TC = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Piezas totales}}$$

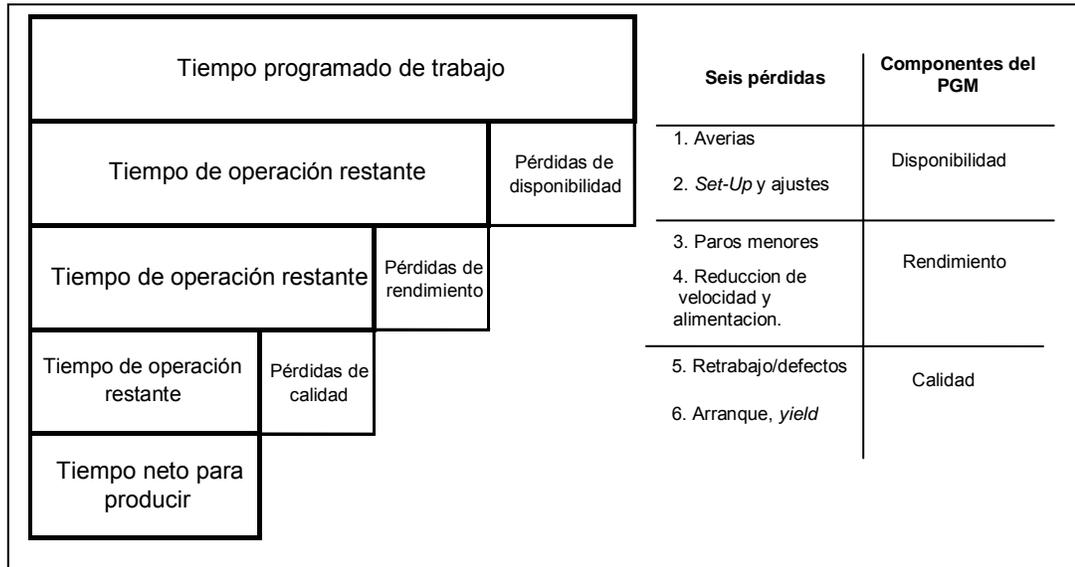
- b. **Costo directo de tarea de mantenimiento**: es el costo producido al realizar una tarea de mantenimiento. Involucra los costos por repuestos, materiales, herramientas, equipo y mano de obra.
- c. **Costo total de mantenimiento**: suma de los costos directos de las tareas de mantenimiento realizadas en el periodo observado.

- d. **Costo de parada:** costo al que se incurre por el tiempo que el equipo permanece improductivo debido a falla, reparación o servicio de mantenimiento.
  
- e. **Tasa de reparación:** relación entre el número total de fallas y el tiempo total de intervenciones correctivas de esas, en el período observado. Es la recíproca del tiempo promedio para reparación.

El control no viene a ser más que eso si los datos que se obtienen de éste no se analizan y se toman medidas adecuadas para mantener bajo control el sistema de mantenimiento. El análisis ayudará a determinar si el nuevo sistema de mantenimiento preventivo del inyector está siendo efectivo.

Por ejemplo con el índice de PGM, se puede llevar un seguimiento de la mejora de la productividad eliminando las seis pérdidas mayores de la productividad como se muestra en la figura.

Figura 4. **Seis pérdidas mayores de la productividad global**



Fuente: Centro de investigación en química Aplicada, **Estrategias para el mejoramiento de la productividad en las empresas procesadoras de plásticos**, pág. 11

El índice muestra un valor numérico que representa la mejora real en la productividad del equipo relacionando el desempeño del mantenimiento al eliminar los paros menores, mantener funcionando el inyector a la velocidad de diseño, con arranques rápidos y menor producto defectuoso producido por el equipo.

Para el análisis de esta información puede elaborarse un informe de retroalimentación, en el que se presente el comportamiento que han tenido los índices en el tiempo. Esto puede hacerse por medio de gráficos de control, histogramas, u otras herramientas estadísticas. Toda esta información ayuda a la detección, análisis y solución de problemas en la aplicación del sistema, así como su control.

Esta herramienta se vuelve más efectiva al utilizar métodos para la detección de causas y solución de problemas como el diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, método porqué-porqué, ciclo de Deming PHVA.

## **4. SOPORTES PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO**

### **4.1 Stock de repuestos**

El objetivo de planificar el requerimiento de repuestos es alcanzar el equilibrio entre el costo de inventario (depreciación, intereses, rentas, etc.) y el costo de no poseer el repuesto cuando se necesite (indisponibilidad). Para facilitar el control, así como la catalogación, identificación y almacenamiento, se clasificarán los repuestos según su tasa de uso, tiempo para adquirir el repuesto del proveedor, costo y otras características.<sup>2</sup>

#### **4.1.1 Requerimientos en bodega**

En bodega debe estar todo material necesario para realizar la lubricación periódica por el operario y materiales de mantenimiento frecuente del técnico y del operador. Entre estos materiales están los lubricantes y algunas partes de recambio, así como suministros para mantenimiento.

Las partes de recambio que se tendrán disponibles en bodega deben cumplir con características importantes. Una de ellas es que deben ser de un costo relativamente bajo, además son componentes que se piensa utilizar hasta acabar su vida útil, por lo que son elementos que en caso de fallar no ocasionan daños a otras partes del inyector, ya que el sistema de seguridad detiene el equipo al detectar la falla. Ejemplo de estos, son las resistencias de collar y sensores.

A continuación se presenta el listado de las piezas de recambio que debe disponer la bodega para mantenimiento de emergencia. En el caso de las resistencias de collar, puede mantenerse 2 en bodega, por ejemplo. Esto dependerá de la frecuencia de cambio y cuantos componentes son necesarios cambiar simultáneamente.

Tabla IX. **Repuestos necesarios en bodega**

<b>Conjunto porta molde TAV 944.13.0322</b>				Niveles de inventario.	
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	Min.	Máx.
28	49 90 0020	2	Sensor magnético	2	4

<b>Conjunto de inyección (2) TAV 941.09.0113</b>					
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción		
2	42 98 3101	8	Sensor BESM 12MI-PSC40B-BV03	4	8
7	59 42 0021	18	Resistencia a collar D.110X120 1300W-220V	4	8
8	48 15 0003	6	Termopar/termocupla	2	6

<b>Conjunto bloque de inyección TAV 041.05.0027</b>					
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción		
9	59 41 0016	2	Resistencia de placa 70X75 150W-220V	2	2
10	48 15 0003	1	Termopar/termocupla	1	2
13	59 41 0061	1	Resistencia de collar D. 80X35 100W-220V	1	2

<b>Conjunto boquilla de inyección TAV 941.09.0114</b>					
Ref.	Código	Cantidad	Descripción		
8	59 41 0039	1	Resistencia semicollar D 72X45 150W-220V	1	2

Se debe también tener un nivel de inventario adecuado de los siguientes lubricantes y materiales. Que son de uso más frecuente y en algunos casos demanda mayor cantidad de éstos.

Tabla X. **Suministros necesarios en bodega**

<b>Otros materiales</b>
<b>Aceites</b>
Shell Tonna oil 32
Esso Febis K32
Tellus Oil 32
EssoNuto H46
EssoNuto 100
<b>Grasas</b>
Shell Alvania E-P2
<b>Otros Materiales</b>
Lija metal grano 350
Esponja Verde Scotch
Brochas de varios tamaños

Para el control de máximos y mínimos en inventario, se puede establecer por medio de un análisis de rotación de accesorios, repuestos y suministros, mediante la buena utilización de los reportes y registros de mantenimiento. Para esto se necesita la información detallada de los repuestos en los documentos y un sistema de control estadístico de frecuencia de uso y compra.

#### **4.1.2 Stock por pedido**

Estos van a ser todas aquellas partes que son necesarias sólo para realizar los servicios mayores por lo que serán solicitados a los proveedores o al fabricante del equipo un tipo prudente antes de realizar el cambio o servicio. Por lo general son partes pedidas al extranjero, de alto costo y baja rotación o frecuencia de movimiento en bodega. Hay elementos como por ejemplo los cojinetes del árbol del conjunto mesa, que son necesarios cada 36,000 hrs. por lo que se hace la compra unas semanas antes de llegar el tiempo del cambio de estas partes.

Este mecanismo permite tener un bajo inventario de repuestos y disminuye el costo de mantenimiento drásticamente por manejo de materiales y repuestos.

A continuación se presenta el listado de las partes que se identificaron y deben ser administradas de este modo.

Tabla XI. Listado de repuestos por pedido

Conjunto porta molde TAV 944.13.0322				Tiempo de recambio
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
3'	21 95 5037	2	Serie de empaques cilindro porta molde	9,000 hrs.
Conjunto Prensa TAV.032.02.006 TAV.932.03.0036				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
2'	21 95 5053	1	Serie de empaques cilindro contrapunto	13,000 hrs.
11'	21 95 5003	1	Serie de empaques cilindro prensa	9,000 hrs.
Conjunto de inyección TAV.931.01.0131				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
7'	21 95 5003	1	Serie de empaques cilindro avance inyector	9,000 hrs.
8	82 00 3801	4	Bushing Di80-De100	13,000 hrs.
9	21 02 1745	8	Empaques P6-80-92	20,000 hrs.
10	37 60 3050	2	Motor OMT500	36,000 hrs.
12'	19 80 5157	1	Serie de empaques cilindro inyector izquierdo	13,000 hrs.
14'	29 80 5155	1	Serie de empaques cilindro inyector derecho	13,000 hrs.
Conjunto de inyección (2) TAV 941.09.0113				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
1	41 17 3001	2	Potenciómetro LT-m 450-S	20,000 hrs.
1"	S2 10 4011	2	Articulación potenciómetro LTH450-S	20,000 hrs.
4	81 00 3109	2	Leva avance inyector	9,000 hrs.
5	82 00 3110	2	Asta leva	9,000 hrs.
Conjunto bloque de inyección TAV 041.05.0027				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
2'	21 95 5011	1	Serie de empaques cilindro válvula inyección	9,000 hrs.
4	82 00 3033	1	Horquilla	13,000 hrs.
5	81 00 3034	1	Enchufe cilindro horquilla	13,000 hrs.
5	82 00 3048	1	Enchufe orquilla válvula boquilla de inyección	13,000 hrs.
	21 25 1051	2	anillos de válvula de inyección	20,000 hrs.
Conjunto distribuidor TAV.944.09.0003				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
2	S2 40 7966	1	Casquillo/Bushing de agua	20,000 hrs.
3	S2 40 7967	1	Casquillo/Bushing de aire	20,000 hrs.
4	S2 40 6513	1	Casquillo/Bushing de aceite	20,000 hrs.
6	11 33 0014	6	Enchufes distribuidor	20,000 hrs.
7	29 07 0005	8	Guarnición/empaques ROTOMATIC MERKEL M17-090	6,000 hrs.
8	82 00 3179	1	Anillo teflón superior distribuidor	20,000 hrs.
9	82 00 3179	1	Anillo teflón inferior distribuidor	20,000 hrs.
Conjunto mesa TAV.034.01.0060				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
3	55 62 3002	2	Cojinete axial	36,000 hrs.
4	55 68 1347	1	Cojinete radial	36,000 hrs.
5	29 05 0016	1	Guarnición/empaques de árbol	30,000 hrs.
Conjunto transporte TAV 944.01.0004				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
4'	21 95 5002	1	Serie de empaques cilindro de enganche	9,000 hrs.
5	82 00 3158	1	Perno movimiento	13,000 hrs.
6	82 00 3159	3	Casquillo/Bushing superior carro	13,000 hrs.
7	55 99 1431	3	Casquillo/Bushing inferior carro	13,000 hrs.
9'	21 95 5012	1	Serie de empaques cilindro de rotación mesa	9,000 hrs.
Conjunto Freno TAV 944.03.0001				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
1'	21 01 1012	1	Serie de empaques bloque freno	9,000 hrs.
5	55 43 1214	1	Cojinete de rodos 6203 Z	36,000 hrs.
Conjunto patín TAV 944.02.0001				
Ref.	No. Parte	Cantidad	Descripción	
1	82 00 3127	1	patín	20,000 hrs.
2	55 30 3011	8	Resorte tasa 50-18.4-SP1.5	13,000 hrs.

## **4.2 Sistema de información de mantenimiento**

Los manuales de mantenimiento, los registros bien elaborados y los sistemas informáticos, son componentes claves para un sistema de información útil.

### **4.2.1 Manuales de mantenimiento**

Para este caso, existirá el manual de procedimientos de mantenimiento del operador y el manual de procedimientos para mantenimiento del técnico. En ambos se indicarán los objetivos del mantenimiento, uso correcto de herramientas, equipos y materiales, los procedimientos de trabajo, de control y las acciones correctivas.

Los manuales deben ser revisados cada cierto tiempo con el motivo de actualizarlos y mejorarlos, eliminando los procedimientos y herramientas deficientes por nuevos. Modificar o eliminar procesos o políticas que no agreguen valor en el cumplimiento de los objetivos del sistema.

La elaboración y actualización del manual queda bajo la responsabilidad del encargado del sistema de mantenimiento de la empresa con el apoyo de las partes interesadas: mecánico y operador y la aprobación de su dirección.

#### **4.2.2 Registros de mantenimiento**

Es necesario implementar procedimientos para la elaboración, almacenamiento, consulta y análisis de los informes y registros. Esta información es básica y fundamental para el desempeño eficiente del programa de mantenimiento preventivo. En base a la información adquirida a través de los registros e informes se toman las decisiones sobre las acciones de mantenimiento.

En los registros e informes se debe detallar la tarea de mantenimiento, las piezas y partes que se utilizan, así como el volumen y cantidad de los materiales y suministros necesarios o utilizados. Esta información proporciona datos como la frecuencia de uso o de compra de un repuesto o material, que es importante para determinar los mínimos y máximos de materiales y repuestos necesarios en bodega.

Se deben anotar las dificultades y problemas durante el mantenimiento, la fecha de intervención y el tiempo en que se realiza cada actividad como medida de control del desempeño tanto del personal como del sistema. Esta información es necesaria y debe ser almacenada para empezar a formar un historial de datos para el análisis y toma de decisiones y mejora continua del sistema de mantenimiento.

Toda esta información que proporcionan los registros permite determinar el costo real de mantenimiento preventivo. Es por esto que debe estar bien detallada y precisa la información que se anote en ellos.

### 4.2.3 Sistemas informáticos

La implementación de un sistema de cómputo que administre el mantenimiento preventivo facilitará la implementación y ejecución del sistema de mantenimiento preventivo para cualquier equipo. Es por eso que se recomienda el uso de una herramienta de este tipo.

Para la implementación de un sistema asistido por computadora hay que evaluar las necesidades específicas de la empresa para determinar que características debe tener el *software*.

Las características básicas que debe tener el sistema informático son las siguientes:

- a. Facilitar la actualización periódica y sencilla de sus datos e informaciones.
- b. Estar operando tantas horas diarias como funciona la planta industrial.
- c. Preverse la integración con otros sistemas informáticos que operen en otros departamentos de la empresa.
- d. Disponer de una estructura modular y flexible para facilitar su implementación y responden a las necesidades particulares de la empresa.

El sistema informático de administración y control de mantenimiento debe tener las siguientes aplicaciones o módulos:

- a. Base de datos de equipos: incluye su dato técnico e historial, ubicación en la planta, instalaciones y componentes de asistencia.

- b. Asistencia en las tareas de mantenimiento a realizar: incluye lo que es la elaboración de órdenes de trabajo, su cumplimiento, pedido de repuestos, cargos de mano de obra (propia, contratada) y cargos de contratos acordados con terceros (talleres externos, por ejemplo).
- c. Mantenimiento programado: comprende tareas a realizar periódicamente en base a horas operación, Hrs., Km., etc., inspecciones, reserva de repuestos, programas de mantenimiento, ingreso de datos y reprogramación.
- d. Control de gestión: incluye programa de paradas, estadística de detenciones, estimación para presupuesto, control de costos.

Para adquirir el sistema se puede hacer de dos formas. La primera es contactarse con un proveedor como por ejemplo, *Eagle Technology, Inc.* o *Datastream systems, Inc.*<sup>3</sup> quienes se dedican a desarrollar soluciones *software* para el control y la administración del mantenimiento.

El otro medio para implementar un sistema computarizado es desarrollando un propio *software* a la medida que cumpla específicas necesidades de la empresa y el área de mantenimiento.

#### **4.2.4 Desarrollo de formatos para control de mantenimiento**

Los documentos de control son las hojas de chequeo del operador del inyector y la hoja de servicios del técnico mecánico que se presentaron en la sección 3.1 y 3.2 respectivamente. Para el desarrollo del formato de estas hojas, se identificaron las necesidades de lubricación, limpieza, chequeo y ajuste que el equipo requiere, de parte del fabricante del mismo. Una vez identificadas estas necesidades, se determinan los mejores procedimientos e intervalos de tiempo para la ejecución de cada una de las actividades de mantenimiento requeridas.

Toda esta información se integra en una hoja de fácil comprensión y rápido uso por el operario. Esta hoja debe ser sencilla, pero completa, que recopila la información necesaria para diagnosticar el desempeño del equipo.

### **4.3 Capacitación de operario o usuario**

El operario debe capacitarse en aspectos técnicos de inyector y conocer perfectamente el funcionamiento del equipo. De esta forma, podrá realizar los chequeos diarios, algunas reparaciones o correcciones de pequeñas deficiencias del equipo. La capacitación y entrenamiento debe permitir al operario desarrollar habilidades para identificar rápidamente anomalías en el funcionamiento, evitando que más adelante se conviertan en averías importantes si no se les presta la debida atención.

Un operario competente debe estar formado para detectar tempranamente toda clase de anomalías evitando así la presencia de fallos en el equipo y problemas de calidad, y si esta en su capacidad técnica, corregirlas oportunamente, si no, avisar al técnico para la corrección del problema.

Este debe ser el tipo de operario que la empresa tendrá a bien desarrollar a través de este sistema de mantenimiento preventivo.

#### **4.3.1 Aprendizaje mediante análisis y solución de problemas**

El personal debe desarrollar una mayor capacidad de análisis mediante la identificación de las causas de las averías. Por ejemplo, la aplicación sistemática de técnicas de cuestionamiento como la técnica porque-porque, diagrama de causa y efecto, permite crear una nueva actitud ante los fallos de los equipos. Se estudian y se conocen las causas profundas de los problemas y éstos se confirman directamente al realizar el trabajo sobre la máquina. Esta forma de trabajo, de probar los supuestos evita la especulación muy frecuente dentro del personal de producción, como de mantenimiento.

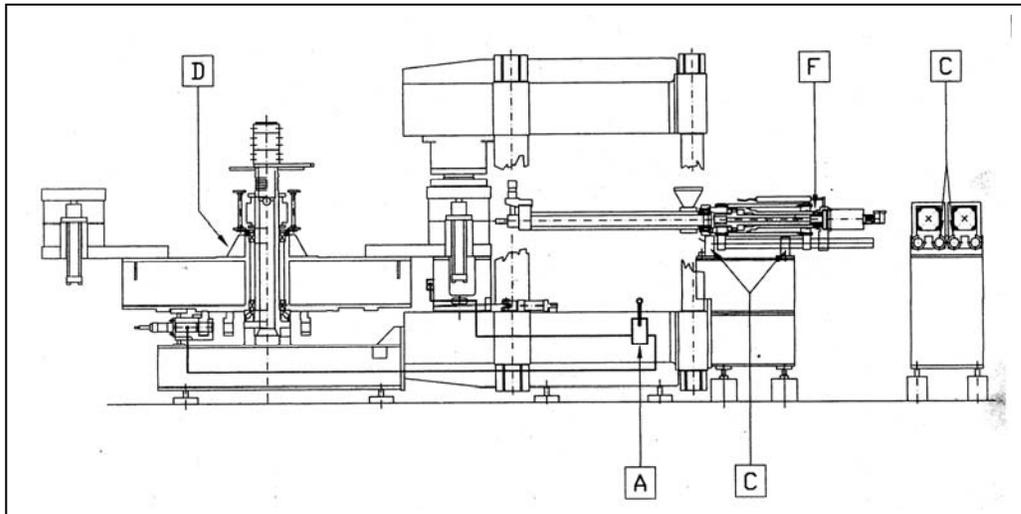
Cuando se reflexiona sobre los posibles fenómenos y causas que produjeron una avería, se adquiere conocimiento mediante la acumulación de experiencia vivida. Este conocimiento puede ser transmitido mediante informes y reuniones operativas donde interaccionen los encargados del mantenimiento del equipo.

#### **4.4 Identificación del equipo en planta con instrucciones**

Para una eficaz labor de mantenimiento de parte del operario y como parte de su capacitación, se identifican los puntos de lubricación y engrase con color, letra y nombre del aceite o grasa que debe de aplicar en el área. De igual modo los recipientes que contengan los lubricantes serán identificados con color, letra y nombre, esto para evitar en primer lugar errores de aplicación.

En la siguiente figura 5 se muestran cuatro puntos de lubricación y engrase identificados, que el operario debe efectuar.

Figura 5. **Identificación de puntos de lubricación y engrase**



Fuente: Ottogalli spa, **Manual IT1-LE 10/400**, pág. 26

El otro punto de lubricación, que no se muestra en la figura, es el depósito de aceite de la unidad hidráulica.

## **5. SEGUIMIENTO PARA LA EJECUCION DEL MANTENIMIENTO**

### **5.1 Integración de trabajo de mantenimiento**

El trabajo de mantenimiento no es únicamente responsabilidad del técnico mecánico como regularmente se piensa y se trabaja, ni tampoco es responsabilidad total de la persona que utiliza la máquina.

Los responsables son ambas personas, tanto el mecánico como el operario deben estar involucrados y comprometidos en cuidar y mantener en funcionamiento óptimo y adecuado al inyector. Es un trabajo en equipo, donde debe existir comunicación, confianza, interdependencia y cooperación.

#### **5.1.1 Cultura de trabajo en equipo (personal de mantenimiento y producción)**

Un equipo según Katzenbach y Smith, es un "pequeño número de personas con conocimientos complementarios, comprometidas en un propósito común, en metas de rendimiento y en una metodología común, de lo cual se consideran mutuamente responsables"<sup>4</sup>;

Para que el operario y el técnico mecánico se conviertan en un equipo y trabaje conjuntamente, se necesita que ambos reconozcan que se necesitan el uno al otro para poder llevar a cabo los objetivos previstos. Se debe crear ese sentido de interdependencia, un clima objetivo de trabajo dejando de pensar en beneficios personales, sino colectivos.

Como consecuencia de las características anteriores, en el equipo tiene que haber una interacción y comunicación entre sus miembros. Las diferencias siempre están presentes y los conflictos son una oportunidad de debate y por lo tanto de aprendizaje, el personal crece, los equipos crecen y con éstos la empresa adquiere competitividad. Es por esto, que se deben definir reuniones frecuentes para este proceso de formación y desempeño del equipo operario-técnico de mantenimiento.

#### **5.1.1.1 Definición de reuniones operativas**

Las reuniones entre el personal del área de mantenimiento y de producción, pueden programarse a criterio de las personas interesadas. No obstante al inicio de la implementación de este sistema de mantenimiento, deben realizarse con mayor regularidad, no dejando de reunirse por tiempos prolongados. Se sugiere por lo menos una reunión semanal o cada dos semanas como mínimo, para el monitoreo del comportamiento del inyector ya una vez se haya logrado un eficaz funcionamiento y operación del sistema de mantenimiento preventivo.

La comunicación entre estas dos partes es importante para el eficaz funcionamiento del sistema de mantenimiento preventivo, los conocimientos de dos personas unidas, es superior a lo que individualmente cada uno hiciera por separado. Deben discutirse puntos sobre el comportamiento de equipo, el consumo de combustibles y lubricantes durante el periodo determinado, así como problemas o deficiencias referentes al sistema de mantenimiento implementado y discutir las posibles soluciones y mejoras a implementar.

### **5.1.1.2 Definición de autoridad y responsabilidad**

La responsabilidad del mantenimiento del inyector será conjunta del área de producción y de mantenimiento. Entre las responsabilidades generales de mantenimiento del personal de producción se encuentran las siguientes:

- a. Operar la máquina en forma apropiada.
- b. Mantener su chequeo diario.
- c. Realizar los paros programados para el mantenimiento preventivo del equipo.
- d. Programar visitas de supervisión de la máquina.
- e. Solicitar reparaciones, reemplazos, etc.
- f. Participar con el área de mantenimiento para la implementación del sistema de mantenimiento preventivo.
- g. Utilizar adecuadamente el equipo de protección personal.
- h. Proporcionar información para la acción.
- i. Cooperar con mantenimiento, para que el mantenimiento de emergencia sea efectuado lo más rápido posible.

Entre las responsabilidades principales del área de mantenimiento están:

- a. Ejecutar los trabajos requeridos y programados de mantenimiento.
- b. Mantener la máquina en condiciones óptimas al menor costo.
- c. Utilizar adecuadamente el equipo de protección personal.
- d. Mantener el equipo de protección, herramientas y materiales en buen estado.

### **5.1.2 Requerimientos de apoyo que se encuentren necesarios de parte de la administración para hacer funcionar el sistema**

Un factor importante para el éxito en la implantación del sistema de mantenimiento preventivo, además de la cooperación de todo el personal y áreas de la empresa, es un verdadero compromiso, involucramiento y apoyo de la alta dirección para el desarrollo y desempeño del proyecto.

La administración se puede considerar como un sistema de tomas de decisiones que dispone y asigna recursos para diversas actividades. Entre éstas está la compra de repuestos, suministros y herramientas. La administración también debe proveer el recurso humano y el apoyo para la creación e implementación de programas de capacitación y desarrollo de este valioso recurso. Además, es responsable de crear y mantener sistemas eficaces de comunicación e información, un ambiente de trabajo seguro, el desarrollo de la cultura de trabajo en equipo y de mejora continua.

En sí, gran parte del apoyo que debe recibir el sistema de mantenimiento preventivo de parte de la alta dirección, es una comunicación eficiente a través de las líneas de autoridad que transmita la información necesaria para la eficaz planificación, asignación y ejecución de trabajos y la disponibilidad de recursos económicos para la implementación y establecimiento del sistema, así como el buen desempeño de su ejecución.

#### **5.1.2.1 Definición de capacitación para operario y técnico**

Para que el personal ejecute este sistema de mantenimiento y pueda cumplir con sus áreas de responsabilidad, es necesario que posea los conocimientos para completar sus tareas eficazmente.

Proveer la capacitación al operario y técnico es parte del apoyo esperado por parte de la administración. Debe facilitar los recursos para la planificación de esa capacitación.

Se deben definir las destrezas y conocimientos de los puestos que se han modificado y a los cuales se les ha integrado tareas de mantenimiento, como es el caso del operario del inyector. Parte de la capacitación del operario y técnico se origina al involucrarlos en el desarrollo y la implementación del sistema de mantenimiento preventivo, para el inyector o para cualquier otro equipo o instalación al que se le desee aplicar este modelo.

Ambas personas, operario y técnico, deben conocer el funcionamiento del equipo, las especificaciones y valores normales de funcionamiento. Deben conocer también como trabaja el sistema de mantenimiento y la importancia de su colaboración, tanto para el desempeño, como para la mejora de éste. Por lo tanto, deben ser capaces de detectar fallas, posibles mejoras o adaptaciones al sistema de mantenimiento, permitiendo que éste se renueve constantemente y mejore su rendimiento; los trabajadores empiezan a tomar decisiones. Ambos puestos se enriquecen para realizar tareas multifuncionales. El uso de técnicos multifuncionales se ha mostrado eficiente y puede reducir en 60% el costo de una avería o mantenimiento correctivo.<sup>5</sup>

#### **5.1.2.2 Requerimientos de herramienta y equipo individual**

El objetivo de la organización de requerimiento de herramientas y equipo, es similar al de la organización de requerimiento de repuestos, disponer de las herramientas y equipo en buen estado en el momento de realizar el trabajo de mantenimiento.

Existe una diferencia entre las herramientas y los repuestos y suministros, y es que una herramienta no es consumible de la misma manera que un repuesto, por lo que su control y administración es diferente. Al igual que los repuestos, se debe desarrollar un sistema para controlar su préstamo y para efectuar el necesario mantenimiento de estas herramientas, así como su sustitución, sí llegara a ser necesario.

Para el sistema de control y préstamo de herramientas, se recomienda recurrir a un sistema de cómputo como el que se describió en la sección 4.2.3. Lo ideal debe ser que el sistema informático de administración y control de mantenimiento que se utilizará para las tareas de mantenimiento, tenga entre sus aplicaciones o módulos uno de control de herramientas.

Como primera etapa para implementar este sistema de control de herramientas, se debe realizar un inventario o catálogo de las herramientas existentes y de solicitar la adquisición de herramientas que hagan falta o que sean necesarias para las actividades de mantenimiento. El catálogo debe clasificar las herramientas por un código, descripción, especificaciones técnicas, tipo de herramienta, número de serie, etc. Además de la base de datos sobre las herramientas existentes, debe tenerse también una base de datos con la información de los empleados y técnicos autorizados para el préstamo y posesión de herramientas.

El sistema debe permitir mantener un control total sobre las herramientas y equipos otorgados a los trabajadores y conocer donde está y quién tiene cada una de ellas.

### **5.1.2.3 Incentivos para el trabajador**

Uno de los apoyos de parte de la administración para el sistema de mantenimiento preventivo propuesto, es el factor económico además del clima laboral y cultural de la empresa. Para lograr el compromiso, la colaboración y desempeño de todo el sistema, es necesario que estén presentes varios factores para la motivación de las personas a tomar esta actitud.

La teoría de la motivación de Herzberg, sostiene que las condiciones de trabajo, políticas de la compañía, supervisión, compañeros de trabajo, el salario, prestigio formal y seguridad en el empleo, que son características del entorno laboral ajenas al puesto, que cuanto éstas son positivas, mantienen un nivel razonable de motivación laboral, aunque no necesariamente la incrementa. Herzberg también identificó factores de motivación. Como por ejemplo los retos, responsabilidades, reconocimientos, logros, avance y crecimiento.

Se ha discutido en secciones anteriores sobre las características de este sistema y del nuevo contenido del puesto, tanto del personal de producción como de manteniendo, ahora puestos con mayor autonomía en cuanto a mantenimiento se refiere. Se les ha dado más responsabilidades, nuevos conocimientos, retos y mayor significado al trabajo de mantenimiento. Lastimosamente, esto no es suficiente para generar colaboración de parte de las personas en la mayoría de los casos, si no hay un beneficio de tipo económico para los trabajadores.

Se sugiere para este caso, el uso de un sistema o plan de incentivos de tipo reparto de utilidades. En este plan de incentivos, la mayoría de los empleados recibe, además de su salario base, un porcentaje de las utilidades de la compañía. Este tipo de plan ha demostrado incrementar el sentido de compromiso de los trabajadores con la visión y misión de la organización, así como conseguir la cooperación de los mismos para la implementación de proyectos.

En este punto es donde el índice de productividad global de la máquina toma una gran importancia. Este índice se define en la sección 3.3 como un “valor numérico que representa la mejora real en la productividad del equipo relacionando el desempeño del mantenimiento al eliminar los paros menores, mantener funcionando el inyector a la velocidad de diseño, con arranques rápidos y menor producto defectuoso producido por el equipo.” Entonces, el plan de incentivos para del sistema de mantenimiento preventivo, será repartir una parte de los ahorros y utilidades extras que se logren al elevar el desempeño, eliminar los paros y el producto defectuoso, tanto por la aplicación del sistema de mantenimiento como por lo aportes para su mejora.

El plan SCANLON puede ser un modelo adecuado como base para el desarrollo de este sistema. Es un plan desarrollado en 1937 por Joseph Scanlon, funcionario del Sindicato de aceros y tiene las siguientes características básicas:

- a. **Filosofía de cooperación:** asume que los gerentes y trabajadores tienen que deshacerse de las actitudes de “nosotros” y “ellos”, que normalmente impide a los empleados desarrollar un sentido de propiedad en la compañía, sustituyéndolo por un clima en el que todos cooperan debido a que entienden que las recompensas económicas dependen de la cooperación honesta.
- b. **Identidad:** significa que la participación del empleado en la misión o propósito de la compañía, debe estar claramente establecido y los empleados deben entender la forma en que funciona el negocio, en término de clientes, precios y costos.
- c. **Capacidad:** el plan Scanlon exige un alto grado de capacidad por parte de los empleados en todos los niveles, por tanto, la aplicación exitosa del plan supone que los empleados por horas pueden realizar sus actividades de manera capaz, así como identificar e instituir mejoras, y que los supervisores tienen las habilidades de liderazgo para la administración participativa.
- d. **Sistema de participación:** éste toma la forma de dos niveles de comités, el nivel departamental y el nivel ejecutivo. Los empleados presentan sugerencias para el mejoramiento de la productividad a los comités apropiados a nivel departamental, los que posteriormente transmiten selectivamente las sugerencias valiosas al comité de nivel ejecutivo.
- e. **La fórmula de reparto de utilidades:** el plan Scanlon asume que los empleados deben compartir directamente cualquier utilidad extra que sea resultado de sus sugerencias para reducir costos. Si se aplica una sugerencia y tiene éxito, todos los empleados generalmente comparten un porcentaje de los ahorros.

El plan Scanlon ha tenido mucho éxito en términos de reducción de costos y el aumento de la sensación de participación y cooperación entre los empleados. Pero, como todo sistema, es importante que exista un firme compromiso con el plan por parte de la administración.

## CONCLUSIONES

1. Para propósitos de mayor eficiencia y productividad del proceso y menor costo, el mantenimiento que se está realizando es deficiente en varias áreas. Es necesario la existencia de un plan de mantenimiento preventivo programado y de llevar, de modo formal, registros que indiquen el comportamiento del equipo, cambios o modificaciones que se le realicen.
2. El inyector y sus accesorios en general, se ven en buen estado y han trabajado la mayoría del tiempo de forma satisfactoria para los encargados. Esto no quiere decir, que mantener el equipo en estas condiciones con un sistema de mantenimiento poco planificado, no sea costoso.
3. El sistema de mantenimiento preventivo propuesto pretende involucrar al operario del equipo en tareas sencillas de mantenimiento, concepto que algunos autores denominan mantenimiento autónomo. Son tareas de prevención de fallas como revisión, limpieza, lubricación y engrase del equipo. El mantenimiento preventivo del técnico mecánico, cubre las tareas más tecnificadas y que requieren un grado mayor de conocimiento. Estas actividades serán servicios que se regirán por horas de operación del inyector y sus accesorios.
4. Los puestos ahora contienen tareas que los involucran en la ejecución del sistema de mantenimiento, así como de su administración, control y mejora del mismo. Tienen mayor libertad de toma de decisiones en cuanto a intervenciones de mantenimiento se refiere.

5. Se cambia la idea de tareas independientes entre mantenimiento y producción a una integración y trabajo en equipo entre estas dos áreas. El operario ahora hace inspecciones y tareas simples de mantenimiento como lubricación y ajustes, mientras el técnico puede centrarse en planificar y realizar los servicios del inyector, así como de otros equipos e instalaciones de producción de la empresa.
6. Los soportes para el mantenimiento, se definieron ahora procedimientos formales para realizar los registros y hojas de vida del inyector, se han desarrollaron en formatos de fácil comprensión y uso. Con los avances de la tecnología e informática, el uso de un sistema de informático de gestión de mantenimiento es un herramienta que ayudará en gran manera a facilitar la planificación, ejecución, control y administración de tareas, repuestos y herramientas para el buen desempeño del mantenimiento preventivo.
7. Se identificaron los puntos de lubricación del inyector con simbología e instrucciones con el objetivo de facilitar la ejecución del chequeo y la instrucción y capacitación de nuevos operarios. Además, esto evita en gran manera fallas debidas equivocaciones de qué lubricante debe emplearse.
8. Los repuestos se catalogaron en dos tipos, los repuestos necesarios en bodega y los repuestos por pedido. Para tener un mejor control de inventarios, se determina la cantidad mínima y máxima de existencias de repuestos en bodega. Estos repuestos son de bajo costo, y alta frecuencia de rotación. Los repuestos por pedido son partes que son cambiadas según las horas de vida del componente. Estos son pedidos al fabricante o mandados a hacer para tenerlos en bodega justo antes de realizar la intervención en el inyector.

9. Hay muchos beneficios al utilizar un sistema de mantenimiento preventivo, entre ellos están; una mayor disponibilidad de los equipos para producción, menos desperdicios y productos de baja calidad por lo tanto menor existencia de producto en inventario, mayor duración del equipo, control real sobre costos de mantenimiento, etc. Todo esto se traduce en beneficio económico para la empresa.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar continuamente el sistema de mantenimiento y realizar los cambios necesarios para mejorar el desempeño del mantenimiento preventivo.
2. Realizar chequeos e intervenciones planificadas para evaluar el estado de las instalaciones del equipo y mantenerlas en buen estado. Mantener limpia el área que ocupa el inyector, de tierra, aceite derramado o material granulado.
3. Implementar un sistema de mantenimiento preventivo para evitar daños o pérdidas del equipo, accidentes, pérdidas de producción y altos costos de producción y mantenimiento de equipos.
4. Definir de forma adecuada el contenido de los puestos técnico mecánico y operario del equipo, de forma que éstos se alineen a los objetivos del proceso de mantenimiento preventivo. Que se definan las competencias, conocimientos, destrezas y habilidades necesarias para llevar a cabo la tarea de mantenimiento del equipo.
5. Capacitar, proveer de los conocimientos y herramientas necesarias al personal, tanto de línea como de mantenimiento, para realizar satisfactoriamente sus tareas.

6. Implementar un sistema informático para la administración, control y ejecución del mantenimiento preventivo, que sea capaz de controlar inventarios de repuestos, suministros y herramientas. De este modo se logrará una mayor eficiencia del trabajo de mantenimiento.
7. Identificar los puntos de chequeo, lubricación y ajuste del equipo con instrucciones como parte del aprendizaje del operario del inyector, y como medida para prevenir errores durante las actividades de mantenimiento.
8. Mantener en todo momento el *stock* mínimo y máximo de repuestos y suministros para el desarrollo de las actividades de mantenimiento preventivo. Tener disponibles las herramientas y partes por pedido necesarias en el momento preciso agiliza y minimiza el tiempo de intervención de los servicios del equipo.
9. Los beneficios de implementar un sistema de mantenimiento preventivo se alcanzaran únicamente con la organización, alineación total y real compromiso de todo el personal de la empresa, entendiéndose desde la dirección hasta los niveles operativos, con el mantenimiento preventivo de los activos de la compañía. Generar una cultura de trabajo en equipo y de mejora continua es necesaria para la implementación y mantenimiento del sistema.

## REFERENCIAS

1.  
Baldemar Motomochi Bermea. **Seminario “Estrategias para el mejoramiento de la productividad en las empresas procesadoras de plásticos.** (Centro de investigación en química aplicada. México. 12 de julio de 2004.) Pág. 8 a 12
  
2.  
Jezdimir Knezevic. **Mantenimiento.** (Madrid: Isdefe, 1996.) p. 168.
  
3.  
Sitios de Internet: <http://www.eaglecmms.com/> y  
<http://www.datastream.net/> otros sitios:  
<http://www.mpsoftware.com.mx/Principal.htm>
  
4.  
Jon R Katzembach. **Equipos de alta gerencia.** (Barcelona: Editorial Norma, 1998.) Pág. 15
  
5.  
Lourival Augusto Tavares. **Benchmarking de indicadores de mantenimiento y sus tendencias en la industria brasileña.**  
[http://internal.dstm.com.ar/foro/mm/LourivalVE/lourival%20bimec\\_archivos/frame.htm](http://internal.dstm.com.ar/foro/mm/LourivalVE/lourival%20bimec_archivos/frame.htm)

## BIBLIOGRAFÍA

1. Arrivallaga Ramazzini, José Francisco. Mantenimiento preventivo, reparativo y correctivo de las máquinas de coser existentes en las empresas Credexa. S.A. y MERCOS S.A. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998.
2. Chase, Richard b, et al. **Administración de producción y operaciones. Manufactura y servicios.** 8ª ed. Colombia: Editorial McGraw Hill, 2003.
3. Chue Yaxon, Baltasar Ángel. Propuesta de un programa preventivo para los equipos de servicio. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
4. Cortés Escat Maria. **Equipo de trabajo y trabajo en equipo.** <http://www.gestiopolis.com/canales/derrhh/articulos/37/equipo.htm>. 18 de enero de 2005.
5. Gerban, Víctor Manuel. **Como aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) a industrial.** s.l. s.e. s.a.
6. Hammer, Michael y James Champy. **Reingeniería.** Colombia: Editorial Norma, 1994.
7. Hellriegel, Don y Jonh Slocum. **Administración.** 7ª ed. México: Internacional Thomson Editores, 1998.
8. <http://www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp?page=17&categoria=604>, 18 de enero de 2005.
9. <http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/articulos/>, 18 de enero de 2005

10. <http://www.solomantenimiento.com/contenidos.htm>, 18 de enero de 2005.
11. **Instrucciones de servicio para el montaje y desmontaje de actuadores neumáticos de retorno por resorte con operador manual hidráulico. Modelos HDXX1-SR-M11.** Revision "A". s.l: s.e. 2002.
12. Isaza, Jorge. **El trabajo en equipo, una oportunidad de crecimiento individual.**  
<http://www.gestiopolis.com/canales/emprendedora/articulos/41/trabequi-po.htm>. 18 de enero de 2005.
13. Khadem, Riaz. **Alineación total. Como convertir la visión de la empresa en realidad.** Colombia: Editorial Norma, 2002.
14. Knezevic, Jezdimir. **Mantenimiento.** Madrid: Isdefe, 1996.
15. López, Carlos. **Introducción al aprendizaje organizacional.**  
<http://www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/no%203/aporg.htm>. 18 de enero de 2005
16. Manganelli, Raymond y Mark Klein. **Como hacer reingeniería.** Colombia: Editorial Norma, 1995.
17. **Manual de mantenimiento preventivo planificado.** 3ª ed. San Salvador: s.e, 1999.
18. **Manual de refrigeración, instalación y servicio de sistemas.** (secciones 24 a 27). Sydney, Ohio, USA: Copeland Corporation.
19. Micheo Almengor, Hugo Moisés. **Mantenimiento de un stock de repuestos según el tipo de servicio.** Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1994.

20. Morrow, L.C. **Manual de mantenimiento Industrial.** México: Cia. Editorial continental S.A. de C.V. 1998. 572pp.
21. Motomochi Bermea, Baldemar. Seminario “Estrategias para el mejoramiento de la productividad en las empresas procesadoras de plásticos.” México: Centro de investigación en química aplicada, 2004.
22. Moubray, John. **Reliability centered maintenance.** 2<sup>nd</sup> ed. New York: Industrial Press, 1997.
23. Prado, Raúl R. **Manual de gestión de mantenimiento a la medida.** Guatemala: Editorial Piedra Santa, 1996.
24. Rodríguez, Violeta Verónica. MRP II aplicado al mantenimiento productivo total. Tesis ing. Ind. Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, 2002.
25. Salinas, Oscar Javier. **Buenas relaciones en equipo base fundamental para excelentes resultados.**  
<http://www.gestiopolis.com/canales/derrhh/articulos/NO7/equipo.htm>. 18 de enero de 2005
26. Tavares, Lourival Augusto. “Criterios para seleccionar y evaluar un Software de mantenimiento” **Revista Mantenimiento.** (Chile)(26):1999.