

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Aplicación del TPM en la Máquina Inyectora
SM-1500 de una Empresa de Productos
Plásticos”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Carlos Roberto Erráez Jaramillo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2008

A G R A D E C I M I E N T O

**A todas las personas
que de uno u otro modo
colaboraron en la
realización de este
trabajo y especialmente
en el Dr. Kleber Barcia
Director de Tesis, por
su invaluable ayuda.**

DEDICATORIA

MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS TIOS



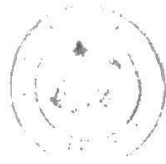
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

**Ing. Jorge Abad M.
DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE**

**Dr. Kleber Barcia V.
DIRECTOR DE TESIS**

**Ing. Juan Calvo U.
VOCAL**



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
I.V.I.C.I.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta
Tesis de Grado, me corresponden
exclusivamente; y el patrimonio intelectual
de la misma a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters and a large, sweeping flourish that extends to the right.

Carlos Erráez J

RESUMEN

El mantenimiento es el principal problema que se pretende remediar en la máquina inyectora SM-1500 de una empresa de productos plásticos perteneciente al sector industrial, la misma que se dedica a la elaboración de artículos para el hogar y artículos para la industria.

Existen muchos problemas en esta empresa que generan desperdicios de todo tipo los cuales ocasionan paradas no programadas, pérdidas de producción y desperdicios que por ende influyen en los costos; pero el problema que más tiempo improductivo genera son las faltas de programas de mantenimiento, luego le siguen las fallas eléctricas y las paradas por agarre en el molde; lo cual está relacionado con el mantenimiento preventivo; es por eso que se requiere la aplicación del TPM que a más de ser una filosofía es también una herramienta de Producción Esbelta, en donde se plantea como objetivo el mejorar la eficiencia de la máquina inyectora SM-1500 de dicha empresa productora de plásticos, mediante la aplicación del mantenimiento productivo total.

Primeramente hay que tener claro el proceso de inyección, el cual empieza cuando el material se entrega para que se mezcle con los pigmentos, siguiendo una fórmula, luego el material se vacía en las tolvas de las máquinas y empieza un proceso de plastificación dentro de la misma, la

máquina alimenta, inyecta el artículo y por último lo enfría con ayuda del molde, cumpliendo así el tiempo de ciclo de inyección; se saca el artículo, y se elimina el exceso de rebaba del mismo. Luego el artículo es etiquetado y apilado de forma adecuada y trasladado a la Bodega de Producto terminado en donde espera a ser vendido.

La máquina antes de la aplicación del TPM está en un estado de partida o inicial en donde los operarios son los encargados de describir dicho estado mediante calificaciones al equipo sobre ciertos parámetros como la parte general de la máquina, la parte eléctrica, la parte de lubricación, el lugar de trabajo y la parte del control en general, concluyendo que la máquina presenta condiciones normales de trabajo, pero si está lo suficientemente contaminado como para que genere daños a la máquina y al puesto de trabajo. Luego se analizan las paradas de la máquina determinando que la más representativa es por causa de fallas; con todos los datos sobre dichas paradas se determina la eficiencia o el OEE del equipo encontrándose en tipo regular, por estar entre 65% y 75% esto significa que existen pérdidas económicas y baja competitividad; pero por estar empezando un camino a la mejora, se la puede considerar como aceptable.

Una vez determinado las causas de las pérdidas, entonces se procede a contrarrestarlas, siguiendo un procedimiento que encierra la herramienta de producción esbelta 5S; de esta forma la máquina no presentará fuentes de

contaminación y estará lista para la puesta a punto o mejora de la vida del equipo; en donde primeramente se analiza el historial del equipo, y luego se establecen correcciones y mejoras.

Una vez a punto el equipo, se procede a realizar un plan de mantenimiento preventivo incluyendo también los moldes, ya que el mayor número de fallas se debe a causa de estos. El mantenimiento de la máquina consta de dos partes, el plan con los lugares a inspeccionar y el plan con las contramedidas; asimismo se realiza un plan para los equipos auxiliares importantes y para los equipos de medición y seguimiento. Es muy importante tener un plan de stock de repuestos con todos los proveedores de éstos para que de este modo satisfaga la demanda de todo tipo de mantenimiento que se aplique. El último plan que se aplica es el de mantenimiento predictivo, el cual va a detectar las fallas antes de que sucedan. Todos los planes de mantenimiento se plasman en un cronograma anual de mantenimiento preventivo y predictivo.

Por último se procede a analizar los costos y los beneficios de dicha aplicación del TPM, determinando así la factibilidad. En dicho trabajo se ha planteado el disminuir el número de paradas no planificadas y por ende el tiempo perdido en un 50% dentro de 1 año, en donde proyectándolo se obtiene que los costos se pueden cubrir en un mes luego de aplicar el mantenimiento productivo total.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	IV
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
 CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2. OBJETIVOS:	8
1.3. METODOLOGÍA	9
1.4. ESTRUCTURA DE LA TESIS	15

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. DIAGRAMAS DE FLUJO	17
2.2. 5S	21
2.3. FABRICA VISUAL	25
2.4. CÁLCULO DEL OEE	28
2.5. LECCIÓN DE UN PUNTO	31
2.6. CHECK LIST	34
2.7. ANÁLISIS HISTÓRICO DE FALLAS	35

CAPÍTULO 3

3. ANALISIS DE LA MÁQUINA INYECTORA.....	38
3.1. DESCRICION DEL PROCESO DE INYECCION	38
3.2. IDENTICACION DE ACTIVIDADES.....	39
3.3. IDENTIFICACIÓN DE CONDICIONES INICIALES.....	45

CAPÍTULO 4

4. MEJORAMIENTO DE LA MÁQUINA INYECTORA.....	83
4.1. ANÁLISIS DE FALLAS.....	83
4.2. CORRECCION DE FALLAS.....	84

CAPÍTULO 5

5. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	109
5.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	109
5.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE STOCK DE REPUESTOS ...	125
5.3. IMPLEMENTACION DEL MATENIMIENTO PREDICTIVO	132

CAPÍTULO 6

6. RESULTADOS	137
6.1. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	137
6.2. RESULTADOS.....	146

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
7.1. CONCLUSIONES.....	148
7.2. RECOMENDACIONES	150

APÉNDICES**BIBLIOGRAFÍA**

ABREVIATURAS

cm	Centímetros
mm	Milímetros
m	Metros
g	Gramos
TN	Toneladas
h	Horas
min.	Minutos
seg.	Segundos
Kg/cm ²	Kilogramos por Centímetro Cúbico
Kgf/cm ²	Kilogramos Fuerza por Centímetros Cuadrados
CT	Cycle Time o Tiempo de Ciclo
$\overline{CT}$	Tiempo de Ciclo promedio
TO	Tiempo de Operación
TPO	Tiempo Planeado de Producción
T.P.	Tiempo Productivo
Ti	Tiempo Improductivo
Tp	Tiempo Perdido
Nf	Número de Paradas
M.P.	Mantenimiento Preventivo
M.E.	Mantenimiento Externo
OP	Operario
Unids	Unidades
P.V.P.	Precio de Venta al Público

SIMBOLOGÍA

° C	Grados Centígrados
A	Amperios
V	Voltios
\$	Dólares

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Pareto de Tiempo Improductivo por Paradas de Máquina	6
Figura 1.2. Metodología de la Tesis	9
Figura 2.1. Diagrama de Flujo de Proceso	20
Figura 2.2. Proceso a Implantar y Mejoras Obtenidas	24
Figura 2.3. Números Secuenciales para Lectura de Indicadores.....	27
Figura 2.4. Puntos de Inspección para Lectura de Amperaje y Horó- Metro.....	27
Figura 2.5. Tarjetas Señalando con Claridad el Problema y los Requerimientos de Mantenimiento	28
Figura 3.1. Máquina Inyectora	41
Figura 3.2. Diagrama de Operaciones de Proceso de Inyección.....	44
Figura 3.3. Parte Eléctrica con Puentes	48
Figura 3.4. Correcciones Momentáneas	49
Figura 3.5. Operario Sacando Artículo	57
Figura 3.6. Plataforma y Mesa de Trabajo	58
Figura 3.7. OEE y Mayores Pérdidas	68
Figura 3.8. Diagrama de Pareto de las Causas de las Pérdidas en Fallas	69
Figura 3.9. Grasas Saturadas.....	71
Figura 3.10. Conexiones Hidráulicas de Molde.....	72
Figura 3.11. Banda Transportadora	73
Figura 3.12. Succionador de Materia Prima	74
Figura 3.13. Túnel de Calefacción.....	75
Figura 3.14. Parte Interna con Puerta Abierta.....	77
Figura 3.15. Manómetros de Presión	81
Figura 4.1. Diagrama de Pareto de las Causas de las Perdidas en Fallas	84
Figura 4.2. Botella Oleo Hidráulica del Molde	86
Figura 4.3. Molde con Daños por Agarre	87
Figura 4.4. Expulsores de Molde.....	89
Figura 4.5. Mancha de Molde por Agua	91
Figura 4.6. Apilación de Sacos sin Recubrimiento.....	93
Figura 4.7. Boquilla Tapada.....	94
Figura 4.8. Resistencias de la Boquilla con Material.....	95
Figura 4.9. Resistencia de Molde Dañada	97
Figura 4.10. Placa O Disco Ajustador al Anillo de Centro	102
Figura 4.11. Boquilla Estándar tipo Directa	103

Figura 5.1.	Diagrama de Mantenimiento al Montar y Desmontar	
	Moldes	114
Figura 5.2.	Lugares a Lubricar.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Problemas que Causan Tiempo Improductivo	5
Tabla 2	Maquina Inyectora y sus Especificaciones.....	46
Tabla 3	Mediciones Básicas TPM	52
Tabla 4	Pérdida de Producción y Tiempo por Tiempo de Ciclo Alto ..	62
Tabla 5	Pérdida de Producción y Tiempo por Defectos en los Artículos.....	64
Tabla 6	Tiempo Perdido por Causas y por Tipo.....	65
Tabla 7	Pérdidas en los Equipos OEE	66
Tabla 8	OEE y Pérdidas en Tiempo y Porcentaje.....	68
Tabla 9	Resumen Explicativo de Fallas y Soluciones.....	106
Tabla 10	Datos Importantes de la Lubricación.....	121
Tabla 11	Control de Equipos de Medición.....	123
Tabla 12	Stock de Repuestos.....	128
Tabla 13	Principales Proveedores.....	131
Tabla 14	Tiempos de Ciclos	138
Tabla 15	Valores de Mano de Obra	141
Tabla 16	Factores que Intervienen en Costos de Mantenimiento	142
Tabla 17	Costos de Mantenimiento Predictivo	143
Tabla 18	Costos de Totales.....	144
Tabla 19	Beneficio Total Anual Esperado	146

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de la “Aplicación del TPM en la Máquina Inyectora SM-1500 de una Empresa de Productos Plásticos”, con el fin de reducir y tratar de eliminar las paradas forzadas y no programadas en la máquina y de este modo quede como ejemplo para que se aplique dicha filosofía a todas las máquinas que son similares y por ende a toda la empresa de plásticos.

Se conoce por estudios en dicha empresa que la mejor técnica para reducir costos de producción y maximizar la productividad esperada y por ende la rentabilidad es el mantenimiento productivo total o TPM, la cual ha dado buenos resultados en todas las empresas que se ha aplicado en todo el mundo, logrando así que sean empresas de clase mundial.

Esta tesis tiene como objetivo general el mejorar la eficiencia de la máquina inyectora SM-1500 de dicha empresa productora de plásticos, mediante la aplicación del mantenimiento productivo total o conocido como TPM, para lo cual se seguirá una metodología específica como la identificación de actividades del proceso de inyección y de sus condiciones iniciales, la puesta a punto del equipo, la implementación del plan de mantenimiento, un plan de repuestos y un plan de mantenimiento predictivo, y por último un análisis costo-beneficio, el cual nos dará los resultados y si es o no factible aplicar dicha filosofía.

Dentro de la metodología existen ciertos procedimientos que es necesario que se los siga, pues los mismos están concatenados unos de otros, y por lo tanto no se puede prescindir de éstos.

La aplicación del TPM generará un cambio positivo no solo en la máquina y en su proceso, si no también en la mentalidad y en la cultura organizacional de todos los trabajadores, los cuales harán las cosas por el bien de la empresa como si esta fuese de ellos. Esto es realmente valioso ya que el personal es lo más importante que tiene una empresa para su mejoramiento y crecimiento.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA- JUSTIFICACIÓN

Es evidente notar que en todo tipo de industrias el mantenimiento de sus máquinas es algo indispensable para su correcto funcionamiento, pero en muchas empresas utilizan solo el mantenimiento correctivo, y no el preventivo, y mucho menos el predictivo, es por eso que en muchas empresas el departamento de mantenimiento nunca para de trabajar por lo que siempre se presentan nuevas fallas imprevistas que hay que corregirlas. El Departamento de Mantenimiento debería ser el encargado de la organización, mejora, ejecución y control del mantenimiento preventivo, y el operador con su mantenimiento autónomo debería de encargarse de la mayor parte de trabajos que implica el mantenimiento Preventivo. Esto unido con un involucramiento de toda la empresa e íntimamente relacionados con la calidad, es lo que pretende hacer la filosofía del TPM¹.

¹ Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los EE.UU. El TPM se orienta a maximizar la eficacia del equipo estableciendo un sistema de mantenimiento productivo de alcance amplio que cubre la vida entera del equipo, involucrando todas las áreas relacionadas con el equipo, con la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión de la motivación, o actividades de pequeños grupos voluntarios.

De esta manera se eliminarán pérdidas, se reducirá paradas, se garantizará la calidad y se disminuirán los costos en las empresas, logrando así los cero accidentes, defectos y averías, que todas las empresas desean lograr.

Con la presente tesis se pretende solucionar ciertos tipos de problemas que existen en el mantenimiento de la máquina inyectora SM-1500 de una empresa de productos plásticos perteneciente al sector industrial, la misma que se dedica a la elaboración de artículos para el hogar y artículos para la industria.

Existen algunos problemas en esta empresa que generan desperdicios de todo tipo; para lo cual ya se han realizado estudios que determinan cuales son los problemas más influyentes, que ocasionan las paradas no programadas, pérdidas de producción, desperdicios que por ende influyen en los costos; estos problemas son los siguientes:

- Fallas en el Artículo debido a agarres en el molde.
- Falta de programas de mantenimiento.
- Mala programación de producción.
- Reciclado con fallas que producen artículos no conformes.
- Fallas eléctricas.
- Desperdicio de Materia Prima.

Según datos obtenidos del departamento de producción nos muestran las siguientes horas improductivas de dichos problemas ocasionando paradas no programadas de las máquinas, y por ende pérdida en la producción:

TABLA 1
PROBLEMAS QUE CAUSAN TIEMPO IMPRODUCTIVO

PROBLEMAS	TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PARADAS NO PROGRAMADAS (HORAS)
<i>Paradas por Agarre de Molde</i>	<i>6,5 h</i>
<i>Faltas de programas de mantenimiento</i>	<i>7,75 h</i>
<i>Mala Programación de Producción</i>	<i>1,25 h</i>
<i>Reciclado con fallas</i>	<i>0,7 h</i>
<i>Fallas Eléctricas</i>	<i>6,75 h</i>

Luego de revisar los datos de la tabla 1, se realiza un diagrama de Pareto (figura 1.1) en donde nos muestra que el problema que más tiempo improductivo genera son las Faltas de Programas de Mantenimiento, luego le siguen las Fallas Eléctricas y las Paradas por Agarre en el molde, como se puede dar cuenta las Fallas Eléctricas también están involucradas con el Mantenimiento y asimismo las paradas de agarre de Molde están relacionadas con el mantenimiento preventivo de los moldes de acero para cada producto.

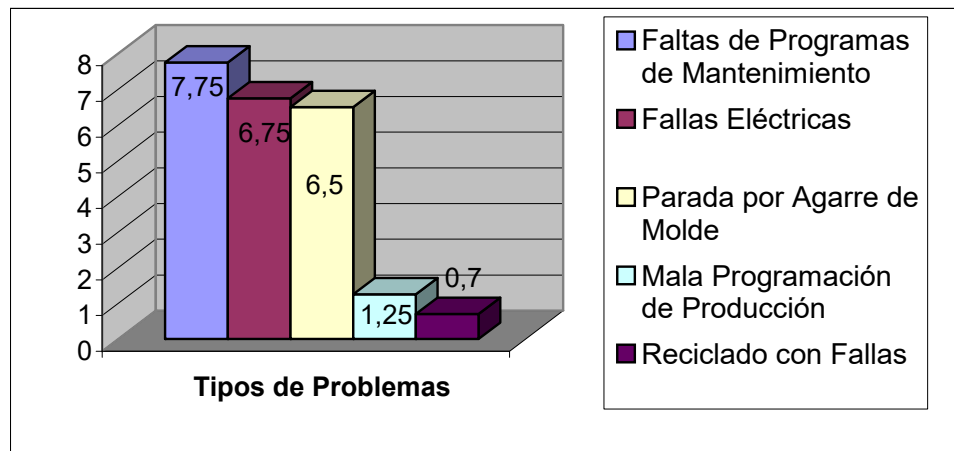


FIGURA 1.1. PARETO DE TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PARADAS DE MÁQUINA

(Fuente: Departamento de Producción de la empresa plástica)

JUSTIFICACIÓN

La Falta de Mantenimiento Preventivo es la que genera mayores problemas en toda la producción, la cual hace que existan daños repentinos y por ende que exista un mantenimiento correctivo, lo cual es negativo generando así pérdidas de tiempo, además puede ser que un simple reajuste de un tornillo flojo genere daños más graves, y de ésta manera dañar sistemas y partes más complejos y costosos, o quizás un descuido en la lubricación y la limpieza, podrían generar pastas abrasivas que dificultarían el movimiento y desgastaría partes importantes de la máquina inyectora.

En lo que involucra a las máquinas inyectoras los problemas más comunes son los de daños en los retenedores de aceite que generan la fuga excesiva del fluido y por ende la caída de presión en la máquina.

Asimismo, la falta de mantenimiento de los moldes también genera un problema grave pues existen ocasiones que se monta el molde a la máquina inyectora sin haberlo revisado previamente, generando así fallas en los artículos o en el peor de los casos fallas en la máquina, entre los problemas más comunes que se dan en el molde son el taponamiento de las cañerías de refrigeración, acumulación de óxidos.

Todo este tipo de fallas que se dan involucran un costo en lo que respecta al Costo de hora máquina, en donde están implícitos rubros como depreciaciones, reparaciones de maquinarias y equipos, combustibles, agua, luz, y costos indirectos de fabricación, los cuales a veces de forma diaria son despreciables, pero anualmente representan miles de dólares, que se podrían evitar con un correcto mantenimiento preventivo.

Por todo esto se quiere realizar y proponer un mantenimiento preventivo, con fundamentos en el TPM, de la máquina inyectora SM-1500, ya que es una de las máquinas que más produce, y además es

la más nueva, por lo tanto es importante que se trate de dar mantenimiento para así alargar la vida útil del equipo.

1.2 OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

Proponer una mejora en la máquina inyectora SM-1500 de una empresa productora de plásticos, mediante la aplicación del mantenimiento productivo total.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

Identificar claramente las actividades del proceso de inyección.

Identificar cuáles son las condiciones iniciales de la máquina inyectora.

Poner a punto la máquina inyectora.

Implementar un plan de mantenimiento.

Implementar un plan de stock de repuestos y mantenimiento predictivo.

Analizar el costo y el beneficio de la aplicación del TPM.

1.3 METODOLOGÍA

La metodología de toda la tesis se la describe en la figura 1.2; y a continuación de la misma se explica en forma breve de que se trata.



FIGURA 1.2. METODOLOGÍA DE LA TESIS

Identificación de Actividades del Proceso de Inyección

Para iniciar un Mantenimiento Planificado con bases en el TPM, es necesario primeramente identificar y analizar qué actividades sigue el proceso de Inyección de productos plásticos, para de esta manera saber de manera macro que no más interviene en este proceso, a parte de la máquina, en donde el factor humano juega un papel muy importante pues este es el encargado de controlar y ejecutar de manera correcta el proceso.

Identificación de las Condiciones Iniciales del Equipo

Una vez que se identifican las actividades del proceso de inyección, es necesario adentrarse más en el equipo o máquina inyectora para de esta manera identificar cuáles son las condiciones iniciales o actuales de la máquina y determinar así parámetros de medición y control del mantenimiento, aquí es importante hacer conciencia en todo el personal de lo importante que es el mantenimiento de las máquinas, como además de hacer conocer de lo que implica la filosofía del TPM, y que todos tienen que aportar para que se obtengan los objetivos deseados; para esto es importante que se formen grupos de trabajo y con ayuda de éstos mejorar la máquina.

Con la identificación de las condiciones actuales del equipo se pretende lo siguiente:

1. Establecer condiciones básicas para la limpieza, lubricación e inspección; de las máquinas inyectoras ya que éstas poseen partes importantes que necesitan de una buena lubricación.
2. Identificar necesidades de seguridad a través de la limpieza e inspección; con una buena limpieza de las máquinas inyectoras puede existir una fácil inspección.
3. Identificar anomalías y proponer condiciones nuevas; las personas que están todo el día en contacto con el equipo son los operarios, y estos son quienes se dan cuenta de las anomalías que suceden.
4. Entender y simplificar condiciones de operación., de esa manera se podría tratar de simplificar las condiciones de operación, para así tratar de optimizar la operación en sí de las máquinas.
5. Recoger información para el cálculo del OEE y priorizar mejoras.
6. Eliminar ambientes que causen deterioro acelerado (controlar las fuentes de contaminación) procediendo a controlar las fuentes de contaminación, esto como previo a la puesta a punto del Equipo

7. Establecer inspecciones diarias y estándares de limpieza y lubricación.

8. Iniciar e implementar control visual intensivo.

Puesta a Punto del Equipo

Con la puesta a punto del Equipo, se pretende mejorar la vida del equipo, para lo cual se va a seguir cierto procedimiento:

1. Evaluar los equipos para seleccionar el MP, de esta manera verificar y tratar de mejorar, para esto se tienen que realizar otras actividades que mejorarán el mantenimiento preventivo como estandarizar los equipos, partes y herramientas, mantener las condiciones óptimas, analizar la historia del equipo y analizar los records de reparación.

2. Prevenir la repetición de fallas mayores, analizando con un diagrama de Pareto cuál es la causa que genera el mayor número de problemas.

3. Corregir las debilidades de diseño de los equipos, aquí se puede mejorar o arreglar ciertos detalles de fábrica del equipo en beneficio del proceso.

4. Actualizar destrezas en ajustes y cambios rápidos., mejorando de esta manera movimientos, herramientas o el manejo adecuado éstas.

5. Eliminar las seis mayores pérdidas que son fallas de Equipos, tiempo de cambio y ajustes, ocio y pequeñas paradas, reducción de velocidad, arranques, y defectos y reproceso.

Implementación del Plan de Mantenimiento

Con ésta implementación se desea planear y mantener las condiciones del equipo. Para establecer un efectivo sistema de mantenimiento preventivo se van a seguir los siguientes pasos:

1. Coleccionar los datos del equipo como el tipo y el código del equipo, la procedencia y manufactura, la información de la placa, la ubicación, las partes y repuestos importantes, y manuales y planos

2. Desarrollar una lista de verificación; esta lista es la que llevará el control de las actividades a realizar mientras el equipo está trabajan y aquellas que se realizan solo cuando el equipo está parado

3. Desarrollar estrategias de mantenimiento combinando mantenimientos diarios, semanales y mensuales, de tal modo que se reduzca el tiempo o atrasos en la producción.

4. Llevar el historial del mantenimiento, que implica el control de ordenes de trabajo, control de cuarto de repuestos, control de mantenimientos, control de reportes, y control de activos.

5. Generar un sistema de reporte, el cual ayudará a controlar y retroalimentar el Planeamiento, este reporte puede contener quejas, recomendaciones de MP, ejecuciones de MP, tendencias de paro de equipos, tiempo entre fallas MTBF (Mean time between failure).

Implementación de un plan de stock de repuestos y Mantenimiento Predictivo

De acuerdo a la tabla de repuestos críticos se realizará un plan del stock de repuestos y las fechas para los cuales está planificado el cambio y reemplazo de las piezas.

Para este tipo de mantenimiento lo que se quiere es predecir la vida del equipo, mediante una construcción de un sistema de mantenimiento predictivo, o sea introducir equipos y técnicas que ayuden a esto, y así ejecutar análisis de fallas y tratar de extender la vida del equipo.

La evaluación de las herramientas predictivas constará de:

- Objetivo

- Inversión (dólares, tiempo, esfuerzo)
- Necesidad (herramienta correcta para una específica actividad)
- Servicios de terceros

Análisis Costo-Beneficio

En el análisis Costo-Beneficio, se va a determinar todos los costos que implican la implementación del mantenimiento productivo total en la máquina inyectora SM-1500; y asimismo se va a cuantificar los beneficios que se obtiene proyectados con el tiempo, y con esto determinar cuándo se obtendrán éstos beneficios y así determinar la factibilidad de este mantenimiento preventivo.

1.4 ESTRUCTURA DE LA TESIS

El capítulo 1 comprende las Generalidades de la Tesis, todo lo que tiene que ver con el planteamiento del problema y su justificación, los objetivos que se buscan y la metodología que se va a seguir para tratar de resolver el problema.

En el capítulo 2 se va a dar bases teóricas a la tesis, cualquier duda en cuanto a conceptos generales, es necesario que se recurra a este marco teórico.

En el capítulo 3 se analiza a la Máquina Inyectora SM-1500, desde el proceso de inyección, identificación de las actividades, hasta obtener las condiciones iniciales del equipo.

En el capítulo 4 se va a tratar de mejorar la máquina inyectora, con lo que se llama la puesta a punto, analizando las fallas y luego corrigiéndolas.

En el capítulo 5 se implementa el Plan de Mantenimiento Preventivo, el plan de stock de repuestos y se propone un tipo de mantenimiento predictivo.

En el capítulo 6 se analizan los resultados de esta propuesta de implementación del Mantenimiento Preventivo mediante los Costos de implementación, versus los Beneficios que tiene el Mantenimiento Preventivo.

En el capítulo 7 se dan las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

Los diagramas de flujo son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. Se utiliza principalmente en programación, economía y procesos industriales; estos diagramas utilizan una serie de símbolos con significados especiales que permiten describir la secuencia de los distintos pasos y su interacción [1].

Existen algunos tipos de diagramas de flujo, los que se utilizan mayormente para representar de forma gráfica los procesos industriales y principalmente un problema. Estos son: diagrama de flujo de operaciones, diagrama de flujo de procesos, diagrama PERT y diagrama de recorrido. De acuerdo al tipo de proceso se pueden utilizar otros diagramas pero en esencia poseen los mismos conceptos, las mismas figuras representativas, aunque en algunos se utilizan menos símbolos; pero en sí describen de forma clara la parte del proceso, asimismo hay variaciones en donde depende de que es lo que se quiera representar, se le puede dar seguimiento a un producto o a las operaciones que realiza el operador, en algunos

diagramas expresa claramente el tiempo y distancias, en otros los materiales que se agregan o se unen al proceso, etc.; todo depende de que se requiera representar, y de acuerdo a esto se utiliza el tipo de diagrama y sus variaciones. Todos estos diagramas de flujo poseen ciertas características, como por ejemplo, los símbolos utilizados siempre representan lo mismo, un círculo la operación, un cuadrado la inspección, una flecha indica transporte, que se define como el movimiento de un lugar a otro, o traslado, de un objeto, cuando no forma parte del curso normal de una operación o una inspección, un símbolo como la letra D mayúscula indica demora o retraso, el cual ocurre cuando no se permite a una pieza ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo, o cualquier razón que implique demora, y un triángulo equilátero puesto sobre su vértice indica almacenamiento, o sea, cuando una pieza se retira y protege contra un traslado no autorizado. En los diagramas de flujo de proceso existe un gráfico que indica una operación y una demora al mismo tiempo representado mediante un círculo inscrito en el cuadrado.

Los diagramas de flujo tienen muchas ventajas, entre ellas detallamos las siguientes [1], [2]:

- Proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso.
- Mejoran la distribución de los locales y el manejo de los materiales.
- Utilizandolos podemos comparar métodos, eliminar tiempos improductivos y escoger operaciones para su estudio detallado.
- La comprensión del proceso es mucho más sencilla a través de un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos, además un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos redundantes, los flujos de los reprocesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.
- Muestran las interfases cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas.
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

- Contribuyen a resolver uno de los principales problemas, que es la resistencia del personal a emplear los documentos como referentes para el desempeño de las tareas.

Aunque también poseen ciertas desventajas como [1]:

- La simbología utilizada para la elaboración de diagramas de flujo no es variable y debe ajustarse a un patrón definido previamente.
- Es conveniente emplear programas específicos para la confección de los diagramas de flujo.
- A medida que crece la complejidad de los procesos, también crece el detalle con el que hay que dibujarlas.

Se cita un ejemplo de un Diagrama de flujo de proceso sencillo con los pasos a seguir para cambiar un foco.

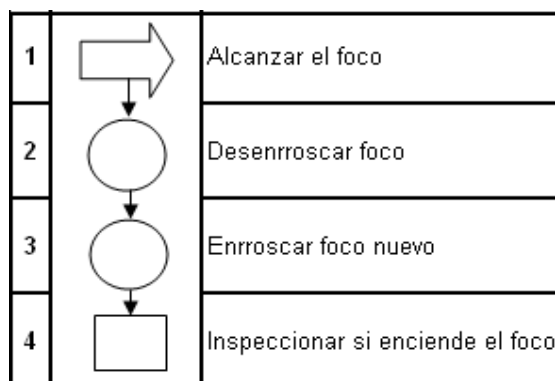


FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

2.2 5S

Es una técnica de gestión basada en cinco principios simples, este método de las 5 « S », se denomina así por la primera letra (en japonés) de cada una de sus cinco etapas, que son [3], [4]:

Seiri que significa Organización, es la primera etapa y trata de eliminar del lugar de trabajo todo aquello que esté fuera de su lugar, que no esté en su sitio o no sea necesario.

Seiton u Orden, esta consiste en ordenar las diferentes herramientas y materiales para el trabajo. Se pueden usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, como dice el seiton “*Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar*”. En esta etapa se pretende organizar el espacio de trabajo con objeto de evitar tanto las pérdidas de tiempo como de energía.

Seiso o Limpieza; luego de que el espacio de trabajo está despejado o como se diría en japonés *Seiri* y ordenado *Seiton*, es mucho más fácil limpiarlo. El incumplimiento de la limpieza puede tener muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el malfuncionamiento de la maquinaria.

Seiketsu o Limpieza estandarizada o sea es necesario que el sistema de las 5S se aplique puntualmente. *Seiketsu* recuerda que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Para lograrlo es importante crear estándares, o sea que siempre se los haga de la misma forma, creando consistencia en el mismo.

Shitsuke o Disciplina; esta etapa es una de las más importantes, ya que si se aplica sin el rigor necesario, éste pierde toda su eficacia. Es una etapa de control riguroso de la aplicación del sistema de las 5S, los que impulsan esta etapa tienen que realizar de manera adecuada una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema, llevando control mediante los denominados “check list”. El apoyo del personal implicado es importante, además que se realice un trabajo en equipo, con bases en el compañerismo, buen trato y lo principal las ganas de cambiar y mejorar su puesto de trabajo y a la empresa.

Las 5S poseen características importantes que hacen que mejore en gran magnitud el puesto o sitio de trabajo, por ejemplo elimina del espacio de trabajo todo lo que sea inútil, organiza el espacio de trabajo de forma eficaz, mejora el nivel de limpieza de los lugares, previene la aparición de la suciedad y el desorden, fomenta los esfuerzos en este sentido y existe un control visual.

Al realizar y aplicar de forma debida esta herramienta, posee ciertas ventajas como mejorar las condiciones de trabajo y la moral del personal ya que obviamente es mucho más agradable trabajar en un sitio limpio y ordenado, además [5]:

- Reduce los gastos de tiempo y energía.
- Reduce los riesgos de accidentes.
- Mejora la calidad de la producción.
- Da seguridad al realizar un Trabajo.
- Con una buena implementación cambia el pensamiento del personal, comprometiéndose en su trabajo y creando en ellos empatía por el mismo.
- Se obtiene una mejor imagen para nuestros clientes.

La principal desventaja es el gran esfuerzo en tratar de convencer a los dueños de la empresa a que esto realmente traerá consecuencias buenas, pero que tienen que invertir para lograrlo.

La resistencia al cambio por parte de los trabajadores es una gran desventaja porque se cree que se les está asignado un trabajo extra, pero realmente se requiere de un trabajo en equipo.

El siguiente es un ejemplo del procedimiento de la implantación de las 5S en algunas empresas españolas mostrando los beneficios de la misma.

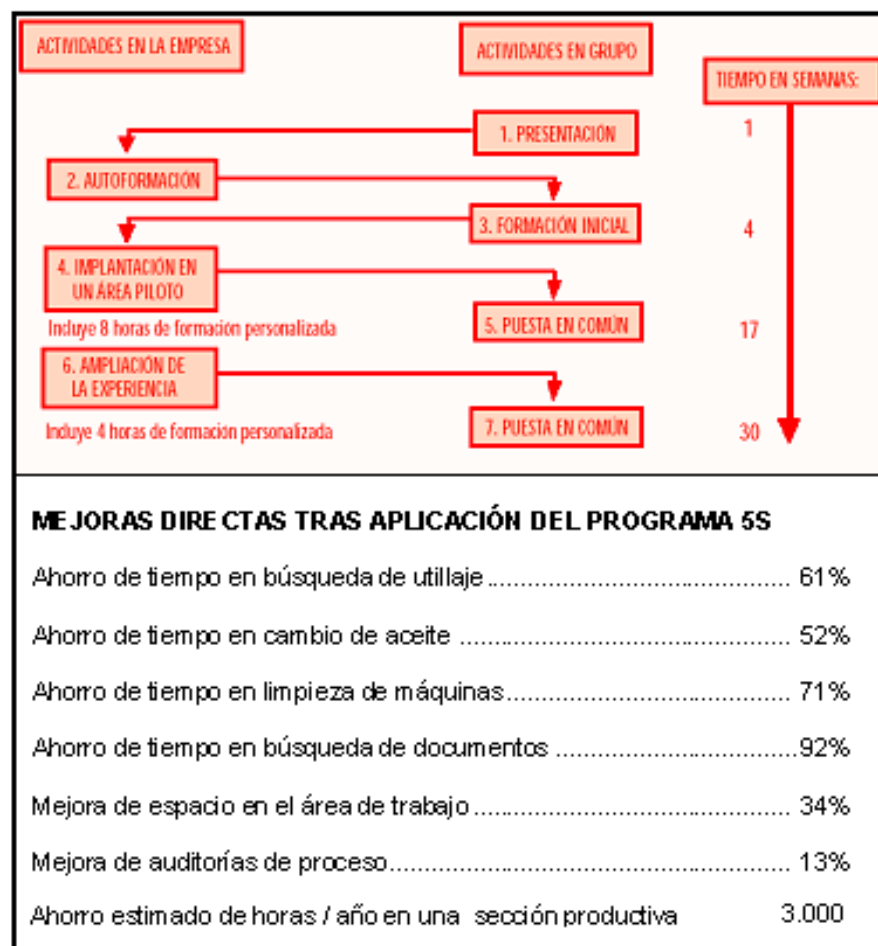


FIGURA 2.2. PROCESO A IMPLANTAR Y MEJORAS OBTENIDAS

2.3 FABRICA VISUAL

La Fábrica Visual como su nombre mismo lo dice es un sistema que incluye mecanismos de comunicación visual, utilizados en las industrias para facilitar el trabajo del personal operativo, este sistema se centra en la organización, orden en el área de trabajo con el fin de eliminar desperdicios y errores, y asimismo con sus señalamientos visuales aplicados al equipo lo hacen más fácil de operar, mantener e inspeccionar. Además mejoran la seguridad de sus acciones y garantizan la obtención de los mejores resultados.

Como característica principal se fundamenta en la señalización, en todo aquello que se ve y que genera cierto interés hacia quien lo ve, y con el paso del tiempo estas señalizaciones se van volviendo parte del puesto del trabajo, y si se las quitara, el operador ya sabría lo que tiene que hacer, porque ya ha creado cierto aprendizaje en el operador.

La fábrica visual posee muchas ventajas como por ejemplo [6]:

- Facilita y reduce el entrenamiento para los operadores de los equipos entre 60 % a 70%, además de eliminar los errores de operación.

- Mejora la efectividad del equipo ya que la información del equipo está al alcance y se puede obtener la manera más fácil de operar, mantener e inspeccionar.
- No necesita de mucha inversión, lo principal es conocer a cerca del equipo, la estación de trabajo y en que ayudarían las señalizaciones visuales a mejorar el trabajo.

Una desventaja es que para realizar estas señalizaciones es necesario marcar el equipo, de manera casi permanente, por lo que si existiese algún cambio en el equipo tanto de posición , nueva calibración, etc. entonces habría que quitar la señalización, para esto hay que crear señalizaciones con un método flexible para que se ajuste a un futuro cambio.

Algo importante es la limpieza del equipo pues si no está suficientemente limpio, se podría perder de vista las señalizaciones y perder su uso y con el tiempo éstas señalizaciones podrían borrarse.

Muchas empresas han implantado este sistema tipo visual para tratar de mejorar, crear consistencia y reducir los errores y equivocaciones; se pueden utilizar estos sistemas de muchas maneras, por ejemplo: delimitando la zona de la máquina, por donde hay que moverse, se puede usar en tapas de graseras con códigos de colores indicando tipo de grasa y frecuencia, también se puede aplicar etiquetas

sensitivas de temperatura en puntos críticos de las máquinas lo que permite el monitoreo visual 24 horas al día de componentes hidráulicos, eléctricos, rodamientos, motores, etc. marcar los rangos apropiados en indicadores de temperatura, presión, flujo y velocidad.



FIGURA 2.3. NÚMEROS SECUENCIALES PARA LECTURA DE INDICADORES



FIGURA 2.4. PUNTOS DE INSPECCIÓN PARA LECTURA DE AMPERAJE Y HORÓMETRO



FIGURA 2.5. TARJETAS SEÑALANDO CON CLARIDAD EL PROBLEMA Y LOS REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

2.4 CÁLCULO DEL OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

El OEE por sus siglas en ingles Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos es un ratio porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de las máquinas en las industrias. Este indicador se cree que fue creado por Toyota, aunque no se sabe ciertamente. Actualmente se ha convertido en un estándar internacional reconocido por las principales industrias alrededor del mundo [7].

El OEE contiene los parámetros fundamentales que son *Disponibilidad*, *Rendimiento* y *Calidad* ya que del análisis de estos tres ratios es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad esto quiere decir que no se produjo durante todo el tiempo que se podría haber producido, eficiencia, que no se produjo a

la velocidad que se podría haber producido y calidad, que no se produjo con la calidad que se podría haber producido.

El OEE considera 6 grandes pérdidas [7]:

- 1.- Paradas/Averías
- 2.- Configuración y Ajustes
- 3.- Pequeñas Paradas
- 4.- Reducción de velocidad
- 5.- Rechazos por Puesta en Marcha
- 6.- Rechazos de Producción.

El OEE es el mejor indicador para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación, también muestra las pérdidas y cuellos de botella del proceso y relaciona la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de la planta, ya que justifica cualquier decisión sobre nuevas inversiones.

Este ratio permite estimar en una planificación anual las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc.

El OEE mide en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial que son la disponibilidad, la eficiencia y la calidad

Una desventaja de este ratio es que hay que crear consistencia en el calculo del mismo, y hay que tomar medidas de manera rápida, para que queden solo como valores o indicadores.

Por ejemplo, tener un OEE del 40%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber producido, sólo ha producido 40 piezas.

Un OEE menor a 65 % es Inaceptable, se producen importantes pérdidas económicas, existe muy baja competitividad.

El OEE que es mayor a 65% y menor a 75 % es regular; se lo podría considerar aceptable sólo si se está en proceso de mejora, existen pérdidas económicas y baja competitividad.

Un OEE que es mayor a 75% y menor a 85 % es aceptable; se debe continuar con la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class, existen ligeras pérdidas económicas y competitividad ligeramente baja.

Un OEE mayor a 85% y menor a 95 % es Buena; entra en Valores World Class, posee buena competitividad.

Por último un OEE mayor al 95 % es de Excelencia; valores World Class y excelente competitividad.

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad [7].$$

$$Disponibilidad = (TO / TPO) \times 100$$

TPO= Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO= TPO - Paradas y/o Averías

$$Rendimiento = \text{Tiempo de Ciclo Ideal} / (\text{Tiempo de Operación} / \text{N}^\circ \text{ Total Unidades})$$

La Eficiencia es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

$$Calidad = Q = \text{N}^\circ \text{ de unidades Conformes} / \text{N}^\circ \text{ unidades Totales.}$$

2.5 LECCIÓN DE UN PUNTO

La lección de un punto (LUP) es una herramienta que permite transmitir conocimientos y habilidades sobre el equipo, así como también los casos de problemas y casos de mejoras. Esta lección

permite aprender más de los equipos, a buscar formas más sencillas y de menor tiempo y costo para realizar las tareas de inspección, lubricación y limpieza, mejorando continuamente la maquinaria. Estas lecciones son desarrolladas por el personal de operación y/o mantenimiento cuando detectan alguna oportunidad para transmitir conocimiento al equipo de trabajo, se la puede realizar mediante formatos en donde se pueda llenar datos del equipo de partes especiales o de un solo punto de la máquina, para de esta forma compartir a los demás miembros del equipo, elevando así los conocimientos y habilidades en un corto período. Esto también permite tener los conocimientos “a mano” para ser utilizados en el momento que se los necesite [8].

La lección en un punto posee ciertas características [9]:

- Un miembro del grupo de trabajo piensa, estudia y prepara una hoja en la cual se expresa con originalidad.
- El creador se la explica a sus compañeros del grupo.
- El grupo discute para mejorarla.
- Se obtiene una LUP clara y confiable.

Existen muchas ventajas con estas lecciones de un punto, por ejemplo se aprovecha el conocimiento, talento y creatividad del

personal de operación y mantenimiento en la identificación oportuna de fallos y la mejora continua de maquinaria.

Se pueden identificar detalles de la máquina que no habían sido identificados.

Los que lideran esto son el personal de mantenimiento, los cuales van a transmitir a los operarios la importancia de la limpieza para inspeccionar y la búsqueda continua de mejoras en los equipos.

En corto tiempo se elevan los conocimientos y habilidades, se estimula el trabajo en equipo entre operación y mantenimiento, se mejora el estado de los equipos y aumenta sentido de pertenencia de operador con sus equipos.

La principal desventaja es la resistencia al cambio por parte de los operadores, o sea que no deseen aprender ni mejorar y que quieran mantenerse y desempeñar solo su trabajo.

Por ejemplo si se quiere realizar una lección de un punto en una máquina, primero se elige una operación especial del equipo, luego se toma una hoja del LUP y se completa los datos del encabezado, luego se realiza un dibujo que explique lo que quiere transmitirse, usando menos de veinte palabras, se hace revisar por un superior y

aprobar en la Oficina de TPM, y por último se la enseña a los compañeros, para de esta manera compartir y revisar la información.

2.6 CHECK LIST

Una check list no es más que una lista de comprobación que se utiliza para compensar las debilidades de la memoria humana y de esta manera ayudar a asegurar consistencia de una labor y asimismo certificar que se realice de manera completa una tarea [10].

El check list posee una lista grande o pequeña de ciertos pasos, procedimientos, o simplemente datos o información que se necesita verificar, comprobar o seguirlos al pie de la letra.

Una gran ventaja que tiene es que nos ayuda a no olvidar pasos o información que puede ser muy larga o importante.

Debido a las limitaciones de la memoria humana, estas ayudan a comprobar verazmente la información que necesitamos, y de esta manera no se nos olvide.

Lo que dificulta un poco al realizar el chequeo es que se lo realiza mediante hojas con formatos especiales, lo cual implica papeleo, y documentación, que es lo que muchas empresas buscan eliminar.

Por ejemplo se puede hacer la lista de verificación desde lo más sencillo en una preparación para un viaje.

En medicina para asegurarse de que las pautas clínicas de la práctica estén seguidas.

Se puede utilizar para comprobar conformidades, estandarización, prevención de error.

Para verificar el funcionamiento correcto de ciertas partes importantes de una máquina. Estas check list son utilizadas frecuentemente en las industrias y en procedimientos de las operaciones.

2.7 ANÁLISIS HISTÓRICO DE FALLAS

El Análisis histórico de fallas es una actividad enfocada a descubrir y eliminar la causa raíz de las fallas o problemas, esta es una tarea que requiere varias etapas, agentes y metodologías al revisar todas las fallas que ha tenido el equipo en su historia de trabajo. Se podría dar cuenta de que casi siempre ocurren las mismas fallas en elementos de máquinas o equipos de procesos industriales y además dependen de mecanismos que ya se los puede conocer, pero es necesario identificarlos y asimismo cuantificar los parámetros que éstos poseen.

Después de conocer los mecanismos de daño y como estos actúan, sería fácil el minimizar estas fallas, eliminar completamente las fallas futuras o conocer la velocidad de deterioro, de manera que se programe un mantenimiento preventivo apropiado.

Las fallas en un equipo pueden ser provocadas por desvíos de fabricación, operación y/o mantenimiento.

El Análisis histórico determina las frecuencias de fallas, que muchas veces se sabe pero no se hace nada.

El comportamiento histórico de las fallas de los equipos se puede hallar estadísticamente por medio del Análisis de Confiabilidad basado en la Distribución de Weibull [11].

Con el historial de fallas se proyecta la influencia del Mantenimiento Preventivo sobre algunos índices de gestión de los equipos, tales como Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad y Efectividad Global (OEE).

El análisis de fallas es la etapa más importante en la determinación de un programa de mantenimiento óptimo, y éste depende del historial de fallas de los equipos durante su vida útil.

Con un buen análisis histórico de fallas se puede aumentar la seguridad de las personas, eliminar las pérdidas de producción, y también aumenta la confiabilidad de los equipos.

Es necesario llevar una documentación de las fallas, si este no es el caso, entonces no se podrían analizar los datos de una forma confiable.

Después de revisar los históricos se pueden citar algunos ejemplos de fallas para su posterior análisis:

Falla por ruptura de tubería de calderas por deficiencias en el tratamiento del agua de alimentación y por recalentamiento por direccionamiento incorrecto de la llama de combustión.

Fractura por fatiga de un eje para émbolo que se inició en un filete agudo.

Falla de los filetes de la tuerca y de la contratuerca de los ejes de soporte de una prensa de separación de grasa de los sólidos.

Falla por fatiga de un cable de alambres de acero debido a carga de choque.

CAPÍTULO 3

3. ANALISIS DE LA MÁQUINA INYECTORA

3.1 DESCRICION DEL PROCESO DE INYECCION

El proceso de la fabricación de artículos plásticos empieza desde la importación y almacenamiento de la materia prima que son los polímeros y los pigmentos. El departamento de Ventas realiza el pedido de las unidades a producir y los colores, de acuerdo al pedido que se tiene. Se planifica el montaje del molde y la máquina en la que va a ser puesto éste para su posterior inyección. Una vez montado y luego de realizar las instalaciones de refrigeración y la calibración pertinente, éste está listo para producir; luego se realiza el pedido de materia prima para el consumo diario, con su respectiva formula de mezcla entre clases de polímeros, reciclado y pigmentos, luego es entregado al montacarguista para que lleve al área de mezclado y mezcle las cantidades especificadas en la fórmula; y así ser vaciado en las tolvas de las máquinas y empieza la inyección del artículo. Después de cumplir el tiempo de ciclo de inyección, se saca el artículo, y se elimina el exceso de rebaba del mismo; si es necesario

se ensambla alguna algún otro implemento a éste como es el caso de pupos o tapones, etc. Luego el artículo es etiquetado y apilado de forma adecuado y trasladado a la Bodega de Producto terminado en donde espera a ser vendido.

3.2 IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES

1.- Ingreso de Materia Prima

La materia prima, ya sea polietileno, polipropileno o reciclado es colocado en las tolvas de las máquinas, la cantidad colocada depende de la capacidad que posee la máquina inyectora; la forma como se la realiza es manual, o sea con ayuda directa de un trabajador, y en forma automática de esta forma la máquina succiona el material por sí sola.

El reabastecimiento de la materia prima depende de muchos factores como: tipo de material, tipo de molde, las distintas variables de la máquina, incluyendo la forma y el ángulo de caída de la tolva, etc. Los trabajadores son los encargados de transportar ese material cada cierto tiempo, que previamente se les ha informado y más su experiencia, se trata de hacer que el flujo de material sea de manera constante como es lo óptimo.

2.- Inyección en la máquina

Una vez que la materia prima está dentro de la máquina se inicia el proceso de inyección.

La materia prima pasa de la tolva al cilindro de plastificación, con ayuda de el husillo o tornillo sin fin, que por su rotación transporta el material desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección o boquilla de inyección; cuando el material llega a la boquilla ya está totalmente plastificado, luego se cierra el molde, aumenta y entra la presión de cierre; se inicia la inyección, entrando el material fundido al molde, aquí se mantiene la inyección por unos cuantos segundos, llenándolo al molde con la cantidad necesaria de material, luego se empieza el proceso de enfriamiento de la parte inyectada por medio de agua a presión hasta que la pieza se solidifica, al mismo tiempo que la máquina inicia la alimentación de material para su posterior inyección.

Finalizado el tiempo de enfriamiento se inicia la apertura del molde, de manera automática, y se ejecuta la expulsión de la pieza del molde de manera manual o automática.

A continuación se muestra la máquina inyectora en vista superior y vista frontal; asimismo sus principales unidades de la máquina que son:

1. Unidad de cierre.
2. Unidad de inyección.
3. Base de la máquina.
4. Unidad de control.
5. Compartimiento eléctrico.

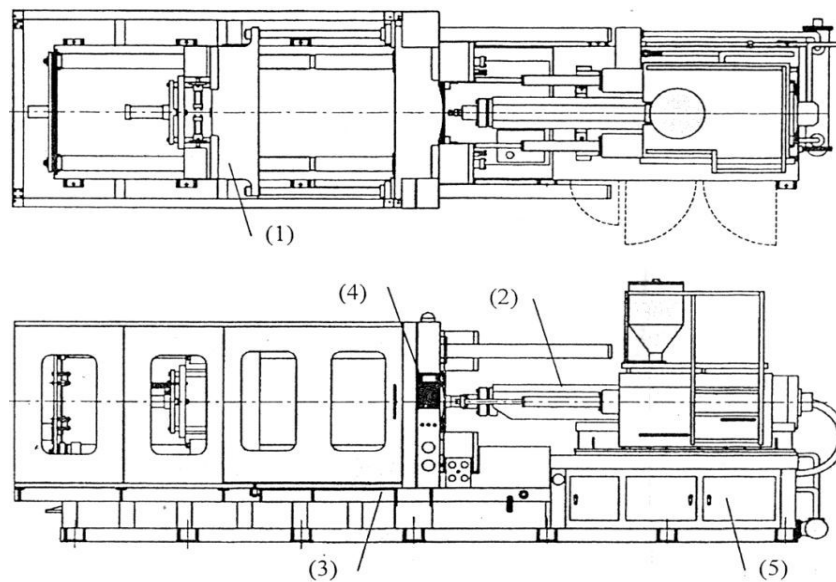


FIGURA 3.1. MÁQUINA INYECTORA

3.- Inspección del producto.

El producto extraído es inspeccionado por el operario encargado de éste trabajo y que sigue ciertas especificaciones para éste sea

adecuado para la venta; el operario se encarga de limpiar la rebaba, y verificar si el producto posee ciertos problemas que suelen darse tales como:

- Coloración deficiente en la pieza.
- Burbujas internas en la pieza.
- Ruptura o pieza con grietas.
- Líneas de flujo.
- Piezas incompletas.
- Líneas de soldadura.
- Alabeo, pandeo, torcido. Etc.

La verificación del producto también la hace el jefe de turno o el personal de producción. Un parámetro muy importante que siempre se mide es el peso del producto, el cual es tomado cada dos horas por el jefe de turno o el personal de producción.

El producto defectuoso es apilado y luego, al final de cada turno se contabilizan los productos buenos y malos, registrándolos en hojas o las llamadas órdenes de producción con el fin de llevar un correcto control.

4.- Salida como producto terminado

Al producto ya conforme de acuerdo a la apreciación del operario, y según sea el tipo de producto y la línea a la que pertenece (Escabela, Hogar, Industrial) se coloca un adhesivo de manera manual con el “logo” de la empresa, posteriormente el producto es apilado en una cierta cantidad de acuerdo a los estándares establecidos seguidos por una logística de almacenamiento y de transporte. Si el producto está demasiado caliente no se lo apila, si no que se lo deja enfriar por unos minutos para luego sí ser apilado y se le coloca una funda provisional hasta el área de producto terminado o final; en esta funda se le adhiere una etiqueta con el número de lote, tipo de productos, y la cantidad de productos.

5.- Almacenamiento del producto

El producto enfundado es llevado en carretillas de manera manual hacia al área de almacenamiento como producto final, solo para productos como las gavetas se las transporta sobre pallets y con ayuda del montacargas; en esta área se coloca el producto en estanterías o directamente en el piso, sin utilización de pallets o racks; aquí se rompe la unidad de carga en este caso la funda, para ser revisado, limpiado y embalado de acuerdo a parámetros y exigencias del cliente; concluido esto el producto espera ser despachado.

A continuación se muestra el diagrama de operaciones de proceso de inyección:

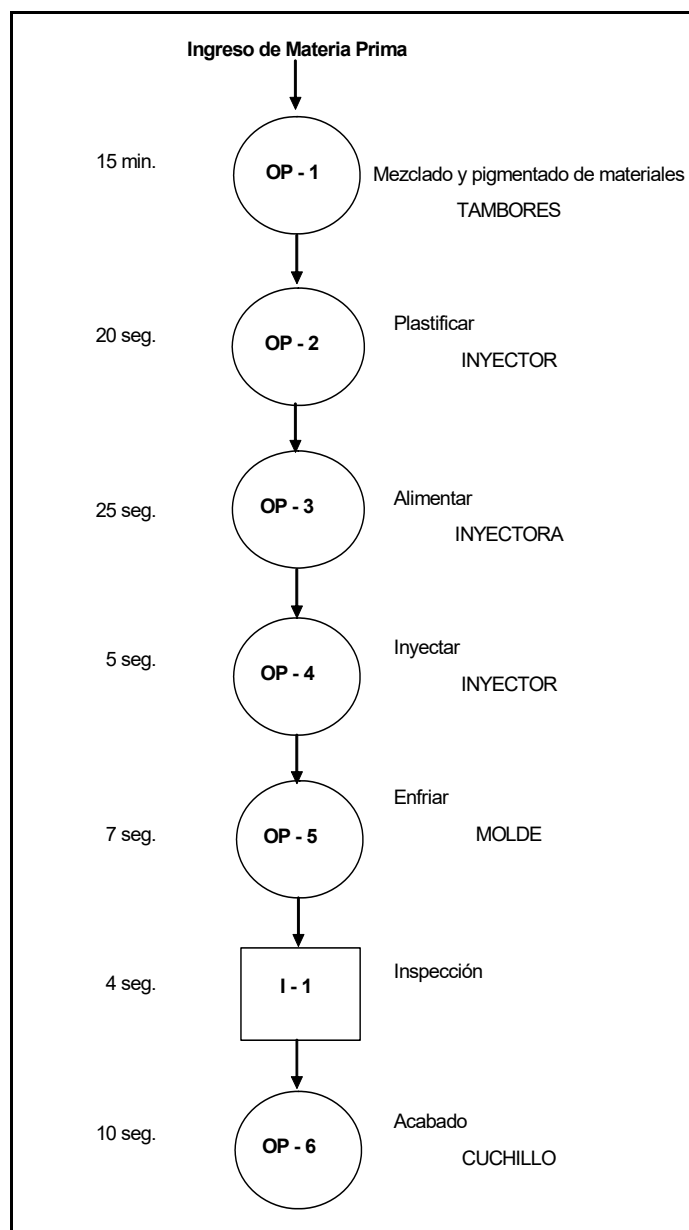


FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO DE INYECCIÓN

3.3 IDENTIFICACIÓN DE CONDICIONES INICIALES

Luego de conocer las actividades principales del proceso de inyección, la identificación de las condiciones iniciales es el primer paso para empezar con un sistema de mantenimiento planificado.

1. Establecer condiciones básicas para la limpieza, lubricación e inspección

Aquí vamos a evaluar el equipo o máquina inyectora, para de esta manera comprender las condiciones iniciales que posee este equipo, asimismo es necesario revisar los historiales y determinar partes críticas del equipo, así como también trazar objetivos que se los tiene que cumplir, dentro del mantenimiento planificado, para lo cual se van a formar grupos de trabajo y con ayuda de éstos mejorar la máquina. Los grupos de trabajo se los va a detallar en formatos (Ver apéndice A) y así establecer claramente los nombres de los grupos, las metas, los problemas, soluciones, etc.

Con la identificación actual del equipo se desea establecer condiciones básicas para la limpieza, lubricación e inspección, ya que las máquinas inyectoras poseen partes importantes que necesitan de una buena lubricación. Para determinar estas partes de las máquinas

nos vamos a guiar de acuerdo al manual del fabricante y a la experiencia de los especialistas del departamento de mantenimiento.

Para determinar e identificar las condiciones iniciales se ha trabajado con los grupos de trabajo y además se ha utilizado herramientas como formatos, para que quede constancia de lo que se está realizando, estos formatos son:

- Análisis de la condición del Equipo. (Apéndice B)
- Tabla de Clasificación. (Apéndice C)
- Hoja de Calificaciones. (Apéndice D)

El equipo o máquina inyectora con la que se va a trabajar posee ciertas características que nos va a permitir identificarla:

Máquina de Inyección modelo SM-1500 con sistema hidráulico de sujeción y tornillo de 145 mm.

TABLA 2

MAQUINA INYECTORA Y SUS ESPECIFICACIONES

Columnas	Espesor mínimo	Molde máximo	Carrera máxima	Apertura máxima	Fuerza cierre	Inyección efectiva
HxV	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	TN	g
152X142	700	1400	2400	3100	1500	8415

Se reconocieron con ayuda del Gerente de Planta, y de los jefes de turno a la máquina, esta identificación fue visual, además se pudo comprobar que no existía documentación de estos equipos, como el número de inventario, modelo, marca, fichas técnicas, historial, etc., lo cual dificultó un poco para conocer más a cerca de éstos, y en un futuro va a dificultar aún más el pasar la información del equipo a quienes lo necesiten, para esto se hace una propuesta de empezar a documentar los datos técnicos de las máquinas, componentes y equipos, con todas aquellas especificaciones como potencia, voltaje, amperaje, etc.

Luego de realizar el respectivo levantamiento de información de la máquina inyectora, y la calificación de acuerdo al grupo de trabajo para ver como inicia la máquina, y como se sienten los operarios al trabajar con esta máquina en condiciones iniciales, podemos hacer un resumen de las tablas y calificaciones, se puede describir las siguientes condiciones iniciales:

General: De manera general el equipo se encuentra en buenas condiciones, por el hecho mismo de ser un equipo relativamente nuevo, el personal de limpieza le pone mucho énfasis en este equipo; los operarios también están encargados de limpiar de manera superficial al equipo; por lo que existen algunos pernos que presentan

suciedad y están con grasa aunque no en exceso para perderlos de vista del equipo, pero si lo suficiente mente sucios como para que formen una pasta abrasiva que dañe los pernos y dificulte su apertura cuando sea necesario.

Eléctrica: La parte eléctrica se encuentra en condiciones normales, aunque se nota que le mantenimiento correctivo siempre ha sido lo que se ha utilizado, existen algunas líneas de conexión con “puentes”.



FIGURA 3.3. PARTE ELÉCTRICA CON PUENTES

Lubricación: Todos los visores están claros y es visible el nivel de aceite, no están goteando las mangueras, aunque si existen problemas con los conectores del molde, existen lavacaros que acumulan el aceite que chorrea, como también otras suciedades.



FIGURA 3.4. CORRECCIONES MOMENTANEAS

Lugar de Trabajo: El área de trabajo se encuentra siempre con partículas de material plástico; en el piso existen manchas de aceite, pero no en tal magnitud que generen resbalos, la iluminación buena pero no la necesaria para trabajar en óptimas condiciones.

Control: La limpieza la realiza el encargado de este trabajo, que lo realiza casi todos los días, pero de una manera superficial, no existen check list ni de la máquina ni del molde, mucho menos existen auditorias de limpieza.

2. Identificar necesidades de seguridad a través de la limpieza e inspección

Con una buena limpieza de las máquinas inyectoras pueden existir una fácil inspección por parte de los operarios quienes van a ser la base del mantenimiento y también del grupo de trabajo.

Se sabe que un 75% de todas las fallas de los equipos tienen 2 causas principales como son la contaminación y la lubricación no apropiada; esto parece ser algo simple, pero casi nunca se pone en práctica, y se trata de hacer conciencia a los operarios y a los jefes de turno para que adopten una filosofía de cambio y de limpieza, de acuerdo a las tablas ya calificadas por los operarios y jefes de turno; en general se puede llegar a concluir que lo más las partes más importantes a limpiar son aquellas que tienen que ser lubricadas, pues esta grasa o lubricante unida con polvo, alimañas, material plástico, etc., generan una pasta abrasiva que va a ensuciar y lo peor de todo a dañar otros componentes, y en lugar de facilitar el movimiento y proteger, va ha desgastar aquellas partes que necesitan lubricación; entre éstas tenemos las siguientes zonas críticas:

- Patines de desplazamiento que soportan el plato de la parte móvil.

- Correderas o guías del plato de la parte móvil.
- Carro de desplazamiento de la unidad de inyección.
- Las barras guía de la unidad de inyección.
- Los bloques de cierre o enclavamiento del plato.
- Bosines de desplazamiento de la expulsión central.
- Rodamientos de giro del motor hidráulico.
- Zonas de unión de las mangueras hidráulicas y óleo hidráulicas.

La importancia de la limpieza de estas partes es muy alta, ya que éstas son aquellas que generan potencial pérdidas, y una amenaza ante la seguridad de la máquina y del operario.

3. Identificar anomalías y proponer condiciones nuevas

En toda máquina existen anomalías, y en esta máquina no es la excepción, las personas que están todo el día en contacto con el equipo son los operarios, y estos son quienes se dan cuenta de las anomalías que suceden y las deben de reportar al grupo de trabajo de mantenimiento y con apoyo de los ingenieros, jefes de turno y los directivos buscar y proponer condiciones nuevas. Para esta identificación de anomalías se utiliza el siguiente formato:

TABLA 3
MEDICIONES BÁSICAS TPM

MEDICIONES BÁSICAS TPM		
Mediciones	Antes	Después
<i>Defectos</i>	<i>Encontrados</i>	<i>Por Solucionar</i>
General	2	
Eléctrico	2	
Lubricación	3	
Lugar de trabajo	2	
Control	3	
Total:	12	

El cual es un resumen de qué problemas posee la máquina, luego de haber sido calificados en el formato de “Tabla de Calificación” (apéndice B); aquí se pone la cantidad de problemas que existen actualmente, y en un futuro cuantos faltan por solucionar.

De acuerdo con las categorías elegidas los mayores problemas en la parte general del equipo son:

- Equipo con suciedad y aceite
- Banda transportadora sucia y desprotegida

Asimismo en la parte eléctrica:

- Switches, paneles y medidores sucios
- La consola está sucia

En lo que se refiere a lubricación:

- No existe conocimiento de los lugares adecuados a lubricar, asimismo para que sirven cada una de las mangueras hidráulicas.
- No se puede saber cuan sucios están los retenedores, pues no son visibles y no existe control.

Al lugar de trabajo:

- Existen manchas en el suelo, y en la base de la máquina y de la plataforma de alcance existe grasa y suciedad.
- Muy pocas veces se la limpia y no existen señales de nada.

Y al control:

- No hay un control estricto, simplemente limpia el encargado.
- El único formato de control que se lleva es el de la producción, no existe check list.
- El mantenimiento se lo realiza cada semana o cuando sea necesario pero no se lleva documentación.

Una vez encontrados los problemas principales que afectan a la máquina, entonces hay que tomar medidas o acciones, las cuales están a cargo de una persona en especial que tiene que hacer cumplir estos problemas, e ir avanzando, para esto se va a controlar y medir el porcentaje de cumplimiento y la fecha, para esto se utilizó un

formato llamado Record de Oportunidades (apéndice E), con el cual se propone la acción a tomar.

4. Entender y simplificar condiciones de operación

Ya establecido los problemas y las futuras soluciones, entonces se tiene que hacer conciencia de cuales son las circunstancias que están dañando al equipo y por ende afectando indirectamente la cultura del personal; el más importante, el operario, ya que si éste ve a un equipo con suciedad y que no se le da mantenimiento, entonces el operario irá adquiriendo una mentalidad de “quemimportismo” y no hará nada por cambiar su puesto de trabajo y las circunstancias con las que trabaja, para lograr un cambio hay que entender cual es el trabajo que realiza el operario y simplificar las condiciones de operación, para que el trabajo sea más simple y agradable y causar empatía en el operario, o sea que trate de dar lo mejor de si para mejorar el rendimiento de la empresa.

Así, una vez determinado las anomalías y propuestas de operación, se podría tratar de simplificar las condiciones de operación, para así tratar de optimizar la operación en si de las máquinas.

La máquina SM-1500, como se dijo anteriormente es relativamente nueva y por lo tanto se encuentra ubicada en un lugar en donde no

existe mucha grasa ni suciedad, además está apartado del tránsito del personal, movimiento de material, montacargas, transporte de aceites, etc. esto representa un punto a favor por lo que no existe exceso de suciedad en el suelo, que causen cualquier tipo de percances o accidentes, asimismo no existe demasiada suciedad en toda la estructura de la máquina, a pesar que muy pocas veces se hace una limpieza completa, pero no hay que confiarse de esto porque este polvo o suciedad que parece mínimo, a la larga va a afectar y se va a introducir en los pernos o compuertas, y mucho peor en los sistemas mecánicos y eléctricos de la máquina.

La operación de la máquina es simple, primero la calibra el jefe de turno o el gerente de planta, esta calibración va de acuerdo al molde, al material, tamaño y número de puntos, salidas de aire del molde, el tiempo de ciclo del artículo, ajustando asimismo las temperaturas, velocidades, presiones, distancias y tiempos óptimos para que el producto salga conforme. Esta máquina tiene la facilidad de trabajar de manera automática, lo que significa que inyectará y expulsará el artículo al mismo tiempo, lo que ayuda a que la producción se mantenga estable y no dependa de la eficacia del operario para manipular la máquina; entonces el operario está encargado de controlar en la pantalla y verificar que los parámetros establecidos se mantengan y no se descalibre la máquina, y además lo más

importante el operario tiene que sacar el artículo de forma manual, en donde pueden existir futuros accidentes y a veces también el operario lo saca directamente de la banda transportadora.

Luego de que abra el molde, dependiendo del artículo, el operario lo saca de forma manual o espera a que caiga en la banda transportadora para luego tomarlo, en el caso cuando tiene que sacar el artículo de forma manual, el operario tiene que introducir su cuerpo aproximadamente $\frac{1}{2}$ metro y tomar el artículo con una mano y con la otra tratar de agarrarse de cualquier lado, porque no existe manija de apoyo, claro que ésta si no existe no es por falla de fábrica de la máquina, si no es porque la máquina está diseñada para trabajar con la puerta cerrada, solo para artículos que se los expulse y caigan a la banda transportadora o para el otro caso que no se lo expulse al artículo, se tiene que abrir la compuerta sacar el artículo, sosteniéndose de la manija de la puerta, y luego cerrar la compuerta para la siguiente inyectada, pero esto implica una pérdida de tiempo ya que hay que activar un sensor para que cierre y abra la puerta antes de que el molde abra o cierre; lo que existe aquí es tiempo de producción versus seguridad del operario y de la máquina; obviamente la seguridad del operario y de la máquina tienen que ser la prioridad. Lo que se propone aquí es simplificar y eliminar los movimientos peligrosos del operador, y darle uso a la compuerta de

seguridad de la máquina, para que cierre y abra en cada inyectada, si es el caso en donde el artículo no se lo expulsa del todo, además hay que instalar una nueva manija en la máquina para que se pueda sujetar el operador. Además de estar bien sujeto el operador, el piso tanto de la máquina como de la plataforma de alcance tienen que estar libres de partículas, grasas, aceites e impurezas que causen que el operario se resbale, algo también muy importante son los zapatos de operador, pues si bien es cierto el piso puede estar limpio pero no necesariamente la los zapatos, entonces es necesario utilizar zapatos de caucho, los cuales se los tiene que poner en el área de trabajo y no caminar con éstos por toda la planta, ya que ésta si está contaminada con grasas y puede contaminar su máquina y causar accidentes.



FIGURA 3.5. OPERARIO SACANDO ARTÍCULO

En lo que se refiere al control de la máquina es necesario que se haga un resumen del manual de operación de la máquina, explicando

para que sirva cada componente, y que no se base la manipulación de la máquina en años de experiencia, si no que en el conocimiento del por qué de las cosas, de esta manera se evitaría pérdidas de tiempo por desconocimiento de la máquina y como manipular el control de ésta.

En la máquina inyectora, existe una plataforma que da alcance a la altura de ésta y poder sacar los artículos de forma manual, también en esta plataforma existe una mesa de trabajo que no es muy grande, por lo que el operario tiene que subir y bajar de la plataforma el número de veces que se inyecta un producto, lo que se propone es realizar una mesa más grande, para que de este modo se apile momentáneamente una pequeña cantidad de artículos, y así bajar y subir de la plataforma un número de veces menor que reduzca las probabilidades de que se caiga o tropiece.



FIGURA 3.6. PLATAFORMA Y MESA DE TRABAJO

En la parte del rebabado es necesario que se utilice cuchillos con longitudes pequeñas, ya que si son muy largos, la fuerza de corte disminuye, dificultando el rebabado y haciendo el trabajo menos eficaz.

5. Recoger información para el cálculo del OEE y priorizar mejoras

Para el cálculo del Overall Equipment Efficiency (OEE), es necesario determinar la Disponibilidad del equipo o sea cuanto tiempo le toma poner al equipo a punto o la frecuencia con que se daña, la Producción o sea si se trabaja al 100% de la velocidad diseñada, y la Calidad o sea si sus productos son de calidad.

Para determinar y registrar el OEE, se va a utilizar formatos que relacionen las mayores pérdidas del equipo con la Disponibilidad, Producción y Calidad de la máquina. Además se utilizarán formatos de colección y análisis de datos, y luego se procederá a encontrar la causa para cada una de las pérdidas utilizando un diagrama de Pareto.

Para recoger los datos de las paradas en la máquina de la empresa de plásticos, se la realiza en todo un mes, con la recolección de los reportes de los maquinistas y con ayuda del asistente de producción,

encargado de que se llene bien los reportes, y se ponga toda aquella parada.

Los datos recogidos están por día, mostrando las causas y a que producto perteneció. (Ver apéndice F)

Una vez tomados los datos se los analiza y se hacen sumatorias para determinar los tiempos y sus respectivas causas, cabe recalcar que aquí constan todo aquello que los maquinistas reportan y quieren reportar bajo su responsabilidad, pero existen tiempos perdidos que están escondidos pero implícitos en el rendimiento de la máquina, como por ejemplo los productos dañados, los cuales han ocupado tiempo de máquina, mano de obra, y lo más importante incurrió en costos; además también existe el Tiempo de Ciclo, que es el tiempo en el que el producto se inyecta hasta que se vuelve a inyectar el siguiente producto, esto depende directamente de la máquina, el material y el Jefe de turno o la persona quien calibra la máquina y se la ajusta de tal manera que siempre trabaje al tiempo estándar o si se puede más bajo que éste, por lo regular siempre se trata de trabajar con mismo material o con el que mejor trabajó en alguna producción anterior; y asimismo si es el mismo material, entonces la máquina va a trabajar normal, pero depende de quien la calibre y la ajuste al

tiempo estándar de producción, entonces si no está al tiempo estándar de producción, va a existir un tiempo perdido.

Existen pérdidas de ocio y reducción de velocidad, pero en los reportes de maquinistas no se los describe, y es un poco difícil rescatar estos datos de forma diaria, la forma como nos podemos dar cuenta es analizando el tiempo de ciclo promedio por cada producto y cual fue el estándar, o sea aquel tiempo con el que la máquina trabajó en óptimas condiciones, en el análisis realizado se muestran las horas y los días requeridos para el trabajo, el producto a realizar, y asimismo la producción estándar y la real; para cada producto existió una pérdida de producción que son: 150 cajones de cómoda, lo cual representan 2.63 horas de trabajo, 171 sillas Milán lo cual representa 2.80 horas de trabajo, y por ultimo 227 gavetas Industrial Cerradas que es 4.68 horas, dando una suma de 10.10 horas perdidas; éste tiempo perdido tiene sus razones de ser, una de ellas es por ocio de quienes conforman el departamento de producción que al darse cuenta de un tiempo de ciclo alto, no se hace nada por bajarlo y asimismo puede darse el caso de que no se pueda bajar más el ciclo, ya sea porque el material es reciclado, o muy duro, o porque la máquina no está en condiciones adecuadas para disminuir este tiempo; de todas formas es un tiempo perdido como reducción de velocidad; y según los expertos en la empresa reparten estas

pérdidas en un 50% por culpa de jefes de turno y personal de producción y el otro 50% a otras causas que disminuyen la velocidad, en resumen se muestra a continuación:

TABLA 4
PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN Y TIEMPO POR TIEMPO DE CICLO ALTO

	CT.	CT.	Requerido en Condiciones Normales						
	Estandar	Real	días	horas / día	Total	Pest	Preal	Pperdida	Tperdido
	s / unid	s / unid			horas	unids	unids	unids	horas
Cajón de Cómoda	63	64	7	24	168	9600	9450	150	2,63
Silla Milán	59	60	7	24	168	10251	10080	171	2,80
Gaveta Industrial Cerrada	74	77	5	24	120	5838	5610	227	4,68
TIEMPO TOTAL PERDIDO									10,10
T.P. POR OCIO	50%								5,05
T.P. POR REDUCCIÓN DE VELOCIDAD	50%								5,05

Existe un tiempo en el cual también se lo desprecia, este es el tiempo en el que el operario trabaja con el equipo de manera semiautomática, por lo regular esté equipo trabaja de manera automática, e inyecta los productos siempre a un mismo ciclo, pero cuando el operario trabaja 12 horas diarias con productos que en promedio pesa 2,000 gramos, el trabajar de manera automática se vuelve cansado, es ahí en donde el operario trabaja a su propio ritmo, o sea él mismo cierra el molde cuando haya sacado el producto. Este tiempo se lo determina cuadrando la producción y el tiempo de ciclo trabajado, que por lo regular el tiempo que falta se lo deduce del

tiempo laborado mas no del tiempo de ciclo, o sea no se sube el CT, si no se disminuye el tiempo de la jornada por turno.

Según los expertos que trabajan en producción atribuyen esto a un 32.5% del tiempo total perdido, lo cual es 3.2825 horas, denominado pequeñas paradas.

Pequeñas paradas	32.5 %	3,2825 horas
-------------------------	--------	--------------

Este número de horas no se las suma en lo que respecta a reducción de velocidad, porque ya se lo ha tomado en cuenta como pequeñas paradas.

Otro tiempo perdido es aquel tiempo que es imperceptible porque se inyectan productos, pero son defectuosos; a veces parece que esto no importa mucho, pero realmente es tiempo empleado, y por ende dinero invertido tanto en energía, material, recursos, mano de obra, etc.

De acuerdo a los datos facilitados por el llamado informe de producción realizado y entregado por el mismo departamento de esta empresa plástica; se recolectó información de el número de productos no conformes, los cuales multiplicados por el tiempo de ciclo real se

obtiene un tiempo perdido por defectos y reproceso que es 9.5 horas o 9 horas 30 minuto. (Ver tabla 5)

TABLA 5

**PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN Y TIEMPO POR DEFECTOS EN LOS
ARTÍCULOS**

	UNIDADES MALAS	CT. (Real)	Tiempo perdido por defectos/artículo
	Scrap	s / unid	horas
Cajón de Cómoda	225	64	4,0
Silla Milán	187	60	3,1
Gaveta Industrial Cerrada	111	77	2,4
TOTAL TIEMPO PERDIDO POR DEFECTOS			9,5

Esta cantidad de 9.5 horas es sumada al tiempo perdido por limpieza de molde, ya que existe una relación directa, pues si no se limpia el molde, entonces salen productos defectuosos. (Ver tabla 6 y 7)

A continuación se describe los tiempos perdidos y sus causas de la máquina SM-1500 para un mes, así como también al tipo de causa al que pertenecen de acuerdo a la clasificación del OEE.

TABLA 6
TIEMPO PERDIDO POR CAUSAS Y POR TIPO

CAUSAS	SUBTOTAL	FACTOR	TOTAL	TIPO	TOTAL
Boquilla Tapada	5:20:00	2,50	13:20:00	D	64:45:00
Cambio de Molde	8:00:00	2,50	20:00:00	D	
Daño Eléctrico de Máquina	0:45:00	2,50	1:52:30	D	
Daño Mecánico de Molde	11:34:00	2,50	28:55:00	D	
Falta de Energía Eléctrica	0:15:00	2,50	0:37:30	D	
Defectos y reproceso	9:30:00	2,50	23:45:00	C	54:40:00
Arranque de Máquina	5:14:00	2,50	13:05:00	C	
Limpieza de Molde	7:08:00	2,50	17:50:00	C	
Ocio	5:00:00	2,50	12:30:00	P	33:12:30
Pequeñas paradas	3:17:00	2,50	8:12:30	P	
Reducción de velocidad	5:00:00	2,50	12:30:00	P	
TOTAL TIEMPO PERDIDO			152:37:30		

En el la tabla 6 se muestran las causas principales y además aquellas causas que están implícitas en el proceso como son el tiempo perdido por productos defectuosos, en la tabla existe una clasificación de las causas por tipo que de acuerdo a la Eficiencia Global del Equipo (OEE) se pueden dividir en Disponibilidad, producción y calidad; lo que respecta a la disponibilidad, sus mayores pérdidas son tiempo de cambio y ajustes y Fallas existentes, en la Producción es todo aquello que impide que el equipo trabaje al 100% de su velocidad o si hay pequeñas paradas que afecten la producción, y en lo que respecta a la calidad, todo aquello que impida a que sus productos sean de calidad, como por ejemplo pérdidas en los arranques o defectos de los productos y reprocesos.

En la tabla 6, los tiempos perdidos por causas se las multiplica por un factor de 2.5, que equivale a un porcentaje de error, por cuanto en ese mes analizado solo hubieron 2 cambios de molde, y en la realidad existe un promedio de cambio de molde de aproximadamente 4 veces al mes; un cambio de molde representa muchas situaciones críticas en el mantenimiento, pues se para la máquina y en ese tiempo existen ajustes y calibraciones tanto para el molde como para la máquina, y en esos cambios se ve realmente la eficacia y eficiencia del mantenimiento, pues luego del cambio de molde viene el arranque de máquina y casi siempre ocurren problemas en ese momento.

A continuación se muestra las sumas de los tiempos perdidos y expresados por sus mayores pérdidas en los equipos para su previo cálculo del OEE.

TABLA 7
PERDIDAS EN LOS EQUIPOS OEE

MAYORES PÉRDIDAS EN LOS EQUIPOS						
OEE	Tiempo de Cambio y Ajustes	Fallas	Ocio y pequeñas paradas	Reducción de velocidad	Arranque	Defectos y reproceso
	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
Disponibilidad	20	44,75				
Producción			20,7	12,5		
Calidad					13,05	41,58

A = Tiempo Total a trabajar = 24 horas x 19 días = 456 horas.

B = Tiempo Total Perdido = (20+44.75+20.7+12.5+13.05+41.58)
= 152.6 horas.

C = Tiempo de Trabajo efectivo = (A - B) = 303.42horas.

OEE = (C/A) x100 = 66.5 %

Con este análisis de pérdidas obtenemos un OEE del 66.5%, que sobrepasa por una mínima cantidad a un OEE inaceptable que es todo OEE menor a 65%; éste OEE del 66.5 % se ubica dentro del rango de un OEE regular, por estar entre 65% y 75% esto significa que existen pérdidas económicas y baja competitividad, además por estar empezando un camino a la mejora, se la puede considerar como aceptable, pero aún falta mucho por mejorar.

La máquina que se está analizando es la más nueva que posee dicha empresa, y por lo tanto no debería poseer muchas pérdidas, por lo tanto se podría asumir que las demás máquinas tendrían un OEE menor o igual a éste; por lo tanto el OEE como un indicador importante debe transformarse en algo que se mida y se actualice de forma diaria, con el fin de medirlo no solo en esta máquina, si no a todas las máquinas y mejor aun medirlo de manera general como un indicador de la empresa.

Las pérdidas encontradas que generan paradas son analizadas para determinar cual es la mayor pérdida y cómo se la podría mitigar y eliminar, en detalle a continuación:

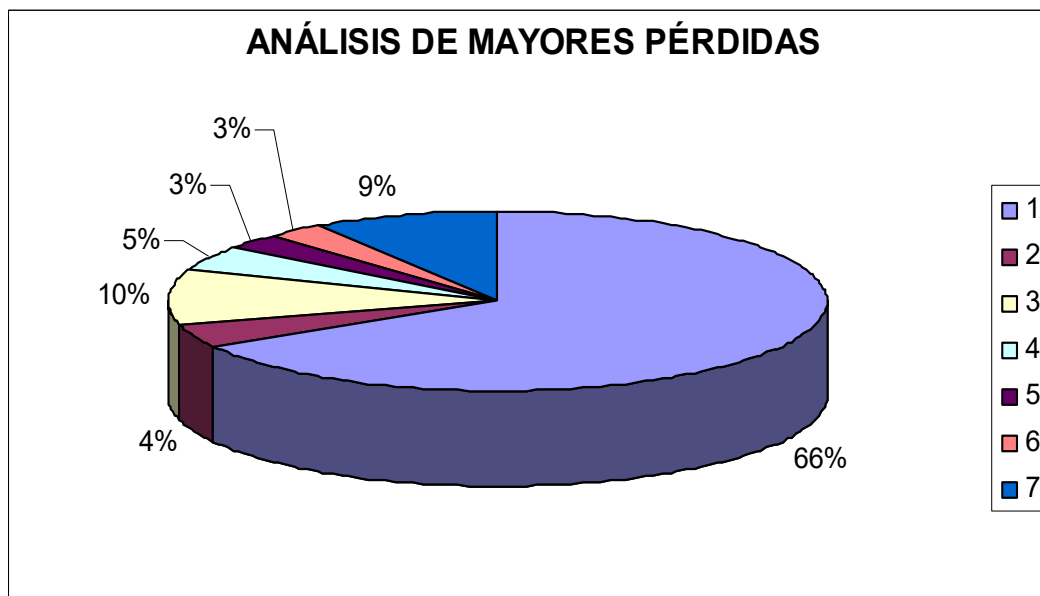


FIGURA 3.7. OEE Y MAYORES PÉRDIDAS

TABLA 8

OEE Y PÉRDIDAS EN TIEMPO Y PORCENTAJE

Nro.	Descripción	Tiempo	%
1	Tiempo de Trabajo Efectivo	303,42	66,5
2	Tiempo de Cambio y ajustes	20	4,4
3	Fallas	44,75	9,8
4	Ocio y pequeñas paradas	20,7	4,5
5	Reducción de Velocidad	12,5	2,7
6	Arranque	13,05	2,9
7	Defectos y Reproceso	41,58	9,1

De todas estas pérdidas se analiza aquella que representa la mayor cifra significativa las cuales son las fallas de máquina o molde, y entre ellas tenemos: paradas son por limpiar la boquilla, por daño mecánico del molde, daño eléctrico de la máquina y falta de energía eléctrica.

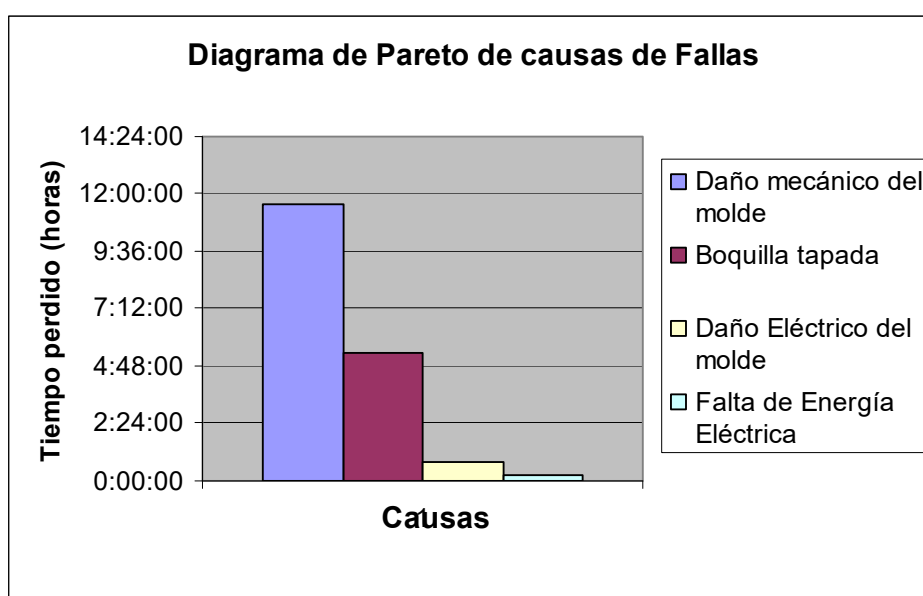


FIGURA 3.8. DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS DE LAS PERDIDAS EN FALLAS

En el diagrama de Pareto observamos que el 80% de estas fallas son generadas por solo el 20% de las causas y esto es el daño mecánico del molde, este daño está íntimamente relacionado con la máquina, porque muchas veces aquello que produce éstos daños son las

máquinas mal ajustadas o calibradas, que podrían golpear al molde en cada cierre de presión, por esto es importante el realizar un mantenimiento tanto para la máquina y para los moldes que van a ser montados en esa máquina, y establecer condiciones y estándares iniciales para de esta manera reducir pérdidas.

6. Eliminar ambientes que causen deterioro acelerado (controlar las fuentes de contaminación)

Luego que se han determinado las causas de las pérdidas, se procede a controlar las fuentes de contaminación, esto como previo a la puesta a punto del Equipo.

La máquina SM-1500, hasta el momento tiene una apariencia buena, no existen tubos o mangueras rotas, las cuales son las que más contaminan, pero sí existe contaminación cuando se lubrica con grasas todas aquellas partes móviles de la máquina, y que a pesar que se utiliza una pistola y se inyecta el lubricante en los puntos que la máquina mismo lo indica, nunca se limpia el residuo de lubricaciones anteriores dejando estas grasas aglomeradas en las partes móviles, y con el movimiento, estas grasas contaminan otras partes que no necesitan de lubricación.



FIGURA 3.9. GRASAS SATURADAS

Una fuente de contaminación muy importante la genera el accesorio principal de la máquina que es el molde, un **cambio de molde** en esta máquina se puede hacer desde 1 vez al mes hasta mas o menos 5 veces al mes, lo que implica cambiar conectores de enfriamiento del molde, cores para expulsar el artículo, mangueras, etc. en fin hacer un sinnúmero de conexiones y ajustes al mes, por lo que el cansancio de la gente o deterioro de mangueras, adaptadores, rings, etc. genera que no se ajusten bien y por ende provoquen pérdidas. Muchas veces no se ajustan bien estas mangueras ya sea del molde o del distribuidor de agua refrigerada, y hacen que caigan en la máquina tanto el agua que genera oxidación, y también que caiga aceite que a más de causar accidentes al personal, manchar

artículos, también daña la máquina, pues mezclado con polvo y basura se transforma en un abrasivo que en poco tiempo puede dañar seriamente al equipo, por lo tanto se propone realizar un mantenimiento a todo lo que se refiere mangueras, conectores y todos sus componentes.



FIGURA 3.10. CONEXIONES HIDRÁULICAS DE MOLDE

La **banda transportadora** es otro accesorio de la máquina, que está bajo ésta, muchas veces cuando no se la utiliza se la deja tal como está, sin recubrirla con algo, pues como se dijo anteriormente el aceite o el agua del molde caen en la banda transportadora produciendo daños, además también cae la rebaba extraída de los artículos causando más daños y por ende más pérdidas, es necesario

a parte de recubrirlos con una funda, el colocar debajo del molde un sistema que recoja todos éstos desperdicios.



FIGURA 3.11. BANDA TRANSPORTADORA

Ésta máquina posee **alimentador o succionador de materia prima**, para lo cual no es necesario subir y llegar a la tolva y vaciar el material, sin embargo sí se lo hace, aunque no muchas veces pero si más de una vez por día, o sea un operario es quien sube el material de forma manual y coloca este material en la tolva, y por ende siempre van a caer residuos de material o pigmentación del mismo en la máquina; esto hay que tratar de evitar al máximo, pues a más de causar daño a la máquina, causa pérdidas de material costoso.



FIGURA 3.12. SUCCIONADOR DE MATERIA PRIMA

En lo que se refiere al **túnel de calefacción**, existen algunas pérdidas, que no se las ve pero está allí; en este túnel existen resistencias en la parte externa, para calentar y almacenar energía en forma de calor para cada zona, las cuales si no poseen un aislante térmico, entonces al estar en contacto con el ambiente se disipa el calor y pierde energía, disminuyendo de temperatura, para lo cual la máquina activa otro sensor y prende nuevamente estas resistencias para subir de temperatura; el prender y apagar genera pérdidas en la energía eléctrica; para esto se propone en colocar aislantes térmicos que almacenen el calor, y así se evite pérdidas de energía y por ende de dinero.



FIGURA 3.13. TUNEL DE CALEFACCIÓN

7. Establecer inspecciones diarias y estándares de limpieza y lubricación

Antes de poner apunto el equipo primero hay que adoptar la filosofía de cambio, mediante inspecciones diarias por parte del operador, para así establecer estándares de limpieza y lubricación.

Las Inspecciones diarias deben estar fundamentadas en un procedimiento que se lo establece previamente por el grupo de trabajo y que debe estar siempre en una continua retroalimentación o capacitación.

Con el grupo de trabajo se ha establecido ciertos lineamientos a seguir para tratar de mejorar el equipo, asimismo se ha llegado a acuerdos, para no interrumpir en el desempeño del trabajo, pues a los

trabajadores les gusta realizar solamente su función, y creen que el limpiar o mantener en orden su puesto de trabajo es una carga extra.

La limpieza se la va ha realizar todos los días, pero no de una manera muy profunda, pues cuando la máquina está encendida es peligroso estar limpiando; de esta manera se establecerá una cultura de limpieza en la persona para con la máquina. Lo primero que se empieza a limpiar es todo aquello que se va ha medir y controlar:

1. Limpiar el área de trabajo.
2. Limpiar la zona donde está el visor del aceite hidráulico, los visores de las bombas y todo aquel visor en donde mida algún tipo de parámetro
3. Limpiar los cilindros y tuberías más importantes, con el fin de notar si existe alguna fuga o si están bien conectadas
4. Limpiar y secar las conexiones de los tubos enfriadores.
5. Limpiar el display controlador de la máquina.
6. Limpiar cubiertas de la máquina.
7. Limpiar los dispositivos de seguridad de la puerta, tanto el hidráulico, como el eléctrico.



FIGURA 3.14. PARTE INTERNA CON PUERTA ABIERTA

Hay que tener claro ciertos parámetros de seguridad a la hora de limpiar y asimismo al trabajar.

1. Usar protección en las manos como guantes, usar gafas protectoras, y protección para los oídos contra el ruido.
2. Cuando se limpie nunca se debe utilizar aire comprimido en zonas donde existan aberturas, puesto que puede perjudicar y enviar las partículas contaminantes a lugares delicados.
3. No utilizar lana para limpiar, utilizar franelas.
4. Nunca tocar el túnel de calefacción o la boquilla de inyección cuando esté encendida la máquina.

Una lubricación correcta es fundamental para el funcionamiento de la máquina permitiendo elevar el promedio de vida útil del equipo, incluso en muchos casos alargándolo, se utilizan aceites y grasas tanto para la parte hidráulica de la máquina, la circulación, y movimientos de la misma. Las grasas se las utiliza para facilitar el movimiento de los componentes que tiene, este tipo de mantenimiento se lo tiene que realizar cuando la máquina está parada, por cuanto en movimiento es peligroso lubricarla, las partes móviles a engrasar de manera semanal se dividen en dos grupos, primero el de la unidad de cierre de apertura y segundo el de la unidad de inyección de máquina, según los fabricantes dicen que la lubricación se la debe de realizar cada 3 meses, pero según las condiciones del ambiente, los años de vida de la máquina, la frecuencia de lubricación se la reduce, pero esto se detalla claramente en el capítulo de planificación del mantenimiento; por lo tanto en esta máquina la lubricación no se la va ha hacer de manera diaria.

Para las lubricaciones de todos los componentes que necesitan aceite hidráulico o grasa, para la máquina en general se va ha seguir un plan de lubricación, que se detalla en la parte del plan de mantenimiento.

Los siguientes son los controles visuales que se van a realizar:

1. Inspeccionar el visor del tanque hidráulico, y verificar si está al nivel, la parte verde es lo cuando debería estar lleno, y la parte roja indica que es necesario colocar aceite.
2. Verificar en el panel de control si la temperatura del aceite hidráulico está entre 45 ° C a 55 ° C.
3. Antes de cada producción se va a entregar a los jefes de turno una tabla con los tipos de resinas y sus respectivas temperaturas para que al momento de calibrar la máquina dejen en el tablero del operador las temperaturas estándar para cada zona, entonces ahí el operador tiene que verificar si las temperaturas que marca el panel son las requeridas.
4. Inspeccionar si no hay fugas de ningún tipo por todas aquellas tuberías o mangueras, hidráulicas u oleohidráulicas.
5. Inspeccionar si las conexiones del molde están debidamente conectadas; revisar check list del molde. (Apéndice G)
6. Inspeccionar si no están quemados los plásticos que recubren los alambres de las resistencias del túnel de calefacción y de la boquilla.
7. Revisar si poseen lubricante todas aquellas partes corredizas.

8. Revisar en la boquilla de inyección que no exista aceite, material plástico, suciedad o cualquier tipo de material que provoque taponamiento de la misma.
9. Probar si funciona el botón de emergencia para detener el funcionamiento de la máquina.
10. Verificar si los micros de seguridad están fijos y no se han movido.
11. Probar el dispositivo hidráulico de seguridad, para la puerta, primero encender el motor de la bomba, luego presione el rodillo de la válvula de control direccional cuando la guarda móvil o puerta de seguridad esté cerrada, si la máquina sigue trabajando, entonces existen problemas con este dispositivo.
12. Antes de trabajar se debe verificar la termocupla de la banda de calor que indica la condición del túnel de calefacción, se debe comprobar si dentro de 20 minutos la temperatura alcanza los 60°C.
13. Probar el dispositivo eléctrico de seguridad de la puerta, hay que abrir la puerta de 5 a 10 mm., si la bomba no para de funcionar, entonces hay problemas con estos sistemas de seguridad.
14. Revisar si las dos medidas de presión no suben al mismo tiempo, esto nunca puede suceder. La presión normal es entre 80 a 130 Kg/cm².



FIGURA 3.15. MANÓMETROS DE PRESIÓN

La máquina posee algunos dispositivos de alarma, por lo tanto si existen fallas de presión, temperatura, tiempos, etc., entonces la máquina hará sonar la alarma.

8. Iniciar e implementar control visual intensivo

El control visual se lo realiza luego de establecer estándares, y este se encarga de que el operario debe chequear los componentes básicos, de acuerdo a los estándares.

Este control visual lo tiene que realizar el operario y se lo ayuda, utilizando ciertas herramientas visuales o de fábrica visual. (Capítulo

2)

Algo importante en el control visual es delimitar el área de trabajo, para esto se propone:

1. Pintar con color amarillo la zona en donde se va a apilar el scrap, por lo regular siempre existe una cantidad máxima de scrap, para el cual se lo va a delimitar.
2. Pintar la zona en donde va a ir colocado el producto terminado, señalando claramente que es para producto terminado.
3. Colocar un tablero grande de corcho para adherir datos importantes de calibración, de materiales y sus temperaturas para cada material, así como también, un resumen del manual de operación de la máquina y otros datos de seguridad, de operación y de mantenimiento.
4. Colocar una tapa de acero donde queda la banda transportadora, cubriéndola y estando al nivel del suelo, con el fin de ocupar ese sitio cuando no está trabajando la banda transportadora, y asimismo proteger la banda de todo aquel residuo que le caiga y genere daños potenciales.

La mayoría de manómetros e instrumentos de medición externos varían de acuerdo al material, al molde y a las condiciones con las que arranca. Pero si existen valores máximos que pueden sobrepasar, y para estos se les va a colocar cintas adhesivas que sirvan para controlar los valores máximos.

CAPÍTULO 4

4. MEJORAMIENTO DE LA MÁQUINA INYECTORA

4.1. ANÁLISIS DE FALLAS

Puesta a Punto del Equipo

Con la puesta a punto del Equipo, se pretende mejorar la vida del equipo, y hay que tener presente actividades claves como: estandarización de partes o herramientas, mantener las condiciones óptimas, analizar el historial del equipo y analizar records de reparación. Primeramente hay que **evaluar el equipo para seleccionar en un futuro el MP.**

En la empresa lo que más se ha descuidado es la parte del mantenimiento planificado, siempre se ha realizado un mantenimiento correctivo, pero nunca se ha llevado registros, ni documentado, mucho menos se tienen formatos para las distintas partes del mantenimiento por cubrir; además no existe personal para que lo haga, por lo que para realizar el análisis de fallas, la historia del equipo y los records de reparación se van a utilizar los datos que se tomaron para analizar las mayores pérdidas y paradas, las mismas que fueron analizadas en el capítulo 3; lo que nos dan los siguientes datos:

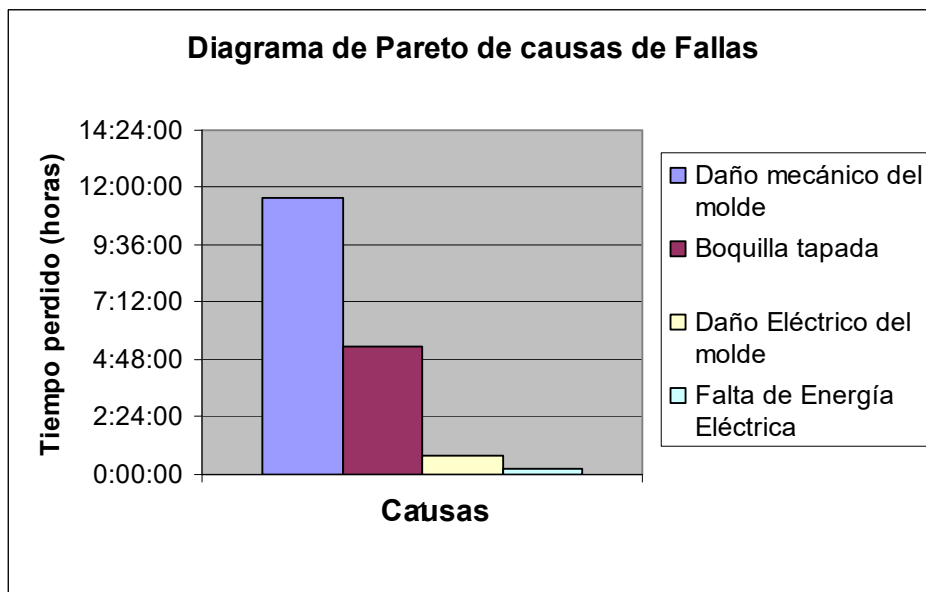


FIGURA 4.1. DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS DE LAS PERDIDAS EN FALLAS

4.2. CORECCIÓN DE FALLAS

1. Prevenir la repetición de fallas mayores

Luego de obtener el Historial de Fallas, con un diagrama de Pareto, se puede ver cuales son los defectos o causas que llevan al 80% de los problemas o efectos negativos, y para estos Defectos se proponen soluciones; como se puede apreciar en el diagrama (figura 4.1), aquella falla que genera mayor tiempo perdido es el daño mecánico del molde, ésta genera el 80% del tiempo perdido, pero por cuestión de falta de

datos para un análisis más a fondo como ya se explico anteriormente, entonces se van ha analizar todas aquellas fallas que son:

- Daño mecánico del molde.
- Boquilla tapada.
- Daño eléctrico del molde.
- Falta de energía eléctrica.

Daño mecánico del molde

Este daño por lo regular depende del molde con el que se esté trabajando, pero en general se dan por los siguientes problemas:

Daño en las Botellas Oleo hidráulicas, estos daños de la botellas son muy frecuentes; las botellas óleo hidráulicas como así se las llama son aquellas que abren una parte del molde para expulsar el artículo; por lo regular estos daños se dan cuando se queman los empaques y rings, debido a la fricción ocasionada por el movimiento y sumada al mal estado de éstos empaques o rings, se producen las fallas, manifestándose con fugas de aceite, y por lo tanto perdida de presión.

Solución:

Para corregir este daño frecuente de las botellas hidráulicas, es necesario que se cambien los empaques y los rings, y revisar constantemente dichas botellas ya que por el uso es inevitable el daño,

pero si se puede prevenir; además es necesario que los jefes de turno calibren de forma adecuada para que no expulse ni muy rápido ni muy lento la parte móvil del molde, y además realizar los ajustes de las mangueras hidráulicas de forma adecuada.



FIGURA 4.2. BOTELLA OLEO HIDRÁULICA DEL MOLDE

Daño del molde por agarres; estos agarres son fisuras o agrietamientos de la cavidad del molde, en la parte donde se forma el artículo; y causan que el artículo salga rayado; y en peor de los casos que el artículo se quede atascado; estas fisuras se deben a causa del golpe entre el molde, el macho y la hembra, o la parte móvil y la parte fija respectivamente; produciendo un desgaste en la parte interna o de la figura del molde.

Solución:

Para corregir este daño es necesario primeramente que exista un correcto montaje del molde y asimismo una correcta calibración, para esto es preciso tener el personal idóneo; además se requiere que después de cada producción con cada molde se le coloque la suficiente grasa en las dos caras de la cavidad o figura del molde, con el fin de que el tiempo que permanezca en reposo antes de la siguiente producción, no exista fricción directa entre el acero de las dos caras.



FIGURA 4.3. MOLDE CON DAÑOS POR AGARRE

Daños de los expulsores; éstos son unas varillas metálicas que sirven para botar o expulsar el artículo; los mismos se dañan por desgaste al entrar y salir, produciendo que el material plástico entre en los expulsores, dañando así el movimiento y generando paradas; el desgaste de los expulsores depende de la longitud del expulsor, entre más larga más se desgasta.

Solución:

El desgaste de los expulsores es algo que se va a dar tarde o temprano, pero para alargar la vida de estos, se necesita que se haga una correcta calibración del molde, después de ser montado, con el fin de evitar golpeteos o que el expulsor salga con mucha velocidad y se averíe; asimismo para corregir los dañados es necesario que se manufacture otros con un diámetro superior.

En la figura 4.4 se muestra el molde de una mesa con los expulsores afuera; en esta figura no se puede apreciar los desgastes, ya que son desgastes milimétricos, pero que afectan al molde y por ende generan paradas no programadas.



FIGURA 4.4. EXPULSORES DE MOLDE

Daños por sustancias dentro del molde; las sustancias que generan daños primero en el artículo, y luego en molde, y que de todas formas existen paradas de máquina; son las producidas por agua y por gas de evaporación.

Las producidas por agua, hacen que salgan manchas en el artículo plástico, y que con el tiempo se oxide la parte interna o figura del molde; esto se debe a que en el molde, por poseer mangueras y agua fría, empieza a “sudar” debido a los cambios de temperatura en la parte externa, por lo tanto se acumula el agua y luego cae en la figura del molde.

Las producidas por gas, producto del calor del plástico derretido que por estar a elevadas temperaturas no tiene donde escapar, formando manchas negras en los artículos, y después de algún tiempo daña la figura del molde con manchas de óxido.

Solución:

En lo que respecta a los problemas producidos por el agua, es necesario que se limpie la parte superior del molde, o por donde podría caer el agua, utilizando un paño absorbente, esta limpieza se la tendría que realizar frecuentemente y con algún mecanismo que no dificulte la labor del operario.

Las manchas en el molde producidas por evaporación del material, se podría evitar calibrando la máquina de manera adecuada, o sea con las temperaturas adecuadas para cada material.

En la figura 4.5 se muestra una de tantas zonas manchadas en el molde de la silla, la cual estaba en el área de mantenimiento por reparación y por pulimento de la misma.



FIGURA 4.5. MANCHA DE MOLDE POR AGUA

Boquilla tapada

La boquilla tapada se da esta falla por dos razones: la primera es cuando el material viene contaminado y la segunda cuando se daña la punta de la boquilla.

Material contaminado; esto sucede muy frecuente y se debe a que la materia prima que se coloca en la tolva posee impurezas como piedras o trozos de metal; ya que muchas veces la materia prima posee material reciclado, el mismo que si no se lo limpia bien, es muy probable que contenga impurezas, otra razón se debe a que al momento que se baja el

material, este se lo coloca en sacos de aproximadamente 30 kg., los mismos que son apilados uno sobre otro, pero permaneciendo el saco abierto; en efecto, la base del saco que va encima del primero va a poseer impurezas, pues fue asentado en el suelo, y éstas partículas caerán dentro del primer saco de materia prima.

Solución:

Para contrarrestar el material contaminado producto del reciclado, es necesario que el proceso de molido y paletizado del material se lo realice con más cuidado y teniendo en cuenta la limpieza y orden de dicha área de trabajo; asimismo después de que el material es mezclado y pigmentado se deben de colocar los sacos sobre pallets, y estos sacos se los debe de tapar con fundas, para que de este modo al colocar los siguientes sacos sobre los primeros, no se ensucien con cualquier partícula.

En la figura 4.6 se muestra aquel método de apilación que se realiza actualmente en la empresa, en donde se puede observar como la materia prima está expuesta a que le caiga cualquier tipo de impurezas que afecte el correcto funcionamiento de la máquina y de la inyección del artículo.



FIGURA 4.6. APILACIÓN DE SACOS SIN RECUBRIMIENTO

Daño de punta de la boquilla; esto pasa cuando la boquilla se tapona por el acero de la misma boquilla; la causa que lo produce es cuando el movimiento de la unidad de inyección es muy acelerado, provocando que la boquilla de la máquina choque contra la boquilla del molde; dañando y taponado la salida del material plástico a través de la boquilla.

Solución:

La solución para que no se dañe la punta de la boquilla es realizar una correcta calibración de la máquina por parte de los jefes de turno, y regular las velocidades de acuerdo a la necesidad.

En la figura 4.7 se muestra una boquilla tapada con exceso de material en el cuerpo de la misma.



FIGURA 4.7. BOQUILLA TAPADA

Daño de la resistencia de la boquilla; esto sucede cuando el material plástico se acumula en la resistencia e impide el paso de la corriente provocando que la boquilla se enfríe y que el material plástico que va a ser inyectado se seque y se tape la punta de la boquilla.

Solución:

Es necesario verificar el estado de las conexiones de las resistencias y si están debidamente ajustadas, además hay que revisar frecuentemente el

estado de las mismas y si éstas poseen material plástico hay que retirarlo inmediatamente utilizando la herramienta adecuada; con el fin de evitar que se acumule más plástico y que se dañe la resistencia o la conexión del mismo. Si es imposible quitar el plástico hay que cambiar la resistencia por otra nueva

En la figura 4.8 se muestra las resistencias de la boquilla, las cuales poseen material plástico que afectan el correcto funcionamiento de dicha resistencia.



FIGURA 4.8. RESISTENCIAS DE LA BOQUILLA CON MATERIAL

Daño eléctrico del molde

Se da por las siguientes causas: daño de las resistencias de los puntos de inyección, por daño en los micros y por daño en las termocuplas.

Daño de las resistencias; primeramente las resistencias del molde son aquellas que permiten que el material se mantenga caliente hasta llegar a los canales y a las cavidades del molde. Estas resistencias se dañan porque a veces se mete material plástico en el dieléctrico o también en las conexiones donde pasa la corriente, por lo regular sucede con aquellas resistencias que están viejas y dañadas.

Solución:

Se debe revisar constantemente los moldes y sus resistencias antes y después de cada montaje, con esto se evitaría paros en media producción, pero cuando ya se ha dado el daño, hay que sacar la resistencia del molde y corregir dicho daño, cambiando las partes quemadas por el plástico y comprobar si pasa o no la corriente.

En la figura 4.9 se muestra una resistencia para moldes grandes, denominada también “cruceta”; dicha resistencia está en el área de mantenimiento por reparación de la misma; en esta figura se puede observar también el exceso de material plástico en una de los extremos de la resistencia.

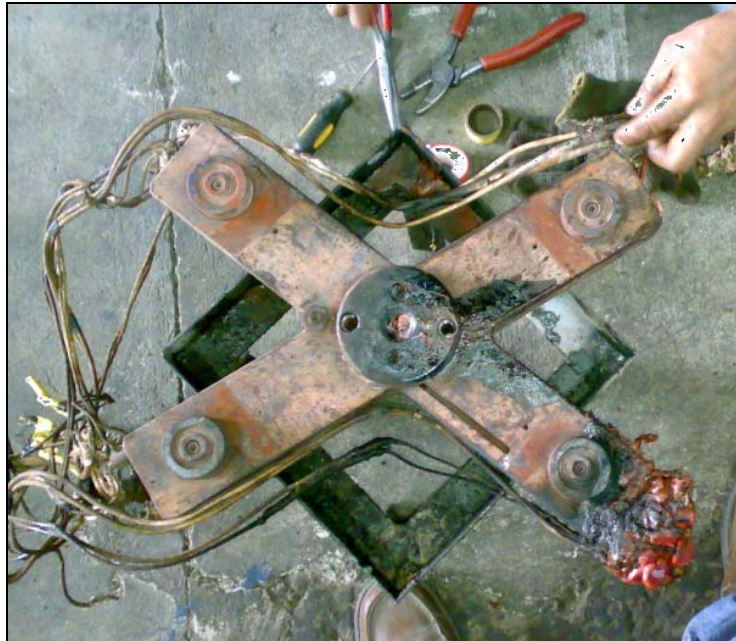


FIGURA 4.9. RESISTENCIA DE MOLDE DAÑADA

Daño de los micros; los micros son unos tipos de switchs que envían señales, por lo regular se los utiliza para cerrar el molde una vez que haya sido expulsado el artículo, también existen sensores tipo magnéticos, que asimismo envían señal de cierre de molde; la mayoría de los daños de estos sensores son por fallas en la energía, por subidas o bajas de voltaje.

Solución:

Hay que realizar inspecciones de estos dispositivos, y cuando exista el daño hay que cambiarlo inmediatamente por uno nuevo, pues no existe

arreglo correctivo y para esto se debe de tener en stock el número adecuado de repuestos para reemplazar cuando sea necesario.

Daño en las termocuplas; éstas sirven para sensar y medir la temperatura del molde; son dañadas a causa de que se introduce material en las “juntas” y no envía señal; asimismo sucede frecuentemente con las termocuplas desgastadas.

Solución:

Es necesario que se limpie el material plástico que puede caer en los sensores, además hay que revisar constantemente el display en busca de anomalías o lecturas erróneas por parte de los sensores de la máquina, en el caso de no recibir respuesta entonces se tiene que cambiar de termocupla.

Falta de energía eléctrica

Como su nombre mismo lo dice es cuando la energía deja de llegar a la máquina; la única razón que se da es por cortes y bajas de voltaje; la empresa posee un generador, pero la potencia de éste no abastece a la máquina, y por ende ni siquiera está conectada al generador. Esta falta de energía repentina hace que se quemen ciertos fusibles, o generen alguna imperfección en la parte eléctrica de la máquina.

Solución:

La única solución sería adquirir un generador con más potencia para que pueda abastecer esta máquina, para esto es necesario que se realice un estudio costo beneficio, y asimismo visualizar el crecimiento de la empresa para adquirir otras máquinas que puedan ser abastecidas con el mismo generador.

2. Corregir debilidades de diseño, estandarización y destrezas en cambios

Diseño

En lo que se refiere al diseño de la máquina, está correcto. Según los operarios, jefes de turno e ingenieros especializados dicen que presenta muy buenas condiciones de fabricación y trabaja de una manera adecuada sin dificultar de ninguna manera el trabajo del operador; la única dificultad que se ha notado es en la parte del control de los *programas del LCP* de la máquina, la cual es un poco confuso al calibrar y encontrar los valores adecuados de temperaturas y presiones.

Solución:

Para contrarrestar dicho problema se propone que se llene alguna ficha de calibración de la máquina, para cada molde, de esta manera todos los

valores quedarán registrados, y para cada nueva calibración simplemente se seguirán estos parámetros y se la calibrará, sin mucha confusión en el programa que entrega la máquina.

Estandarización

Existen ciertos problemas de estandarización tanto de la máquina como de los moldes, nunca un cambio de molde, reparación o calibración se la realiza siguiendo un procedimiento, es de todos los días reparar y ajustar de manera rápida con lo que se tiene a mano en ese momento; puesto que existen falencias en la programación y los cambios de molde se dan a última hora; como esto sucede casi a diario, entonces la manera más rápida pero no la correcta es la de sacar u obtener lo que se necesita de otra máquina o molde que no esté trabajando; además las herramientas con las que se cuenta están deterioradas, y peor aún, no existe la cantidad suficiente de herramientas ni mucho menos están ordenadas o identificadas según el tamaño, medida, equipo o función.

Solución:

Se propone el identificar y ordenar en la bodega de repuestos todas aquellas herramientas de trabajo según su medida, y colocarlas en una plancha visible en donde se las pueda colgar a las herramientas, agilizando la entrega de herramientas y su uso. Para esto es necesario

que en esta área de repuestos se aplique la técnica de 5 S, con el fin de que la búsqueda de un repuesto o herramienta no implique pérdida de tiempo, y de que esta área mejore en un 100% su estado actual.

Una parte importante la que se propone estandarizar son los **tamaños de anillos de centro**, pues éstos dependen del molde, existen moldes con anillos de centro grandes y pequeños, y éstos van centrados y ajustados a la platina fija de la máquina, pero muchas veces el anillo de centro es más grande que el orificio de la platina o plato fijo de la máquina, y solo en esa máquina se puede montar dicho molde, entonces aquí es donde viene el problema.

Solución:

Se propone de que todos los moldes que se montan en un número específico de máquinas posean un diámetro de centro igual al de menor anillo de la placa fija de la máquina, con el fin de que todos los moldes puedan entrar en todos o en la mayoría de máquinas, y simplemente se necesite adicionarle una placa ajustadora (Figura 4.10), al anillo de centro del molde y de esta manera entren en todos los moldes en las máquinas que posean sus requerimientos.



FIGURA 4.10. PLACA O DISCO AJUSTADOR AL ANILLO DE CENTRO

Otra parte importante para estandarizar son todo aquello que comprende **las boquillas**; las boquillas pueden ser directas (Figura 4.11) o tipo válvulas; la diferencia es que las tipo válvulas no permite que salga material si es que se para de inyectar o se saca la unidad de inyección; una boquilla está formada por la punta y el cuerpo o porta boquillas, el cual se conecta al cabezote de la máquina; éstas partes son intercambiables; lo que sucede frecuentemente cuando se tapa la punta de una boquilla es que se cambia toda la boquilla incluyendo el porta boquillas, puesto que no existen boquillas que se ajusten a ese porta boquillas; dicho procedimiento se demora más de una hora.

Solución:

Lo que se propone hacer es manufacturar las puntas de las boquillas, todas con el mismo diámetro de rosca, de tal manera que si se tapa una boquilla solo se cambia la punta y no el porta boquillas, dicha actividad que duraría máximo 10 minutos, y se evitaría el trabajo anterior de sacar todos los componentes, “flamearlos” o derretir el plástico, destapar la boquilla y colocar la boquilla; esto toma demasiado tiempo y vuelve al trabajo muy ineficiente.



FIGURA 4.11. BOQUILLA ESTANDAR TIPO DIRECTA

Destrezas en cambios

Los ajustes que más llevan tiempo son aquellos involucrados con los cambios de molde, y además son los más importantes, pues un mal cambio puede generar otros problemas tanto para la máquina como para el molde; por lo tanto hay que utilizar las herramientas necesarias y óptimas, asimismo los implementos necesarios; todos aquellos pernos, tuercas, muelas de ajuste, y otros tienen que ir de acuerdo al tamaño y peso del molde, puesto que en un día pueden existir más de 4000 cierres de molde, y si éste no está ajustado de la mejor manera se puede mover o en el peor de los casos caerse, cosa que si a sucedido.

En cada cambio de molde, existen ajustes a la máquina, y al molde, como también cambios de mangueras de refrigeración y conectores para el molde; pero cuando se realiza un cambio no existen las mangueras ni conectores para cada molde, por lo que siempre se hace es coger y ajustar las mangueras de un tipo de molde con otras de otro molde diferente, y cuando se busca aquella manguera o válvula para el molde al que pertenece no se las encuentra.

Solución:

Para solucionar esto, es necesario estandarizar todos los implementos que van en el molde y no moverlos, y siempre utilizar los mismos; otro

factor importante es el estandarizar el puesto donde van los moldes, ya que éstos están ubicados de manera desordenada, que cuando se desea hacer un cambio de molde existe pérdida de tiempo en encontrar dicho molde y sus implementos; e incluso ha habido ocasiones en donde no se ha encontrado el molde y simplemente se montó otro. Aquí se propone realizar un check list de las herramientas para cambiar el molde (Apéndice H), de esta manera los implementos estarán a la mano y en correcto funcionamiento; además también se debe realizar un inventario de moldes y un análisis en cuanto a la ubicación de éstos sería sumamente importante para empezar a realizar un trabajo estandarizado y eficiente.

En la tabla 9 se muestra un cuadro resumen de todas aquellas fallas y daños que se dan en la máquina inyectora SM-1500, según los análisis del capítulo 3; asimismo se muestran las soluciones que se han determinado con ayuda y la experiencia de aquellas personas que trabajan en el área de producción y mantenimiento; todas estas soluciones están implícitas en la aplicación del TPM.

TABLA 9
RESUMEN EXPLICATIVO DE FALLAS Y SOLUCIONES

CORRECCIÓN DE FALLAS			
	FALLAS		SOLUCIÓN
REPETICIÓN DE FALLAS MAYORES	Daño mecánico del molde	Daño de botellas oleo hidráulicas	Cambio de empaques y rings. Calibración adecuada.
		Daño de molde por agarres	Correcto montaje, calibración y lubricación.
		Daño de los expulsores	Manufacturar nuevos con diámetro mayor. Calibración adecuada.
		Daño por sustancias dentro del molde	Calibración adecuada y limpieza.
	Boquilla tapada	Material contaminado	Corregir proceso reciclado y mezclado.
		Daño de punta de la boquilla	Calibración adecuada.
		Daño de la resistencia de la boquilla	Limpieza o Cambio de resistencia.
	Daño eléctrico del molde	Daños de las resistencias	Limpieza y cambio de partes.
		Daño de los micros	Cambio de micros por uno nuevo.
		Daño de las termocuplas	Limpieza, monitoreo o cambio de parte.
	Falta de energía eléctrica		Instalar generador (costo-beneficio)
DEBILIDADES DE DISEÑO, ESTANDARIZACIÓN Y CAMBIOS	Diseño	Programas del LCP	Registros
	Estandarización	Falta de programación y orden	Aplicación de 5 S en area de repuestos
		Tamaños de anillos de centro	Cambiar diámetros de centro al de menor diámetro y ajustar con anillos.
		Boquillas y porta boquillas	Manufacturar boquillas con roscas iguales.
	Cambios	Desorganización en cambios de molde	Estandarizar puestos e implementos de moldes.

3. Eliminar las seis mayores pérdidas

Como se puede apreciar en el capítulo 3, se analizaron aquellas pérdidas que existen en el equipo, que son las siguientes:

- Fallas de Equipos.
- Tiempo de Cambio y Ajustes.
- Ocio y Pequeñas paradas.
- Reducción de velocidad.
- Arranques.
- Defectos y Reproceso.

De estas pérdidas se determinó el OEE, siendo un indicador que nos ayudará a medir la eficiencia del equipo y en un futuro se tratará de reducir y eliminar dichas pérdidas con la aplicación del TPM.

En general estas pérdidas están íntimamente relacionados con el personal y en particular con el operario, por eso es muy importante que el operario entienda su rol y su grado de involucramiento con la máquina para que la implementación del TPM y asimismo del mantenimiento preventivo se lo realice de la mejor manera, sin que esto repercuta o afecte su trabajo, ni mucho menos que genere descontento por parte del mismo, pues es él la base del TPM, y quien le va a dar el ***mantenimiento autónomo*** a la máquina, este mantenimiento tiene actividades intrínsecas como son:

- Limpieza.
- Lubricación.
- Cambio/reemplazo de partes o componentes.
- Calibraciones.
- Reparaciones menores.
- Ajustes.
- Reajustes.

Estas son las siete actividades más importantes que el operador tiene que aprender a realizar, para lo cual se necesita capacitación, generando de este modo **empatía** por su equipo y empresa.

Una forma fácil y muy económica de retroalimentar y de capacitar al personal, en especial a los operadores, es la llamada lección de un punto (Capítulo 2), la cual se enfoca en la búsqueda de oportunidades de mejora, para lo cual el jefe de grupo de mantenimiento transmite sus conocimientos en base de formatos sencillos que los realiza al operador para que éste reafirme sus conocimientos, y en grupo buscar siempre soluciones y la mejora continua.

CAPÍTULO 5

5. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Con ésta implementación se desea planear el mantenimiento para de esta forma mantener las condiciones del equipo y se plantea ciertos objetivos:

1. Construir un sistema de Mantenimiento Preventivo.
 - Realizar inspecciones y mantenimientos periódicos.
 - Controlar las partes de repuesto.
 - Computarizar la información de mantenimiento.
2. Reconocer signos de procesos con anomalías.
3. Solucionar las anomalías correctivas.

Para establecer un efectivo sistema de Mantenimiento Preventivo se van a seguir los siguientes pasos:

1. Coleccionar los datos del equipo.
 - Identificar el tipo y el código del equipo.

- Identificar la procedencia y manufactura.
- Anotar la información de la placa.
- Registrar la ubicación en la planta.
- Identificar las partes de repuesto.
- Identificar manuales y planos.

Este paso es muy importante ya que se empieza a documentar, algo que la mayoría de empresas pasan por alto; con la documentación, primero de la máquina, datos técnicos, procedencia, mantenimiento, repuestos, etc. se va a empezar a mantener el “Know How”, que significa que todo el conocimiento y datos de las cosas y las tareas realizadas no se van a perder y van a permanecer en la empresa como datos e historial, de tal manera que si una persona con gran experiencia y conocimientos en cuanto a la máquina, se retira de la empresa, entonces la siguiente persona en venir va a adquirir esos conocimientos e historial de trabajos y datos en general.

Otra cosa muy importante a recopilar es toda aquella información de los manuales de las máquinas y archivarlos de manera ordenada, pues muchas veces estos manuales son leídos una vez y luego se los guarda, y se olvida de la existencia de estos, perdiendo información muy importante que siempre se la necesita.

Toda esta información se detalla en el apéndice I.

2. Desarrollar una lista de verificación.

Esta lista de chequeo es la que llevará el control de las actividades a realizar las cuales son dos:

- Mientras el equipo está trabajando.
- Actividades que se realizan solo cuando el equipo está parado.

Las actividades a realizar mientras el equipo está trabajando son mínimas por cuanto es un poco peligroso, pues los movimientos de la máquina, y sus altas temperaturas crean un cierto grado de riesgo para quien realiza actividades de mantenimiento; estas actividades se detallan en el check list de máquina. (Apéndice J)

Las actividades que se realizan mientras el equipo está parado son amplias y se aprovecha a lo máximo este tipo de paradas para realizar un mantenimiento, tratando de combinar frecuencias semanales y mensuales, para de esta manera esté el menor tiempo parado el equipo; el detalle de las actividades y de la lista de chequeo se explica en el desarrollo de estrategias.

3. Desarrollar estrategias.

Las estrategias de mantenimiento juegan un papel importante en el mantenimiento planificado, pues se trata de entregar a la máquina el mejor cuidado y mantenimiento con el fin de reducir todo tipo de paradas, ya sea

no programadas y paradas programadas, éstas últimas tienen que tratar de ser las más reducidas posibles, para que el mantenimiento sea óptimo en todos los sentidos, de tal manera que se tratará de combinar los mantenimientos diarios, semanales y mensuales, reduciendo así el tiempo o atrasos en la producción.

Como se pudo apreciar en el capítulo 3 y 4, en el análisis de fallas y paradas durante un mes nos dieron las siguientes causas:

- Daño mecánico del molde.
- Boquilla tapada.
- Daño eléctrico del molde.
- Falta de energía eléctrica.

La causa que genera el mayor número de paradas es el daño mecánico del molde, luego boquilla tapada, daño eléctrico del molde y falta de energía eléctrica; estos datos nos dan un indicio, que los mayores tiempos parados son por causa del molde: daño mecánico y daño eléctrico, por cuanto es muy importante realizar un mantenimiento a los moldes; vale recalcar que simplemente fue un mes en el que se recopiló los datos, y por lo tanto pudieron haber existido paradas por causas netas de máquina en otros meses; pero vale rescatar un mes para darse cuenta lo importante que son los moldes y su mantenimiento.

Plan de mantenimiento de los moldes:

El mantenimiento de los moldes de inyección es muy importante, ya que éstos están expuestos a altas temperaturas y presiones, que hacen que poco a poco se pierda precisión y se desmejore la calidad del producto final; por cuanto es importante que se limpien, se les de mantenimiento y se almacenen de una manera adecuada; además el fabricante de los mismos debe de estipular el *número máximo de piezas a fabricar en una producción en condiciones normales* para que el molde pueda resistir sin sufrir desmejoras y mucho menos daños a los productos producidos; si no se posee estos datos por parte de los fabricantes, entonces se debe de obtener mediante la experiencia de las personas especialistas que han trabajado con estos.

Un problema grave en la empresa es el de que siempre se montan moldes y se los baja sin hacer una revisión completa de los mismos, causando muchas veces daños al producto, y paradas no programadas en la máquina; para esto se propone realizar un tipo de evaluación por parte del departamento de mantenimiento, con el fin de alargar la vida del molde y entregar productos de calidad. El siguiente diagrama muestra el procedimiento que se propone para realizar la evaluación correcta del molde.

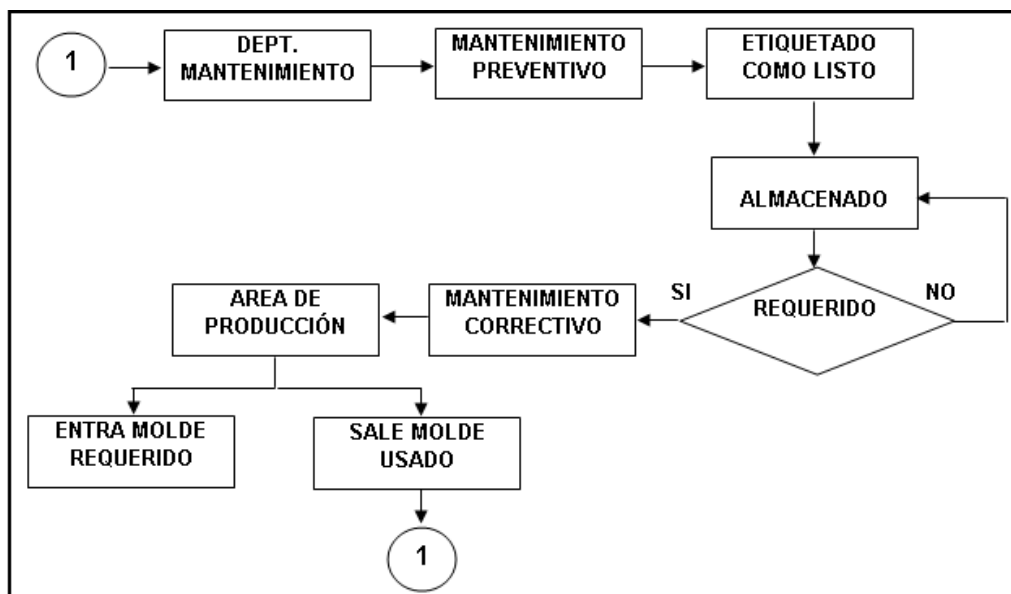


FIGURA 5.1. DIAGRAMA DE MANTENIMIENTO AL MONTAR Y DESMONTAR MOLDES

1. El departamento de mantenimiento, previamente recibida la información del departamento de producción revisa el o los que están próximos a montar de acuerdo al programa de producción, para así darle el respectivo mantenimiento preventivo a los moldes, revisando todos los componentes desde los más importantes hasta los menos importantes, siguiendo una secuencia de prioridad de revisión, que depende exclusivamente del molde. (Apéndice K)
2. Se lo etiqueta al molde como listo para iniciar cualquier producción.
3. Se guarda el molde en un lugar específico para éste; se lo almacena con cuidado tratando de no dañar ningún conector; y se lo tapa con

una funda evitando que agentes externos contaminen y dañen el molde.

4. Espera el molde hasta su próxima producción.
5. De acuerdo a la planeación de la producción se sabe con precisión para cuando se requiere dichos moldes; para esto debe existir una relación y comunicación directa entre el área de ventas, producción y mantenimiento para evitar contratiempos de última hora y alistar el molde.
6. Si se lo requiere el molde para su producción; entonces se procede a realizar un mantenimiento correctivo sencillo, simplemente para dejarlo listo para que trabaje normal y sin problemas, para esto se toman datos en el check list del molde. (Apéndice G)
7. El Departamento de producción ordena que se monte el molde requerido, bajando el que estaba produciendo en la máquina.
8. Se baja el molde de la máquina y se verifica si es que trabajó bien o tuvo algún problema, tomando datos en el check list del molde.
9. El molde bajado se lo lleva a mantenimiento preventivo, dando prioridad a las fallas que tuvo en su última producción, y se repiten los pasos desde el primero.

Siguiendo este procedimiento se reducirán las fallas por causa del molde, y se asegurará la calidad de los productos inyectados, disminuyendo de esta

manera quejas de los clientes por productos defectuosos por causa del molde.

Programación de Trabajos de mantenimiento de moldes:

Luego de que se empiece a trabajar de forma correcta y siguiendo los lineamientos, los mantenimientos de los moldes serán de 2 tipos mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento Correctivo, se da cuando se va a montar un molde que está ya está listo en la zona de almacenado de los moldes, y necesita revisarlo previamente.
- Mantenimiento preventivo, se da cuando el molde ya se bajó y presentó fallas en la producción, o se bajó el molde con daños, para esto se necesita dejarlo listo al molde y arreglar todo lo que sea necesario antes de colocarlo en sitio de almacenado de moldes.

Para el mantenimiento de los moldes existen 2 personas especialistas, para los cuales se los va a tomar como centros de trabajo diferentes, por cuanto una persona no depende de la otra, ni el trabajo que realicen, y asimismo cada uno tomará un molde específico hasta dejarlo listo.

Los problemas más grandes que se dan es de que no existen orden en los trabajos y muchos de éstos permanecen meses sin ser arreglados y a veces

se montan con fallas; para esto se propone que se siga cierta priorización en los trabajos:

Para los moldes que bajan se va a seguir la regla *FIFO (first in first out)* el primero en bajar va a ser el primero en ser arreglado o llevado a que se haga un mantenimiento preventivo, se sigue esta regla, pues para que se monte el mismo molde pasará por lo menos un mes, así que todos tienen que ser corregidos de acuerdo a como fueron bajados, y de esta manera no se dejen trabajos en espera por mucho tiempo.

Para los moldes que se van a subir se seguirá la regla *EDD (earliest due date)*, que en este caso es la próxima fecha que se monta el molde, lo cual es muy importante que no se pase de la fecha, pues se sigue cierta programación, y demoras en el montaje implican grandes pérdidas. Se establece como política el revisar los moldes con 2 días de anticipación antes de la fecha planeada.

Se empezará a llevar control en las órdenes de trabajo en los mantenimientos de los moldes, para esto se llevarán los siguientes informes:

- Orden de trabajo de cambio de molde. (Apéndice L)
- Ficha técnica de moldes. (Apéndice M)
- Mantenimiento de moldes. (Apéndice N)

Plan de mantenimiento preventivo de la máquina SM -1500:

De acuerdo a los datos analizados en el capítulo 3, el mayor número de paradas no programadas se dio por causa del molde, pero si no se realiza un mantenimiento preventivo a la máquina los daños podrían ser mucho más graves generando paradas y por ende grandes pérdidas, pues un simple tornillo flojo desataría daños en cadena.

Para que un mantenimiento planificado se realice de la mejor manera, tiene que cumplirse y trabajar de una forma correcta, buscando el beneficio de la máquina y de la empresa; el plan de mantenimiento de la máquina se dividirá de acuerdo al control y a la especialidad que se le quiere dar a este y constará en:

- Plan de mantenimiento de la máquina.
- Plan de mantenimiento de equipos auxiliares importantes.
- Plan de mantenimiento de equipos de seguimiento y medición.

Plan de mantenimiento de la máquina:

El plan de mantenimiento se muestra en el apéndice O y consta de 2 partes básicas que están íntimamente relacionadas:

- Plan de mantenimiento del sitio o lugar de inspección.
- Plan de mantenimiento con las actividades a realizar.

En el ***Plan de mantenimiento del lugar a inspeccionar*** se muestra de manera macro aquella parte de la máquina que necesita ser revisada o que se le realice algún trabajo, estas partes pueden poseer muchos ítems, pero no se los revisa a todos al mismo tiempo.

Asimismo estas partes a revisar pueden ser de responsabilidad interna o externa (outsourcing), esto depende de la dificultad, de la precisión, especialidad y de las herramientas que van a intervenir en el trabajo, ya que puede resultar más económico que lo realice una persona externa a la empresa, y que deje al equipo en mejores condiciones que si se las hubiese realizado internamente y con las herramientas de la empresa.

Y la parte más importante que es la frecuencia del mantenimiento, esto quiere decir los intervalos de tiempo entre una revisión y otra, estos intervalos pueden ser diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales.

Los mantenimientos están separados de acuerdo al tipo que sea éste, pues existe personal capacitado y especializado para cada mantenimiento mecánico, eléctrico, hidráulico u oleo hidráulico; y es necesario dejar claro a quien corresponde.

En el ***Plan de mantenimiento con las actividades a realizar***, o llamado también el de contramedidas se muestra el ítem específico a revisar y lo que

puede tener o en las condiciones que podría estar; asimismo se recomienda y se especifica qué y cómo se debe hacer para contrarrestar dicha condición del ítem.

Algo muy importante en el TPM, es el ser específico en lo que se va a realizar y asimismo llevar registros, como así también quien va a ser el ejecutor de dicho mantenimiento; como ya está claro que el operario es la base del TPM y en el mantenimiento autónomo de la máquina, entonces en este plan se va a especificar quien será el ejecutor de dicha parte a evaluar.

Como se puede observar en el apéndice O existe aquel mantenimiento hidráulico u oleo hidráulico, en donde los puntos a lubricar se los tiene que identificar correctamente; en la figura 5.2 se muestran aquellos puntos con símbolos.

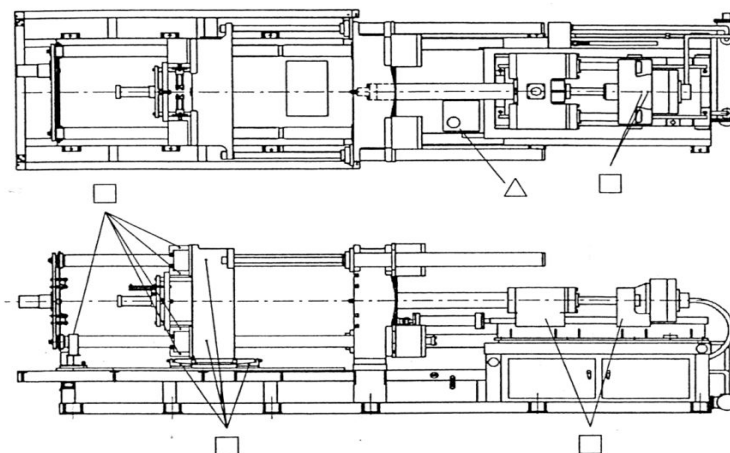


FIGURA 5.2. LUGARES A LUBRICAR

Cada punto a lubricar tiene su particularidad tanto en la herramienta con la que se lubrica, en la dosificación, frecuencia y tipo de lubricante; en la tabla 10 se muestran aquellos datos importantes para tener una lubricación correcta.

En lo que respecta a la frecuencia de lubricación los datos mostrados no son los mismos que recomienda el fabricante, ya que por el tiempo de uso de la máquina este tiempo fue acondicionado con ayuda de los expertos en el tema para que de esta forma la máquina funcione de manera adecuada.

TABLA 10
DATOS IMPORTANTES DE LA LUBRICACIÓN

DATOS IMPORTANTES DE LUBRICACIÓN					
No	Lugar de lubricación	Símbolo	Lubricante	Herramienta y Dosificación por localización	Frecuencia de lubricación.
1	Patines de desplazamiento que soportan el plato.		Grasa ESSO Beacon EP2	Pistola de grasa 3 a 5 presionadas	Cada 3 meses
2	Correderas o guías del plato		Grasa ESSO Beacon EP2	Pistola de grasa 50 a 60 presionadas	Cada 3 meses
3	Carro de desplazamiento de la unidad de inyección.		Grasa ESSO Beacon EP2	Pistola de grasa 50 a 60 presionadas	Cada 3 meses
4	Las barras guía de la unidad de inyección.		Grasa ESSO Beacon EP2	Pistola de grasa 30 a 40 presionadas	Cada 3 meses
5	Los bloques de cierre o enclavamiento del plato.		Grasa ESSO Beacon EP2	Pistola de grasa 3 a 5 presionadas	Cada 3 meses
6	Tanque hidráulico		Aceite Hidráulico ESSO Nuto H46		una vez al año

Plan de mantenimiento de equipos auxiliares importantes

Este tipo de mantenimiento no se lo toma como parte del mantenimiento de la máquina, para que exista diferencia entre estos equipos auxiliares y su importancia, y de esta manera que posea una atención especializada, pues son aquellos equipos que ayudan a la máquina para que trabaje en óptimas condiciones. Este plan de mantenimiento se muestra en el apéndice P.

Plan de mantenimiento de equipos de medición y seguimiento

Se lo ha considerado a este mantenimiento separado del mantenimiento del equipo, aunque este es inherente al mismo y está expuesto a las mismas condiciones, pero lo que se quiere y se propone es el desarrollar un grupo de personas que se especialicen en todos aquellos equipos y herramientas de medición y seguimiento que existen en las máquinas y en la planta en general, ya que éstos son aquellos que nos van a entregar mediciones confiables y por lo tanto es necesario que exista un seguimiento y una calibración especializada; este mantenimiento para la máquina SM-1500 se muestra en la tabla 11 y las fechas están en el cronograma de mantenimiento preventivo y predictivo.

TABLA 11
CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

PLAN DE CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Nro.	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA			FECHAS		RESPONSABLE
		Nro. de meses			ULTIMA CALIBRACIÓN	PRÓXIMA CALIBRACIÓN	
		6	8	12			
1	Termo control de temperaturas	X					
2	Termómetro	X					
3	Manómetro de Presión		x				
4	Transductor		x				

La aplicación de estos planes de mantenimiento y cualquier tipo de mantenimiento que se le realice a la máquina y a sus equipos se lo puede controlar y visualizar mejor en el cronograma anual de mantenimientos preventivos y predictivos. (Apéndice Q)

4. Llevar el historial del mantenimiento

Se va a empezar a llevar un historial del mantenimiento, para que de esta manera no se pierda el “Know how”, y se empiece a tomar medidas de acuerdo al historial; los registros serán los siguientes:

- Control de Ordenes de trabajo. (Apéndice R)
- Control de mantenimientos. (Apéndice S)

Se empezará a llevar órdenes de trabajo, para cada tipo de mantenimiento que se realice, ya sea este mecánico, eléctrico u oleo-hidráulico; y asimismo por cada máquina, de tal manera que se registre el mantenimiento de una forma clara y específica y de este modo sea más fácil el control.

5. Generar un sistema de reporte:

Este reporte ayudará a controlar y retroalimentar el Planeamiento, y contendrá lo siguiente:

- Ejecuciones de MP.
- Costos de MP.
- Tiempo entre fallas MTBF (Mean time between failure).

Este sistema de reporte se encuentra en el apéndice T e indica de forma semanal las ejecuciones que se realizan en el mantenimiento preventivo, asimismo los costos que implican cada mantenimiento; además se va a empezar a llevar indicadores claves como el cálculo del **MTBF**, y utiliza la siguiente relación matemática:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{TO tiempo de operación (h.)}}{\text{Nf número de paradas}}$$

El tiempo de operación (OT) es el tiempo durante el cual el equipo está operando con todas sus funciones, éste es el tiempo trabajado en los 2 turnos, todos los días productivos, y será expresado en horas.

El número de paradas (Nf) son aquellas interrupciones del trabajo en el equipo debido a cualquier falla mayor a 15 minutos; asimismo cada una de las fallas se anota con el tiempo perdido o utilizado en su reparación.

El análisis se hará de forma semanal y luego se graficará de manera mensual aquellas paradas para observar la disminución o el aumento del número de paradas semanales y el valor del indicador MTBF por máquina.

Con este mantenimiento preventivo se tiene por objetivo el detectar condiciones de operación que puedan ocasionar averías y paradas en la producción, asimismo una buena programación de las rutinas de mantenimiento a los equipos, son la base fundamental de la eficiencia del departamento de mantenimiento, un programa de mantenimiento preventivo bien planificado, sirve para ahorrar tiempo, costos y para disminuir las paradas por fallas en las máquinas y líneas de producción.

5.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE STOCK DE REPUESTOS

Antes de obtener un plan de stock de repuestos, primeramente se va a analizar en una matriz de criticidad, cuales son las partes o repuestos críticos de la máquina, ya sean éstos críticos especiales o solo críticos.

Se sabe que los **repuestos críticos** son todos aquellos, cuyas fallas de los mismos producen detenciones e interferencias generales, cuellos de botella, daños a otros equipos o instalaciones y retrasos o paradas en las actividades

de los otros centros y de la actividad que la empresa realiza, dificultando prestación de los servicios a los clientes; de la misma manera sucede con los **repuestos críticos especiales** solo que éstos no se encuentran en el mercado interno, y es difícil acoplar uno similar, por lo que es necesario importar dichos repuestos.

La matriz de criticidad se encuentra en el apéndice U, la cual nos describe los parámetros como el equipo o parte, el respaldo de estos equipos, las incidencias que causan el no contar con ellos, la forma de detección si fallan estos, las causas que generan el daño, el impacto que causa al dañarse totalmente, el riesgo que generan éstos tanto para la máquina como para componentes o partes, la actuación que se realiza al suceder alguna falla y por último el grado de criticidad de dichos equipos o componentes. Asimismo está la matriz de descripción de cada uno de estos equipos o partes, que detallan cantidad, marca o especificación, función que realiza, y el tipo de mantenimiento. (Apéndice V)

Una vez realizada la matriz de criticidad y de descripción, se realiza un análisis de las salidas de los repuestos de la bodega hacia la máquina, de tal manera que se visualizará todas aquellas partes o componentes que fueron utilizados durante un año, de enero del 2007 a enero del 2008 y de esta manera determinar si los repuestos críticos se los utilizó y con que frecuencia se los utilizó; dicha matriz se muestra en el apéndice W. En esta

matriz constan valores como el costo, la frecuencia de salida o el número de veces que salió dicho repuesto, el valor del consumo por año, el porcentaje del valor del consumo y la acumulada, este análisis se realizó para determinar si era necesario priorizar el inventario en base al consumo, pero nos podemos dar cuenta que el consumo anual de dichos repuestos es una cantidad muy pequeña, y por ende el consumo diario; además existen costos muy bajos; todo esto se debe a que se realizó el análisis de salidas de una máquina, y no de toda la bodega.

A partir de este análisis de la matriz, se procede a determinar el stock de repuestos, en el cual aumentaron 14 ítems más que no constaban en el apéndice W por cuanto dichos ítems nuevos no salieron en dicho año analizado, pero son repuestos importantes, de los cuales, dos son determinados como repuestos críticos.

En la tabla 12 se muestra un stock de repuestos, en donde el número (Nro.) es el orden con que salió de la bodega en el año. Este stock de repuestos está unido al plan de mantenimiento planificado y asimismo al cronograma de mantenimiento preventivo y predictivo, por cuanto todas aquellas revisiones realizadas en el mantenimiento están diseñadas para cambiar un repuesto si es necesario y que dicho repuesto exista en stock.

TABLA 12
STOCK DE REPUESTOS

STOCK DE REPUESTOS				
Nro.	NOMBRE	CARACTERÍSTICA	COSTO/ unidad.	CANTIDAD
55	ABRAZADERA GALVANIZADA	.1/2	0,11	2
2	ACEITE HIDRÁULICO HARMONY	46 AW	301	0
20	ACERO DF-2D	50,8X150 MM	13,63	1
29	ACOPLE HIDRÁULICO	WEATH 8 8 FJX	4,2	2
33	ACOPLE HIDRÁULICO	WEATH 8 12 FJX	6,71	1
36	ACOPLE RECTO	8 MM X 1/4	1,2	3
38	ACOPLE RECTO	8MM X 1/4	0,83	4
34	ADAPTADOR HIDRÁULICO	16MP-12MJ	6,71	1
50	ANILLO DE PRESIÓN	3/4"	0,104	4
62	ANILLO DE PRESIÓN	1/2"	0,042	3
48	ANILLO PLANO	1"	0,215	4
52	ANILLO PLANO	1/2"	0,064	4
53	ANILLO PLANO	7/8"	0,094	3
59	ANILLO PLANO	5/8"	0,07	2
61	ANILLO PLANO	7/8"	0,069	2
68	ANILLO PLANO	1/4"	0,021	1
13	BATERÍA	12 V 1,3 AH	18,48	1
26	CABLE PARA RESISTENCIAS	A.T. #4	4,5	2
15	CONTACTOR	3RT102625A	35,6	1
6	ENCODER	500P/1000P	128	1
78	ENCODER 2	HYRE 5 - 24 VDC	110	1
1	FAJA M6B	30 X 2,5 MM	74,14	2
27	FILTRO DE AIRE	180 X 140 MM	17	1
79	FUENTE DE PODER	S 150	75	1
49	FUSIBLE CARTUCHO	32A-500V	0,75	1
45	FUSIBLE VIDRIO CORTO	5A	0,36	3
54	FUSIBLE VIDRIO CORTO	2A	0,15	2
56	FUSIBLE VIDRIO CORTO	4A	0,2	1
63	FUSIBLE VIDRIO CORTO	3A	0,2	1
8	LIMITED SWITCH	300 MA	50	1
71	LIMITED SWITCH	XCK M-121	60	1
17	MANGUERA HIDRÁULICA	GATES 5000 PSI	4,9	4
22	MANGUERA POLIURETANO	10*6,5 MM	1,8	9 pies
43	MANGUERA POLIURETANO	12 MM	1,6	1
44	MANGUERA POLIURETANO	8 MM	0,829	1
18	MANGUERA TRANSPARENTE	.3/8	0,6	20 pies
35	MINI RELAY	JZC-20F DC	6,6	1
7	MOR CORDON	7/16 MM	10	1
16	MOR CORDON	6 MM	6,7	2
25	MOR CORDON	7 MM	9	1

42	O'RING	# 115	0,164	10
57	O'RING	# 216	0,387	1
66	O'RING	# 011	0,124	1
31	PERNO ALLEN	3/8" x 2 1/2"	0,3	15
39	PERNO ALLEN	3/4" x 2 "	1,327	2
46	PERNO ALLEN	12x40 MM	0,284	3
51	PERNO ALLEN	12x100 MM	0,74	1
64	PERNO ALLEN	5x50 MM	0,18	1
65	PERNO ALLEN	5/16"x2"	0,13	1
67	PERNO ALLEN	1/4 X 1"	0,065	1
10	PERNO HEXAGONAL	1"x12" G-8	11,7	2
14	PERNO HEXAGONAL	1" X 8 "	4,08	4
30	PERNO HEXAGONAL	1"x6"	4,04	2
32	PERNO HEXAGONAL	16 X 100 MM	3,8	1
60	PERNO HEXAGONAL	9/16" x 2"	0,28	1
3	POLYPACK	140 X 160 X 15	43,5	2
41	PROTECTOR DE MOLDE	XXXX	3,8	1
80	PUNTA DE INYECCIÓN	XXXX	90	1
5	RESISTENCIA CARTUCHO	5/8X6 400W	35	2
69	RESISTENCIA DE BANDA	150X200 240 V	55	1
70	RESISTENCIA DE BANDA	150X60 240 V	45	1
12	RESISTENCIA DE BOQUILLA	45X70MM 220V	12,5	1
21	RESISTENCIA DE BOQUILLA	55X35MM 220 V	12,6	1
23	RESISTENCIA DE BOQUILLA	35 X 35 MM 220V	10,8	1
28	RESORTE	75X22 L70 MM	13,4	1
4	RETENEDOR	255X230X18 MM	80	2
72	RETENEDOR	140X150X15 MM	81	1
73	RETENEDOR	160X285X45 MM	87	1
82	RETENEDORES DE BOTELLAS	6MM	35	4
9	RODAMIENTO	1205 SKF	12,36	2
37	RODAMIENTO	6206 SKF	5,89	1
19	SELLO	30X40X10	6,9	2
74	SENSOR	PS-05 N	10	1
75	SENSOR	PM-12-04N	10	1
76	SENSOR CILÍNDRICO INDUCTIVO	HYP-8R 10-30 VDC	20	1
77	SENSOR DE PRESIÓN	PHD-101 400Bbar	25	1
40	SOLTEC	312	0,711	4
81	TARJETA ELECTRÓNICA MONITOR	XXXX	800	1
47	TERMINAL CERRADO	10-12 A.T.	0,45	2
58	TERMINAL H	# 14	0,15	1
11	TERMOCUPLA	3/6"	20	2
24	TUERCA	1"	0,6	20

El Stock de repuestos planificados se basa en una demanda tipo *dependiente*, ya que va a depender del mantenimiento planificado para cada cambio, además también existen repuestos que van a soportar la demanda independiente o el mantenimiento correctivo que siempre se da. El número de repuestos se lo determinó mediante la experiencia de los técnicos y del jefe de la bodega, las cantidades son mínimas debido a la baja rotación anual de los repuestos; y se pretende establecer como política de inventarios que el stock mínimo sea la mitad de la cantidad descrita para aquellos que poseen más de 2 repuestos en stock, entonces cada vez que se consuma un artículo, ahí se va a realizar el pedido, asimismo para aquellos que poseen un artículo. Además cuando exista un mantenimiento planeado de algún cambio de repuestos, y no se posee éstos en stock, entonces se establece como política el pedir con una semana antes del tiempo de reposición de dicho artículo de esta manera existe un tiempo de seguridad por cualquier variación en el mercado.

Los repuestos existentes en el stock poseen algunos proveedores, los cuales son elegidos por costos, por logística y por conveniencias para la empresa; los principales proveedores en la ciudad de Guayaquil son los que se muestran en la tabla 13.

TABLA 13
PRINCIPALES PROVEEDORES

LISTA DE PROVEEDORES		
Nombre	Direccion	Telefonos
MesserEcuador S.A	Km 17 Via a la Costa P. Hondo 81	2874514
Spram S.A	Centro Comercial Terminal L.-44	2140856
Prosein	Cda.Miraflores Av.Central102-C.1	2201673
El Hidraulico	Antepara1315 y Aguirre	2322575
Casa del Ruliman	Machala 1101y Velez (esq.)	2526500
K.G.V	Letamendi 505 y Coronel	2450117
Acero Bohler	Km 7 1/2 Via Daule	2262922
Maquinarias Henrriques	Km 6,5 Junto al Club Nacional	2404329
Masaca	Av./las Americas2789 frente E.M.	2288565
Otasi	Sauces 1 Mz F-1 Solar 1	2223656
Ivan Bohman C.A.	Km 6 1/2 Via Daule	2254111
Hivimar	Av. Juan Tanca Marengo Km 2 1/2	2299100
Electroleg	Padre Solano 1309 y Garcia Moreno	2260890
Improselec	Av.R.Gilbert Elizalde y Calle 3 S. 1	2391100
Sicoelec CIA.LTDA	Km 7 1/2 Via Daule	2651603
Sistelesa S.A.	Km 7 1/2 Via Daule	2261522
Dismelec S.A.	Km 2 1/2 Av.J.Tanca Marengo	2232191
Lubrisa	Cuenca # 602 y el Oro	2812474
Codemet	Av.Nahim Isaias 2002 y Calle 2	2240300
Proinfra	Argentina 923 y Ambato	2404539
Dimulti S.A.	Km 7.5C.1 SI 5 C.8ava	2265969
Tecsin CIA.LTDA	Av.Francisco/Orellana-A.Freire	2244670
Hidroesel	Aguirre 1509 Antepara y G.Moreno	94562876
Proinfe	Eloy Alfaro 2118 y Camilo Destruge	2447529
Ferreteria Multitecni	Km 11 1/2 Via Daule	2500321
S.S.I Cia.Ltda	Av.4#115-C Via Daule Mapasingue	2354851

5.3. IMPLEMENTACION DEL MATENIMIENTO PREDICTIVO

Para este tipo de mantenimiento lo que se quiere es predecir la vida del equipo, mediante una construcción de un sistema de mantenimiento predictivo, o sea introducir equipos y técnicas que ayuden a esto, y así ejecutar análisis de fallas y tratar de extender la vida del Equipo.

El mantenimiento predictivo permite detectar las fallas antes de que sucedan, utilizando técnicas de análisis de síntomas o estimación de acuerdo a estadísticas de comportamientos de piezas o componentes que han sufrido daños o desgastes, de esta manera se podría predecir cuando se debe realizar un cambio, o cual podría ser la siguiente falla, y de esta manera tomar las medidas necesarias de mantenimiento, ya sea este correctivo o preventivo.

Es difícil de cuantificar en cuanto a los beneficios, ya que no existen métodos de cálculo, aunque muchas empresas dicen que por cada dólar invertido o usado en el mantenimiento predictivo, se economiza 10 dólares en costos de mantenimiento.

La parte más crítica en este mantenimiento se basa en la buena elección de las herramientas preventivas. Para la máquina inyectora SM-1500, y en general para todas las máquinas, se procedió a la elección de estas herramientas o técnicas, para lo cual se la realizó de acuerdo a la

experiencia de quienes trabajan aquí, como el gerente de planta, los jefes de turno y el personal de mantenimiento; llegando a la conclusión de que las técnicas que más servirían son las siguientes:

- Termografía
- Análisis de aceites
- Análisis de vibraciones
- Pruebas eléctricas

Termografía

Utilizando la termografía podemos ver los patrones térmicos invisibles correspondientes a la radiación térmica emitida por un cuerpo; en este caso lugares en donde existe una alta temperatura que podría pasar del límite permisible, la temperatura es uno de los primeros parámetros observables que pueden indicar la condición del equipo y predecir daños o fallas futuras ya sean estas mecánicas, eléctricas o pérdidas indeseables de energía; es necesario que se realicen estos análisis ya que existen lugares en la máquina en donde pueden existir un sobre calentamiento y generar daños más graves a la máquina. En el medio existen algunas empresas que prestan sus servicios de análisis, de ésta manera ellos hacen la toma de imágenes a las partes importantes de la máquina y entregan los resultados de todas aquellas temperaturas anormales o fuera de límite que pueden preceden a fallas.

Los costos aproximados son de 1500 dólares por análisis.

Análisis de aceites

Cuando se realiza un análisis de aceite se puede determinar si todos los sistemas mecánicos o los que utilizan aceite están debidamente protegidos por lubricantes líquidos. Los parámetros importantes a medir en los aceites y que generan fallas son los siguientes:

- Partículas
- Agua
- Temperatura
- Aire
- Combustible
- Compuestos químicos

Cualquier desviación de los parámetros de las causas de falla anteriores, dará como resultado el deterioro del material del componente, seguido de una baja en el desempeño del equipo y finalizando con la pérdida total de los componentes o la funcionalidad del equipo; las máquinas inyectoras en general funcionan a base de aceite, por lo tanto es indispensable que éste esté dentro de los parámetros, para evitar futuros daños costosos a la máquina.

Asimismo este análisis se lo va a realiza de manera externa, ya que existen algunas empresas que prestan estos servicios.

Los costos aproximados son de 85 dólares por todos los análisis, estos análisis se los puede realizar una vez al año.

Análisis de vibraciones

Con el análisis de vibraciones podemos determinar las condiciones mecánicas del equipo sin necesidad de paro o desmontaje del mismo. Utilizando herramientas de alta tecnología se pueden medir las vibraciones, asimismo utilizando espectros de velocidad y aceleración nos proporcionarían la información precisa de las condiciones mecánicas del equipo como holgura mecánica, rodamientos, desalineamiento, falla eléctrica, resonancia, desajustes, cimentación, etc.; es necesario que se realicen estos análisis ya que las vibraciones son casi imperceptibles, pero pueden generar muchos daños a otros componentes importantes y costosos; es preciso mencionar de la importancia de éstos análisis para que la máquina inyectora no genere futuras fallas.

Los costos aproximados son de 1100 dólares por estos análisis, y se los realiza una vez al año.

Pruebas eléctricas o análisis MCA

Estas pruebas se las realizan directamente a los motores eléctricos; y diagnostican fallas en el aislamiento a tierra/masa y el aislamiento entre fases y espiras. También puede determinar cuando un aislamiento está debilitado o deteriorado. En la máquina inyectora es importante esta prueba ya que el motor es aquel que genera trabajo a la máquina y en este pueden existir varias fallas que generen paros y por ende altos costos. Asimismo estos análisis los realizan empresas externas.

Los costos aproximados de este análisis son de \$ 1200 y la frecuencia es de una vez al año.

La frecuencia de todos estos análisis de mantenimiento predictivo se los muestra en el cronograma de mantenimiento preventivo y predictivo en el apéndice Q, asimismo se muestran todos los trabajos a realizar en la máquina y sus componentes.

CAPÍTULO 6

6. RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

En el análisis Costo-Beneficio, se va a determinar todos los costos que implican la implementación del Mantenimiento Productivo Total en la máquina inyectora SM-1500; y asimismo se va a cuantificar los beneficios que se obtiene proyectados con el tiempo, y con esto determinar cuándo se obtendrán éstos beneficios y así determinar la factibilidad de este mantenimiento preventivo; para esto se realiza un breve análisis de lo que representan las paradas de la máquina y lo que se pierde con esto.

Los resultados obtenidos son analizados de acuerdo al mes en donde se realizó la toma de datos y análisis de fallas, los cuales son proyectas a un año; entonces podemos determinar que factor es el que trae mayores pérdidas para la empresa. Una vez aplicado el TPM determinaremos las mejoras y como se reducen los costos. Para los análisis se asumen ciertos datos para facilitar los cálculos, que se explicarán en el momento adecuado.

En el capítulo 3, se mostró los tiempos totales de horas perdidas (tabla 6), que eran 152:37:30, que son 152 horas, 37 minutos y 30 segundos, de los cuales existe un tiempo que se puede reducir aplicando TPM, pero que no se puede prescindir de él, este es el tiempo de cambios, preparación o setup.

Los siguientes cálculos muestran el tiempo improductivo en horas, en segundos, en días y en días por año.

$$T_i = T_p - \text{Setup}$$

$$T_i = 152,61 - 20$$

$$T_i = \mathbf{132,61 \text{ horas}}$$

$$T_i = 132,61 \text{ h} / 3600 \text{ seg.} = \mathbf{477396 \text{ seg.}}$$

$$T_i = 132,61 \text{ h} / 24 \text{ h/día} = \mathbf{5,52 \text{ días}}$$

$$T_i = 5,52 \text{ días/mes} \times 12 \text{ meses/año} = \mathbf{66,3 \text{ días/año}}$$

Los tiempos de ciclo varían de acuerdo a muchos factores, por lo tanto para análisis se tomará el promedio de los tiempos de ciclo para cada artículo descrito en el capítulo 3 y que se muestran en la tabla 14.

TABLA 14
TIEMPOS DE CICLOS

ARTÍCULOS	CT
	seg / unid
Cajón de Cómoda	64
Silla Milán	60
Gaveta Industrial	77
$\overline{\text{CT}}$	67

Los artículos dejados de producir se los obtiene de la división del tiempo improductivo sobre el tiempo de ciclo promedio, de esta manera se obtiene las unidades dejadas de producir por mes y por año.

$$\text{Artículos Dejados de Producir} = \text{Ti} / \overline{\text{CT}}$$

$$\text{Artículos Dejados de Producir} = 477396 \text{ seg.} / 67 \text{ seg./unidad.}$$

$$\text{Artículos Dejados de Producir} = \mathbf{7125 \text{ unids/mes.}}$$

$$\text{Artículos Dejados de Producir} = 7125 \text{ unid/mes} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Artículos Dejados de Producir} = \mathbf{85500 \text{ unids/año.}}$$

El tiempo perdido por los operarios al año es igual al tiempo improductivo por año; pero como en un día hay dos turnos entonces este tiempo se multiplica por dos.

$$\text{Tiempo Perdido por Operarios} = 66,3 \text{ días/año}$$

$$\text{Nro. de turnos perdidos} = 66,3 \text{ días/año} \times 2 \text{ turnos}$$

$$\text{Nro. de turnos perdidos} = 132,6 \text{ turnos/año}$$

Para determinar claramente cuanto representa este valor, y asimismo obtener los costos de este rubro, se determina el número de salarios, para esto se asume: 1 salario = 19 días, ya que esos días son aquellos que se analizaron en el capítulo 3.

El número de turnos sobre el número de días asumidos para un mes, nos da el número de salarios perdidos; y este multiplicado por el valor

promedio de salario para un operario, nos entrega la pérdida por operario o de mano de obra directa.

Nro. de salarios perdidos = 132,6 turnos/ 19 días

Nro. de salarios perdidos = 6,97 salarios

Pérdida por operario = 6,97 x \$250

Pérdida por operario = \$ 1742,5

De las unidades perdidas o el número de artículos dejados de producir existe un valor expresado en dólares que viene dado por la utilidad.

Utilidad = P.V.P – Costo de Producción por artículo

Utilidad = \$ 6 – \$3,5

Utilidad = \$ 2,5

Dicha utilidad por artículo se la multiplica por los artículos dejados de producir, a este valor lo llamamos como pérdida por artículo.

Pérdida por artículo = Artículos dejados de producir x UTILIDAD

Pérdida por artículo = 85 500 unids/año x \$ 2,5

Pérdida por artículo = \$ 213 750

La pérdida por producción será igual a la suma de la pérdida por artículo más la pérdida por operario.

Pérdida por producción = Pérdida por artículo x Pérdida por operario

Pérdida por producción = \$ 213 750 + \$ 1742,50

Pérdida por producción = \$ 215 492,50

COSTOS DE T.P.M:

Costos de M.O.D.

Los primeros costos que se van a analizar son aquellos involucrados con la mano de obra directa. A continuación en la tabla 15 se muestran datos importantes para todo el cálculo de costos:

TABLA 15
VALORES DE MANO DE OBRA

	SALARIO BÁSICO	DÍAS LABORADOS	HORAS LABORABLES	COSTO POR HORA
MANO DE OBRA AUTÓNOMA	\$ 250	19	12	\$ 1,09
MANO DE OBRA ESPECIALIZADA	\$ 350	19	12	\$ 2,53

En lo que respecta a tipos de mantenimiento se van a realizar 4 mantenimientos que son: el autónomo en el que el operario está involucrado, el mantenimiento especializado, en donde interviene el técnico, el mantenimiento externo, en el cual viene una persona a realizar trabajos específicos, y por último se realizará el mantenimiento predictivo, pero éste se lo analizará posteriormente.

En la tabla 16 se muestra aquellos factores que intervienen para los costos; el detalle del número horas trabajadas y el número de personal

se encuentra en el cronograma de mantenimiento preventivo y predictivo (Apéndice Q). El número de horas trabajadas para cada mantenimiento es igual a la suma de todas las horas planeadas semanalmente que se visualizan en el cronograma. El costo del mantenimiento externo que se muestra en la tabla 16 está dado una alianza con el proveedor del servicio que cobra \$ 800 por el mismo, y éste se lo va a realizar dos veces al año.

TABLA 16
FACTORES QUE INTERVIENEN EN COSTOS DE MANTENIMIENTO

	COSTO POR HORA	Nro. DE HORAS TRABAJADAS	Nro. DE PERSONAL	COSTO TOTAL
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	\$ 1,09	144	1	\$ 156,96
MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO	\$ 1,53	118	2	\$ 361,08
	\$ 1,53	26	3	\$ 119.34
MANTENIMIENTO EXTERNO	-	-	1	\$ 800
COSTO ANUAL TOTAL				\$ 1437.38

Costos de Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento preventivo se lo va a realizar una vez al año de acuerdo al cronograma realizado para cada técnica a utilizar. A continuación se muestran los costos aproximados de cada técnica.

TABLA 17
COSTOS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

TÉCNICA UTILIZADA	COSTO POR SERVICIO
Termografía	\$ 1.500
Análisis de aceites	\$ 85
Análisis de vibraciones	\$ 1.100
Pruebas eléctricas	\$ 1.200
COSTO ANUAL TOTAL	\$ 3.885

Costos de técnica 5 S de T.P.M.

La técnica de 5 S como se vio en el capítulo 2 involucra un gran esfuerzo por el cambio y mejoramiento de la máquina, para lo cual se necesita que se invierta en la misma; entre las herramientas e implementos más importantes son los siguientes: pinturas, herramientas varias, carteles, estructuras, implementos de limpieza, personal, documentos, etc.

El valor aproximado es de \$ 1000.

Costo de Capacitaciones

La capacitación se la va a realizar de manera continua de un alto mando a un mando inferior; pero la capacitación más importante es aquella que da inicio la implementación del T.P.M. y se necesita un ente externo, para las demás capacitaciones que se necesiten las realizará el Sr. Carlos Erráez, persona encargada de la implementación.

El valor aproximado en capacitaciones es de \$ 1050.

Costo de repuestos

Existen dos tipos de costos cuando se realiza el mantenimiento, aquel costo del valor de los repuestos en bodega, y aquel costo de solo el repuesto utilizado para un cambio de parte. Como es impredecible que repuesto se va a utilizar y en que momento, entonces se va a tomar el valor de el stock de repuestos (tabla 12) mostrado en el capítulo 5, que es la pieza por la cantidad en stock de la misma pieza. El valor total de este costo de repuestos es de \$ 2684,50; que es la suma de todos los costos unitarios mostrados en el apéndice W.

A continuación se muestra la suma de todos los costos implicados en la implementación del T.P.M.

TABLA 18
COSTOS TOTALES

CONCEPTO ASOCIADO AL RUBRO	COSTO TOTAL
COSTO POR M.O.D.	\$ 1.437,38
COSTO POR MANTENIMIENTO PREDICTIVO	\$ 3.885,00
COSTO POR TÉCNICA 5 S	\$ 1.000
COSTO POR CAPACITACIÓN	\$ 1.050
COSTO POR REPUESTOS	\$ 2.684,50
COSTO ANUAL TOTAL	\$ 10.056,88

BENEFICIOS:

Los beneficios que se pueden obtener son cuantiosos, pero según la visión que se determinó en el grupo de trabajo (Apéndice A), en la cual se pretende disminuir el número de paradas no planificadas y por ende el tiempo perdido en un 30% dentro de 1 año; esta visión se la puede cuantificar y se la podría expresar como el beneficio que se va a obtener.

Esperado disminución de artículos = Artículos dejados de producir x 0,3

Esperado disminución de artículos = 85 500 unids/año x 0,3

Esperado disminución de artículos = 25 650 unids/año

Para el ahorro de artículos, es necesario que se multiplique la disminución esperada de artículos por la utilidad.

Beneficio por artículos = 25 650 unids/año x \$2,5

Beneficio por artículos = \$ 64 125

Asimismo existe un ahorro esperado por el tiempo perdido por operario al año:

Beneficio por operarios = Pérdida por operario x 0,3

Beneficio por operarios = \$ 1742,5 x 0,3

Beneficio por operarios = \$ 522,75

TABLA 19
BENEFICIO TOTAL ANUAL ESPERADO

BENEFICIO TOTAL ANUAL ESPERADO	
Beneficio por operarios.	\$ 522,75
Beneficio por artículos	\$ 64.125
TOTAL	\$ 64.647,75

6.2. RESULTADOS

Vialidad Financiera

Una vez analizados los costos se procede a determinar que tan viable desde el punto financiero puede resultar este proyecto de la implementación del T.P.M. o si quizás en vez de invertir este dinero en ese proyecto, se podría ahorrar en el banco y ganar intereses anuales.

El beneficio total neto anual esperado con la implementación del T.P.M. es de \$ 64.647,75 este es un valor muy elevado pero que se deja de ganar porque simplemente no se sabe lo que se está perdiendo. El costo de implementación es aproximadamente \$10.056,88; si este valor se lo pusiera en el banco no generaría tantos intereses como aquel valor total del beneficio anual.

El beneficio es de \$ 64.647,75, este valor dividido para 12 meses se obtiene la cantidad de \$ 5387,31 que es el valor neto que se va a

obtener mensualmente por ventas de los productos que se pueden fabricar utilizando la filosofía del T.P.M.; por lo tanto en menos de dos meses se cubriría aquel costo de implementación; por lo tanto el proyecto es totalmente viable y rentable.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Según el análisis realizado sobre la situación actual de la máquina y la empresa versus el análisis financiero final se concluye que se mejora notablemente la máquina inyectora SM-1500 de la empresa de plásticos mediante la aplicación de la filosofía del mantenimiento productivo total T.P.M., es importante recalcar que la disminución del tiempo de paradas de máquina se debe al trabajo del operario en su mantenimiento autónomo que es la base del T.P.M. y que hace que el operario sea el responsable de lo que le sucede a la máquina.
- Se identificó las actividades del proceso de inyección, las cuales fueron fundamentales para entender las fortalezas o debilidades del proceso y de la máquina en sí.
- Se identificó las condiciones iniciales de la máquina inyectora, demostrando la necesidad de aplicar una filosofía que ayude a mejorar la eficiencia de la máquina y el ambiente y cultura organizacional de la empresa.

- Aplicando la filosofía del T.P.M. se dejó a punto a la máquina inyectora, en otras palabras se corrigió y se mejoró el proceso y la máquina inyectora.
- Con el plan de mantenimiento preventivo implementado se estandarizó y se obligó a llevar control de todo aquel trabajo que se realice a la máquina y todo proceso que involucre a la misma y su función.
- Con el plan de stock de repuestos se aseguró que exista siempre el número de piezas o repuestos necesarios para suplir cualquier cambio producto de un mantenimiento preventivo o correctivo; asimismo con el plan de mantenimiento predictivo se van a predecir posibles daños a futuro, con el fin de tomar acciones antes de cualquier suceso.
- Con la aplicación de esta filosofía japonesa se comprobó los grandes resultados en relación a la inversión. Además favoreció al desarrollo de la cultura organizacional. Es necesario recalcar que esta tesis se realizó para demostrar la eficiencia del T.P.M. pero por ser una filosofía es necesario que se aplique a toda la empresa para crear un pensamiento diferente en la organización y que genere los resultados que se han obtenidos en empresas de clase mundial.

7.2. RECOMENDACIONES

- El mantenimiento realizado en la máquina inyectora SM-1500 se puede aplicar en cualquier máquina inyectora de la empresa, pues el proceso es el mismo, pero es necesario que la filosofía se aplique a toda la empresa como organización.
- En la realización de la tesis se notó el tiempo que se pierde en cada cambio de molde; si bien es cierto el cambio es necesario, pero no necesariamente el tiempo perdido, por lo tanto se recomienda que se haga un plan piloto para la implementación de la técnica de manufactura esbelta llamada SMED la cual tiene como objetivo la reducción en los tiempo de cambios de maquina, repuestos, etc. aumentando de esta manera la eficiencia en la producción.
- Es necesario que una vez que se haya implementado esta filosofía japonesa en toda la empresa esta se torne en un programa de mejoramiento continuo en el transcurso de los años, aprovechando al máximo todo el personal con experiencia y que esté capacitado para de este modo formar una empresa con una sólida cultura organizacional y eficiente en todos los sentidos.
- Se recomienda que exista una comunicación directa entre todo el personal desde los operarios hasta los más altos mandos, ya que solo con esta se pueden saber los problemas reales de la

organización, es recomendable colocar un buzón de sugerencias para todo el personal, con el fin de retroalimentar el sistema o lo que se esté implementando.

APÉNDICES

PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento consta de dos partes que son:

- La parte del plan con los lugares a inspeccionar y
- El plan con las contramedidas.

La forma de seguir los planes es la siguiente:

1. Se ve la frecuencia de mantenimiento.
2. En el plan de mantenimiento de los lugares a inspeccionar, se ubica a dichas zonas o lugares.
3. Se ve el tipo de mantenimiento y al número al que pertenece y luego se pasa al siguiente plan en donde ya se muestra las contramedidas y las actividades a realizar.
4. En este plan de contramedidas consta con un parámetro llamado ítem a inspeccionar, en donde se muestra que es lo que exactamente se va a revisar.
5. Se sigue el parámetro de las contramedidas, el cual describe lo que se va a realizar en ese ítem que se inspeccionó.
6. Luego se ve el ejecutor de dicho mantenimiento.
7. Se regresa al plan de mantenimiento de lugares a inspeccionar y se revisa si el trabajo de mantenimiento es de responsabilidad interna o externa, para de este modo ejecutarlo.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

- El cronograma de mantenimiento tiene una fecha de inicio y de duración de un año, además va íntimamente relacionada con el plan de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Cada color representa un tipo de mantenimiento especial para cada semana, mes, o frecuencia que se requiera el mantenimiento, y de acuerdo a este también se sigue los cambios de repuestos.
- En cronograma también constan el número de horas de mantenimiento planificadas y las reales, de esta manera se va a ir comprobando el número de horas reales que se le han dedicado al mantenimiento preventivo.
- El número de personal utilizado para el mantenimiento también será controlado en este cronograma siguiendo un número de horas planificadas.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] VAZQUEZ, A. "Herramientas Organizacionales". Grupo Asesor, www.estrucplan.com.ar, 10,2007.
- [2] GARCÍA, R. *Ingeniería de Métodos*. Segunda Edición, Editorial Mc. Graw Hill, DF, México, 10, 2007.
- [3] ——— "5S". Wikipedia, www.wikipedia.org, 10,2007.
- [4] ESPINOLA, M. "El método 5S". Gestion Pública, www.gestionpublica.com, 10, 2007.
- [5] ——— "Metodología de las 5S". Mayor productividad mejor lugar de trabajo, www.cidem.com, 10,2007.
- [6] ——— WILLAMSON, R. "Sistemas Visuales para mejorar la efectividad del equipo". Grupo TPM online, www.tpmonline.com, 10,2007.
- [7] "OEE". Wikipedia, www.wikipedia.org, 10, 2007.
- [8] Sanchez M. "TPM". Neterpress USA Inc., www.confiableidadnet, 10,2007.
- [9] NAKAJIMA, S. *Introducción al TPM*. Japan Institute for Plant Maintenance. Tecnología de Gerencia y Producción S. A. Madrid, 1991.
- [10] MANCERA, M. "Listas de chequeo". Mancera, www.manceras.com.co. 10, 2007

[11] ABERNETHY, R “Fundamentos del Análisis de Weibull”

www.rcm2-soporte.com, 10, 2007

APÉNDICE A

GRUPO DE TRABAJO	
Propósito del Grupo: REDUCIR Y TRATAR DE ELIMINAR LAS PARADAS FORZADAS Y NO PROGRAMADAS EN LA MÁQUINA INYECTORA SM-1500.	Propósito del área Escogida: MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD ESPERADA Y POR ENDE LA RENTABILIDAD PROYECTADA.
Fecha: _____	Funciones del Área escogida: Producir cierta cantidad de artículos plásticos sin que estén bajo la capacidad de la máquina, y que el número cubra los costos de producción, obteniendo cierto margen de utilidad.
Patrocinador del Proyecto: Sr. Carlos Erráez	Problema: No existe mantenimiento planificado, y los costos del mantenimiento correctivo son representativos
Miembros de Equipo y Roles: Facilitador: Ing. Dennys Borja Lider: Carlos Erráez Anotador: Carlos Erráez Otros Miembros: Sr. Alfonso Tumbaco Sr. Gustavo Ibarra Sr. Gustavo Marcillo Sr. Wilman Garzón	Solución: Establecer un mantenimiento preventivo, en donde exista consistencia, y sobre todo documentación de todo lo que respecta a la máquina. Visión: Disminuir el número de paradas no planificadas y por ende el tiempo perdido en un 30% dentro de 1 año.
Éxito del Proyecto medido por: Carlos Erráez	Guía de Proyecto, barreras y restricciones: Carlos Erráez, las barreras son la falta de tiempo y recursos
Otra Información:	
Equipo a mejorar: Máquina Inyectora SM-1500	
Descripción: Máquina Inyectora SM-1500	
Inventario: xxxx	
Departamento: Producción	
Año de Construcción: 1990	
Costo Original: xxxx	
Costo de Reposición: xxxx	

APÉNDICE B

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DEL EQUIPO	
Equipo# _____	Descripción del Equipo: <u>Maquina Inyectora SM-1500</u>
Fecha: _____	Evaluado por: _____
Confiabilidad/Comentarios:	
Capacidad/Comentarios:	
Condición General:	
Apariencia/Limpieza:	
Comodidad de Operación	
Seguridad de Ambiente	
Comentarios:	

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DEL EQUIPO	
Equipo#	1
Descripción del Equipo:	Maquina Inyectora SM-1500
Fecha:	20/11/2007
Evaluado por:	Gustavo Marcillo
Confiabilidad/Comentarios:	
Si es confiable, por ahora no existen pernos rotos o tuercas flojas que sean notorias y vayan a perjudicar o afectar el desempeño en cualquiera de los dos turnos de trabajo.	
Capacidad/Comentarios:	
Está en buenas condiciones para producir con normalidad.	
Condición General:	
Falta limpieza general sobre todo cuando se lubrica, se tiene que recoger la grasa que se acumula para evitar que ensucie más y cause daños. También donde cae aceite debe existir algo que lave y evitar que el piso se halle grasoso o como una capa de tierra y grasa.	
Apariencia/Limpieza:	
Si hay comodidad, espacio y facilidad para una operación con normalidad.	
Comodidad de Operación	
Si hay comodidad, espacio y facilidad para una operación con normalidad.	
Seguridad de Ambiente	
El ambiente es seguro y fresco.	
Comentarios:	
Sería bueno revisar un fin de semana las piezas fijas y móviles y talvez se pueda evitar paradas en días laborables. También se debe limpiar cada 8 días el hueco de la banda transportadora para evitar que el agua se acumule, coja mal olor y además que atraiga muchos mosquitos.	

APÉNDICE C

Tabla de Clasificación				
Categoría	Ítem	Clasificación: 0 (Pobre) - 5 (Bueno)	ANTES	DESPUES
General	1	Equipo Libre suciedad, polvo, aceite en exceso.	3	
	2	Pernos, tornillos y soporte de equipos estan ajustados	5	
	3	Toda cubierta de equipo y paneles de control es seguro	5	
	4	Todo aquello que está cerca del equipo es usable	4	
	5	Los Equipos auxiliares como cargador de material, teckle, equipo de calefacción, etc. funcionan correctamente y son seguros.	5	
	6	Los Accesorios de calefacción funcionan correctamente.	5	
	7	Accesorios auxiliares como boquillas, bridas, tuercas, resistencias están en buen estado.	5	
	8	Banda transportadora limpia y protegida.	2	
	9	Boquillas y resistencia en buenas condiciones	4	
Eléctrica	10	Cables eléctricos están revestidos y las conecciones ajustadas	5	
	11	Switches, paneles y medidores están limpios rotulados y operables.	3	
	12	Consola de equipos están limpias y todas las lámparas indicadoras trabajan.	3	
	13	Cables eléctricos identificaos y en orden	5	
	14	Sckotes de válvulas hidráulicas funcionan bien	5	
	15	Encoders de apertura-cierre, inyección-carga y expulsión central en buen estado	5	
	16	Tarjetas electrónicas están protegidas y no están expuestas al ambiente	5	
	17	Existe protección para el tunel de calefacción y	5	
Lubricación	18	Lubricación y líneas de enfriamiento tiene flechas direccionales y no gotean.	2	
	19	Visor de vidrio está rotulado y a nivel apropiado.	4	
	20	Retenedores limpios y visibles.	3	
	21	Medidores de Presión están rotulados y operables	5	
	22	Los cores para sistema oleohidráulico están en buenas condiciones	5	
	23	Hay herramientas especiales para medir y lubricar	3	
Lugar de Trabajo	24	Accesorios de seguridad están limpios, en su lugar y	4	
	25	No existen salpicaduras o gotas de aceite en el piso.	3	
	26	Area de trabajo limpia, barrida y marcada	1	
	27	Iluminación en buena condición.	5	
	28	Cables por el suelo	4	
Control	29	Existe una planificación diaria de limpieza	4	
	30	Existe auditoría semanal de limpieza	3	
	31	Toda información importante del equipo está actualizada y	4	
	32	Existe una lista de verificación diaria TPM del operador.	1	
	33	Existe programa de lubricación	5	
	34	Existe control del mantenimiento	3	

APÉNDICE D

HOJA DE CALIFICACIONES			
Sume los 35 Items	133	Departamento:	Producción
Divida para 35 Items:	3,8	Fecha:	12/12/2007
		Ubicación:	
Item #	Razón de baja calificación- Como se puede mejorar?		
1	No está del todo limpio, se requiere un plan de limpieza.		
8	Banda está expuesta, hay que cubrir el lugar donde está la banda con algo resistente.		
11	Estan sucios porque casi no se los mide, hay que empezar a medir y forzar a la limpieza.		
12	La consola está sucia y si funcionan los led, hay que hacer un plan de limpieza.		
18	Muy pocos saben la operación de cada linea o manguera, hay que capacitar		
20	Los retenedores no están visbles y la limpieza no se la realiza frecuentemente, es necesario un plan de limpieza.		
23	No existen herramientas que permitan realizar con presición las mediciones y la lubricacón se la realiza de una manera rústica, hay que capacitar al personal que hace el mantenimiento y facilitarle de todas las herramientas.		
25	Existen manchas en el suelo, y en la base de la máquina y de la plataforma de alcance existe grasa y suciedad, hay que hacer un plan diario de limpieza y mantenimiento de la parte hidráulica de los moldes.		
26	Muy pocas veces se la limpia y no existen señales de nada, hay que hacer un plan de limpieza diaria.		
30	No hay un control extricto, simplemente limpia el encargado, se necesita comprometer a todo el personal en mantener la limpieza y controlarla.		
32	El único formato de control que se lleva es el de la producción, no existe check list, hay que comprometer a los altos mandos a implemetar un mantenimiento o el TPM.		
34	El mantenimiento se lo realiza cada semana o cuando sea necesario pero no se lleva documentación; es necesario empezar a documentar todo aquel mantenimieto que se haga.		

APÉNDICE E

RECORD DE OPORTUNIDADES TPM						
TPM - RECORD DE OPORTUNIDADES DEL EQUIPO						
Grupo de Trabajo		Grupo TPM		Fecha:	12/12/2007	
Ítem N°	Descripción del Problema	Acción a Tomar	Persona Responsable	Fecha	% Completado	
1	Equipo con suciedad y aceite	Plan de limpieza.	Carlos Erráez			
8	Banda transportadora sucia y desprotegida	Plan de limpieza y cubrir el lugar donde está la banda con algo resistente.	Carlos Erráez			
11	Switches, paneles y medidores sucios	Empezar a medir y forzar a la limpieza.	Ing. Borja			
12	La consola está sucia	Plan de limpieza.	Carlos Erráez			
18	No existe conocimiento de todas las y líneas de enfriamiento e hidráulico.	Hay que capacitar	Ing. Borja			
20	No se puede saber cuan sucios están los retenedores, pues no son visible y no existe control.	Plan de limpieza.	Carlos Erráez			
23	No existen herramientas que permitan realizar con precisión las mediciones y la lubricación se la realiza de una manera rústica.	Capacitar al personal que hace el mantenimiento y facilitarle de todas las herramientas.	Ing. Borja			
25	Existen manchas en el suelo, y en la base de la máquina y de la plataforma de alcance existe grasa y suciedad.	Plan diario de limpieza y mantenimiento de la parte hidráulica de los moldes.	Carlos Erráez			
26	Muy pocas veces se la limpia y no existen señales de nada.	Plan de limpieza diaria.	Carlos Erráez			
30	No hay un control extricto, simplemente limpia el encargado	Comprometer a todo el personal en mantener la limpieza y controlarla.	Ing. Borja			
32	El único formato de control que se lleva es el de la producción, no existe check list.	Hay que comprometer a los altos mandos a implemetar un mantenimiento o el TPM.	Ing. Borja			
34	El mantenimiento se lo realiza cada semana o cuando sea necesario pero no se lleva documentación.	Es necesario empezar a documentar todo aquel mantenimieto que se haga.	Carlos Erráez			

APÉNDICE F

[illegible]

APÉNDICE G

LISTA DE CHEQUEO DE MOLDES AL INICIAR Y TERMINAR LA PRODUCCIÓN				
Molde de artículo:			Máquina:	
Fecha inicial (montaje):			Fecha final (desmontaje):	
Marque con ☒ si está correcto, caso contrario marcar X e informar inmediatamente.				
	<i>ELEMENTOS A REVISAR</i>	INICIO	FIN	<i>OBSERVACIONES</i>
1	PERNOS DE GUÍA			
2	BUJES DE GUÍA			
3	BOTADORES			
4	VÁLVULAS DE AIRE			
5	DEVOLVEDORES			
6	TORNILLOS DE AMARRE			
7	BOTACIÓN DE PLACA			
8	NEPLOS			
9	RESISTENCIAS			
10	TERMOPARES			
11	ALAMBRADO			
12	ANILLO CENTRACIÓN			
13	AISLANTES			
14	BOQUILLA DE INYECCIÓN MOLDE			
15	REFRIGERACIÓN DE MOLDE			
16	BRILLO Y / O PULIMENTO HEMBRA			
17	BRILLO Y / O PULIMENTO MACHO			
18	CILINDROS HIDRÁULICOS			
19	CILINDROS NEUMÁTICOS			
20	OTROS			
RESPONSABLE DE INSPECCIÓN INICIAL		RESPONSABLE DE INSPECCIÓN FINAL		

APÉNDICE H

LISTA DE CHEQUEO DE HERRAMIENTAS PARA CAMBIO DE MOLDE			
Molde de artículo:			Maquina:
Fecha:			
Marque con ☒ si están las herramientas y en buena condición, caso contrario marcar X e informar inmediatamente.			
<i>ELEMENTOS A REVISAR</i>			<i>OBSERVACIONES</i>
1	LLAVE A LA MEDIDA		
2	BRIDAS O MUELAS		
3	PLAYO DE PRESIÓN		
4	LLAVE DE TUBO PARA LA BOQUILLA		
5	DADO		
6	PALANCA		
7	CADENA		
8	GRILLETE		
RECIBÍÓ RESPONSABLE DE INSPECCIÓN			

APÉNDICE I

DATOS DEL EQUIPO			
TIPO DE MÁQUINA:	Máquina Inyectora		
MODELO:	SM-1500	CÓDIGO	XXXXX
PROCEDENCIA:	TAIWAN		
MANUFACTURA:	TAIWAN		
UBICACIÓN EN LA PLANTA:	Area 2, cerca de la máquina SM-850		
DIMENCIONES		PESO DE MÁQUINA	
Largo: 12 m Ancho: 3,3 m. Altura:3 m.		90 TON	
REPUESTOS CRÍTICOS:			
Bombas Oleo Hidráulicas			
Electroválvulas Hidráulicas y Neumaticas			
Retenedores de Botellas Hidráulicas			
REPUESTOS CRÍTICOS ESPECIALES:			
Tarjetas electrónicas			
Retenedores de aceite			
Cilindro de acople del lado fijo			
DATOS TÉCNICOS			
SISTEMA DE INYECCIÓN:	DATOS	UNIDADES	
PESO DE INYECTADA	8415	g	
DIÁMETRO DEL TORNILLO	145	mm.	
PRESIÓN DE INYECCIÓN	1498	Kg/cm ²	
CAPACIDAD DE PLÁSTIFICACIÓN	272	g/seg	
UNIDAD DE CIERRE:			
FUERZA DE CIERRE	1500	TN	
LONGITUD DE MOLDE	700 - 1400	mm.	
INYECTOR HIDRÁULICO	20x250	TNxmm	
SISTEMA DE PODER:			
MOTOR DE BOMBA	206	Kw	
CAPACIDAD CALORÍFICA	70	Kw	
CAPACIDAD DE TANQUE HIDRÁULICO	3000	litros	

APÉNDICE J

LISTA DE CHEQUEO DE LA MÁQUINA AL INICIAR Y TERMINAR LA PRODUCCIÓN		
Molde de artículo:		Maquina:
Fecha:		
Marque con ☒ si está correcto, caso contrario marcar X e informar inmediatamente.		
	ELEMENTOS A REVISAR	OBSERVACIONES
1	PROGRAMA DEL MOLDE ACTIVADO	
2	PRENSA CALIBRADA ADECUADAMENTE	
3	CORRIENTES DE RESISTENCIAS DEL TUNEL	
4	CONDICIÓN FINAL DE CARRERA	
5	ACEITE HIDRÁULICO A LA MEDIDA	
6	TEMPERATURA DE ACEITE ENTRE 45°C A 50°C	
7	MATERIAL A TRABAJAR Y TEMPERATURAS	
8	NO EXISTEN FUGAS EN MANGUERAS Y TUBERÍAS	
9	CONEXIONES DE RESISTENCIAS BUENAS	
10	LUBRICACIÓN EN PARTES MÓVILES	
11	BOQUILLA DE INYECCIÓN LIMPIA	
12	FUNCIONAMIENTO DEL BOTON DE EMERGENCIA	
13	MICROS DE SEGURIDAD FIJOS Y EN FUNCIONAMIENTO	
14	ENCODERS O MICRO SWITCHS	
15	DISPOSITIVO HIDRÁULICO DE SEGURIDAD	
16	TERMOCUPLA MIDE 60°C EN 20 MIN.	
17	MOTOR SE DETIENE AL ABRIR CONPUERTA 10mm.	
18	MANÓMETROS DE PRESIÓN ACTIVOS	
19	MEDIDAS DE MANÓMETROS DESIGUALES	
RESPONSABLE DE INSPECCIÓN INICIAL RESPONSABLE DE INSPECCIÓN FINAL		

APÉNDICE K

MANTENIMIENTO DE MOLDE SILLA MILÁN					
FRECUENCIA					
AL INICIAR Y AL FINALIZAR UNA PRODUCCIÓN					
TIPO DE MANT.	Nro.	ACTIVIDADES	IMPORTANCIA		
			ALTA A	MEDIA B	BAJA C
MANT. MECÁNICO	1	Revisar botadores o expulsores	A		
	2	Corregir figura si existió agarres		B	
	3	Pulir y dar brillo a la hembra y el macho		B	
	4	Revisar boquilla para el molde		B	
	5	Revisar pernos de guía		B	
	6	Revisar bujes de guía		B	
	7	Revisar botación de placa		B	
M.E.	8	Revisar micros del molde	A		
MANT. OLEO / HIDRÁULICO	9	Revisar los cilindros o botellas hidráulicos	A		
	10	Revisar neplos	A		
	11	Revisar refrigeración de molde	A		
	12	Revisar válvulas de aire		B	

MANTENIMIENTO DE MOLDE GAVETA INDUSTRIAL CERRADA					
FRECUENCIA					
AL INICIAR Y AL FINALIZAR UNA PRODUCCIÓN					
TIPO DE MANT.	Nro.	ACTIVIDADES	IMPORTANCIA		
			ALTA A	MEDIA B	BAJA C
MANT. MECÁNICO	1	Revisar boquilla para el molde		B	
	2	Corregir figura si existió agarres		B	
	3	Pulir y dar brillo a la hembra y el macho		B	
	4	Revisar pernos de guía		B	
	5	Revisar bujes de guía		B	
	6	Revisar botación de placa		B	
MANT. ELÉCTRICO	7	Revisar resistencias	A		
	8	Revisar micros del molde	A		
	9	Revisar termocuplas del molde	A		
	10	Revisar termopares	A		
	11	Revisar alambrado	A		
	12	Revisar Aislantes	A		
MANT. OLEO / HIDRÁULICO	13	Revisar los cilindros o botellas hidráulicos	A		
	14	Revisar válvulas de aire	A		
	15	Revisar neplos	A		
	16	Revisar refrigeración de molde	A		

MANTENIMIENTO DE MOLDE CAJÓN DE CÓMODA					
FRECUENCIA					
AL INICIAR Y AL FINALIZAR UNA PRODUCCIÓN					
TIPO.	Nro.	ACTIVIDADES	IMPORTANCIA		
			ALTA A	MEDIA B	BAJA C
MANT. MECÁNICO	1	Revisar boquilla para el molde	A		
	2	Revisar botadores o expulsores	A		
	3	Corregir figura si existió agarres	A		
	4	Revisar devolvedores o recuperadores	A		
	5	Pulir y dar brillo a la hembra y el macho		B	
	6	Revisar pernos de guía			C
	7	Revisar bujes de guía			C
MANT. MECÁNICO	8	Revisar resistencias del molde	A		
	9	Revisar termocuplas del molde	A		
	10	Revisar alambrado	A		
	11	Revisar Aislantes	A		
MANT. OLEO / HIDRÁULICO	12	Revisar neoplos	A		
	13	Revisar refrigeración de molde	A		
	14	Revisar válvulas de aire		B	

APÉNDICE L

ORDEN DE TRABAJO CAMBIO DE MOLDE		Nro.
FECHA:		TURNO:
MÁQUINA:		Nro.
MOLDE DE ARTÍCULO:		
MOLDE Nro.	UBICACIÓN:	
EQUIPO DE TRABAJO		
INTEGRANTES	FUNCIÓN	
ACTIVIDADES Y OBSERVACIONES		
REPUESTOS UTILIZADOS		
MEJORAMIENTO CONTÍNUO		
DIFICULTADES ENCONTRADAS		
COMO MEJORAR?		
TIEMPO EN QUE PARÓ LA MÁQUINA	TIEMPO QUE ARRANCA	TIEMPO DE CAMBIO
JEFE DE TUERNO RESPONSABLE:		

APÉNDICE M

FICHA TÉCNICA DE MOLDE			
NOMBRE:			
Molde N°:		Peso:	
MÁQUINAS MONTADAS:			
Fecha de Ingreso:		Procedencia:	
DIMENSIONES DE MOLDE			
Largo:	Ancho:	Espesor:	Nro. De Cavidades:
OBSERVACIONES PARA MONTAJE:			
TIPO DE INYECCION:			
OBSERVACIONES:			
TIPO DE EXPULSIÓN:			
ANILLO DE CENTRACIÓN:			
OBSERVACIONES:			
Elaboró:			
Revisó:			

APÉNDICE N

[illegible]

APÉNDICE O

PLAN DE MANTENIMIENTO										
TIPO	No	Lugar a inspeccionar	Respons.		Frecuencia					
			Int.	Ext.	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	1	Zonas de calefacción del tunel	x		x					
	2	Limitadores de carrera	x		x					
	3	Válvulas hidráulicas	x			x				
	4	Dispositivo eléctrico de seguridad de la puerta	x			x				
	5	Panel Operacional	x			x				
	6	Bombas oleohidráulicas	x				x			
	7	Motor ajuste de molde	x				x			
	8	Motor de la bomba hidráulica	x				x			
	9	Switches de la placa expulsora	x				x			
	10	Switches del carro	x				x			
	11	Switches del bloqueo de cierre de la placa	x				x			
	12	Carro hacia el switch próximo de la leva	x				x			
	13	Resistencias del tunel y boquilla	x					x		
	14	Temperaturas de cada zona	x					x		
	15	Sistemas de fuerza del tablero	x					x		
	16	Termocuplas	x					x		
	17	Contractores	x					x		
	18	Cabina eléctrica	x						x	
	19	Válvulas selenoides.		x					x	
	20	Válvulas hidráulicas		x					x	
	21	Motor Hidráulico		x					x	
	22	Zonas de calefacción del tunel	x						x	
	23	Motor de la bomba		x						x
	24	Todas las partes eléctricas/incluye tarjetas		x						x
MANTENIMIENTO MECÁNICO	25	Bandas de calor	x				x			
	26	Platos o placas	x				x			
	27	Intercambiador de calor	x					x		
	28	Compartimiento del encoder y engranajes de la unidad de inyección, unidad de expulsión, unidad de enclavamiento	x						x	
	29	Respirador de aire del reservorio de aceite hidráulico	x						x	
	30	Barras guías	x						x	
	31	Todas las partes de la maquina	x							x
	32	Base de la máquina	x							x
MANTENIMIENTO HIDRÁULICO U OLEOHIDRÁULICO	33	Filtro del aceite	x				x			
	34	Unidad de Inyección	x					x		
	35	Unidad de la placa movil	x					x		
	36	Válvulas direccionales		x					x	
	37	Bombas de succión	x						x	
	38	Pistones Oleohidráulicos de lado fijo	x							x
	39	Mangueras oleohidráulicas/ botellas	x							x
	40	Tuberías Oleohidráulicas metálicas	x							x
	41	Bloques de válvulas		x						x
	42	Aceite Hidráulico	x							x
	43	Reservorio del aceite hidráulico	x							x
	44	Enfriador del aceite	x							x

APÉNDICE O

PLAN DE MANTENIMIENTO										
TIPO	No	Lugar a inspeccionar	Respons.		Frecuencia					
			Int.	Ext.	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
MANT. ELÉCTRICO	1	Zonas de calefacción del tunel	x		x					
	2	Limitadores de carrera	x		x					
	3	Válvulas hidráulicas	x			x				
	5	Panel Operacional	x			x				
	6	Bombas oleohidráulicas	x				x			
	7	Motor ajuste de molde	x				x			
	13	Resistencias del tunel y boquilla	x					x		
	14	Temperaturas de cada zona	x					x		
	18	Cabina eléctrica	x						x	
	23	Motor de la bomba		x						x
MANT. MECÁNICO	25	Bandas de calor	x				x			
	26	Platos o placas	x				x			
	27	Intercambiador de calor	x					x		
	30	Barras guías	x						x	
	31	Todas las partes de la maquina	x							x
	32	Base de la máquina	x							x
MANT. OLEOHIDRÁULICO	33	Filtro del aceite	x				x			
	34	Unidad de Inyección	x					x		
	36	Válvulas direccionales		x					x	
	37	Bombas de succión	x						x	
	38	Pistones Oleohidráulicos de lado fijo	x							x
	41	Bloques de válvulas		x						x

PLAN DE MANTENIMIENTO				
ACTIVIDADES				
TIPO	No	Ítems a inspeccionar	Contramedidas	Ejecutor
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	1	Resistencias del tunel	Revisar las corrientes de las resistencias	OP
	2	Condición de micro switchs	Limpiar y verificar daños	OP
	3	Tornillos terminales	Reajustar	OP
	4	Tornillos o sistemas flojos	Reapretar	OP
	5	Contaminación existente	1. Limpiar la superficie del panel con un	OP
			2. No utilizar detergente esrosivos como: actona, metanol, etanol y glicol.	OP
	6	Corrientes de trabajo	Verificar corrientes con amperímetro	M.P.
	7	Corrientes de trabajo	Verificar corrientes con amperímetro	M.P.
	8	Aspas sucias del ventilador	Limpiar todas las aspas	M.P.
	9	Instalaciones flojas	1. Limpiar con paño	M.P. / OP
			2. Reapretar y mantener la máxima distancia	M.P. / OP
	10	Instalaciones flojas	1. Limpiar con paño	M.P. / OP
			2. Reapretar y mantener la máxima distancia	M.P. / OP
	11	Instalaciones flojas	1. Limpiar con paño	M.P. / OP
			2. Reapretar y mantener la máxima distancia	M.P. / OP
	12	Contaminación existente	Limpiar y ajustar en la posición adecuada	M.P. / OP
	13	Conexiones flojas	Reapretar	M.P.
	14	Verificación de temperaturas	Comprobar con la pistola laser	M.P.
	15	Revisar breakers y contractores	Reajustar y verificar corrientes	M.P.
	16	Condición de contacto	Limpiar la punta y los hoyos detectores de temperatura	M.P.
	17	Condiciones de uso	Reemplazar si es necesario.	M.P.
	18	Terminales del circuito de breaker	Reajustar	M.P.
		Termianales de alambrado a tierra	Reajustar	M.P.
	19	Tornillos termianles	Reajustar	M.E.
	20	Condiciones de uso	Ajustar y limpiar	M.E.
	21	Contactores	Reajustar y verificar corrientes	M.E.
	22	Contactores	Reajustar y verificar corrientes	M.P.
	23	Todos los componentes de la bomba	Desarmar, verificar y limpiar.	M.E.
	24	Tornillos flojos, conexiones	Reapretar, corregir y reportar	M.E.
MANTENIMIENTO MECÁNICO	25	Tornillos o tuercas flojas de la abrazadera de la banda.	Reapretar	M.P. / OP
	26	Tuercas de barras para nivelar	Ajustar y nivelar platos.	M.P. / OP
	27	Contaminación y tuercas flojas	Desarmar, verificar y limpiar.	M.P. / OP
	28	Instalaciones flojas	1. Reajustar	M.P.
			2. Aplicar grasa a los engranajes.	M.P.
	29	Posible contaminación	Sumerjirlo en aceite limpiador y secar con	M.P.
	30	Inspeccionar la superficie del patin de la placa.	Limpiar y verificar desgastes	M.P.
	31	Tornillos flojos o dañados	Reapretar	M.P.
	32	Tornillos de nivelación horizontal	Re nivelar	M.P.
MANTENIMIENTO HIDRÁULICO U OLEOHIDRÁULICO	33	Filtros asi no haya cambio de aceite	Limpiar de acuerdo al manual	M.P. / OP
	34	Reengrasar el eje del carro a través del punto engrasador.	Aplicar grasa 50 a 60 pulsadas con la pistola engrasadora	M.P. / OP
		Reengrasar el eje guía a través del punto engrasador.	Aplicar grasa 30 a 40 pulsadas por eje con la pistola engrasadora	M.P. / OP
	35	Reengrasar los patines que soportan el lado de la placa movil	Aplicar grasa 3 a 5 pulsadas por patín con la pistola engrasadora	M.P. / OP
		Reengrasar las barras guías del lado de la placa movil	Aplicar grasa 50 a 60 pulsadas por barra con la pistola engrasadora	M.P. / OP
		Reengrasar los bloques de cierre del plato.	Aplicar grasa 3 a 5 pulsadas por barra con la pistola engrasadora.	M.P. / OP
	36	Contaminación	Limpiar de acuerdo al manual	M.E.
	37	Condición de uso	Revisar funcionamiento	M.P. / OP
	38	Condición de rings	Revisar fugas, cambiar si es necesario	M.P. / OP
	39	Condición de rings	Cambiar los rings	M.P.
	40	Condición de rings	Cambiar los rings	M.P.
	41	Condición de rings	Revisar y cambiar si es necesario	M.E.
	42	Contaminación	Cambiar de aceite	M.P. / OP
	43	Contaminación	Limpiar de acuerdo al manual	M.P. / OP
	44	En cada cambio de aciete	Limpiar de acuerdo al manual	M.P. / OP

PLAN DE MANTENIMIENTO				
ACTIVIDADES				
TIPO	No	Items a inspeccionar	Contramedidas	Ejecutor
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	1	Resistencias del tunel	Revisar las corrientes de las resistencias	OP
	2	Condición de micro switches	Limpiar y verificar daños	OP
	3	Tornillos terminales	Reajustar	OP
	5	Contaminación existente	1. Limpiar la superficie del panel con un paño limpio	OP
			2. No utilizar detergente esrosivos como: actona, metanol, etanol y glicol.	OP
	6	Corrientes de trabajo	Verificar corrientes con amperímetro	M.P.
	7	Corrientes de trabajo	Verificar corrientes con amperímetro	M.P.
	13	Conexiones flojas	Reapretar	M.P.
	14	Verificación de temperaturas	Comprobar con la pistola laser	M.P.
	18	Terminales del circuito de breaker	Reajustar	M.P.
		Termianales de alambrado a tierra	Reajustar	M.P.
	23	Todos los componentes de la bomba	Desarmar, verificar y limpiar.	M.E.
MANT. MECÁNICO	25	Tornillos o tuercas flojas de la abrazadera de la banda.	Reapretar	M.P. / OP
	26	Tuercas de barras para nivelar	Ajustar y nivelar platos.	M.P. / OP
	27	Contaminación y tuercas flojas	Desarmar, verificar y limpiar.	M.P. / OP
	30	Inspeccionar la superficie del patin de la placa.	Limpiar y verificar desgastes	M.P.
	31	Tornillos flojos o dañados	Reapretar	M.P.
	32	Tornillos de nivelación horizontal	Re nivelar	M.P.
MANT. OLEOHIDRÁULICO	33	Filtros asi no haya cambio de aceite	Limpiar de acuerdo al manual	M.P. / OP
	34	Reengrasar el eje del carro a través del punto engrasador.	Aplicar grasa 50 a 60 pulsadas con la pistola engrasadora	M.P. / OP
		Reengrasar el eje guía a través del punto engrasador.	Aplicar grasa 30 a 40 pulsadas por eje con la pistola engrasadora	M.P. / OP
	36	Contaminación	Limpiar de acuerdo al manual	M.P. / OP
	37	Condición de uso	Revisar funcionamiento	M.P. / OP
	38	Condición de rings	Revisar fugas, cambiar si es necesario	M.E.
	41	Condición de rings	Revisar y cambiar si es necesario	M.E.

APÉNDICE P

PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS AUXILIARES										
EQUIPO	Nro	ACTIVIDADES	Respon-sabilidad		FRECUENCIA					
			Int	Ext	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
ENFRIADORES DE AGUA	1	Energía eléctrica permanentemente conectada	x		x					
	2	Chequeo de resistencias de calentamiento del enfriador	x		x					
	3	Verificación de los extractores de aire	x		x					
	4	Tomar consumos eléctricos de los extractores de aire	x			x				
	5	Tomar consumos eléctricos de los compresores	x				x			
	6	Reajuste de todas las líneas dentro del tablero del enfriador	x					x		
	7	Medición de aislamiento de los motores extractores	x					x		
	8	Revisión de sensores, transductores de presión	x					x		
	9	Medición de aislamiento de los compresores de tornillo	x						x	
	10	Medición de aislamiento de la acometida principal	x						x	
	11	Cambio de rodamiento de los motores extractores	x						x	
	12	Reajuste de breaker principal del enfriador	x						x	
	13	Mantenimiento de los contactores principales de los camp. Tornillo	x						x	
	14	Limpieza de tarjetas electrónicas de control	x						x	
	15	Mantenimiento general de los compresores de tornillo	x							x
	16	Mantenimiento general de los motores extractores		x						x
COMPRESORES DE AIRE	1	Verificación de energía eléctrica conectada	x		x					
	2	Verificar el swich de presión on-off	x		x					
	3	Arranque normal de los compresores de aire	x		x					
	4	Revisión de seguridades eléctricas	x			x				
	5	Limpieza general del tablero de control	x				x			
	6	Medición de la corriente del motor del compresor	x				x			
	7	Medición de la corriente del motor extractor aire	x				x			
	8	Revisión de los contactores del motor del compresor	x					x		
	9	Revisión de los contactores del motor extractor aire	x					x		
	10	Medición de aislamiento del motor del compresor	x						x	
	11	Medición de aislamiento del motor extractor aire	x						x	
	12	Mantenimiento de tarjeta electrónica de control	x						x	
	13	Reajuste de conexiones del breaker principal	x						x	
	14	Reajuste de conexiones del tablero de control	x						x	
	15	Mantenimiento general del motor del compresor	x							x
	16	Mantenimiento general del motor extractor aire	x							x
BANDA TRANSPORTA-DORA	1	Revisar motor eléctrico	x				x			
	2	Revisar desgaste y alineación de correas y poleas	x				x			
	3	Revisar unión y alineación de la banda	x				x			
	4	Revisar tornillos	x					x		
	5	Revisión general	x					x		
SUCCIONADOR DE MATERIA	1	Limpieza de filtros de materia	x			x				
	2	Revisar motor de secadora	x				x			
	3	Revisar termocupla	x				x			
	4	Revisar controladores	x				x			

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

```

graph LR
    A[Mantenimiento Preventivo Externo] --> B[Limpieza]
    A --> C[Revisión Interna]
    D[Mantenimiento Predictivo] --> E[Lubricación]
    F[Inspecciones] --> G[Cambio de Partes]
  
```

APÉNDICE R

ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO MECÁNICO / ELÉCTRICO		Nro.
FECHA:		TURNO:
MÁQUINA:		Nro.
MOLDE DE ARTÍCULO:		
MOLDE Nro.	UBICACIÓN:	
EQUIPO DE TRABAJO		
INTEGRANTES	FUNCIÓN	
ACTIVIDADES		
1 = MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
REPUESTOS UTILIZADOS		
TIEMPO EN QUE PARÓ MÁQUINA	TIEMPO QUE ARRANCA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO
REPUESTOS UTILIZADOS		
2 = MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
	Diario	Semanal
	Mensual	Trimestral
	Semestral	Anual
REPUESTOS UTILIZADOS		
TIEMPO EN QUE PARÓ MÁQUINA	TIEMPO QUE ARRANCA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO
3 = MANTENIMIENTO PREDICTIVO		
REPUESTOS UTILIZADOS		
TIEMPO EN QUE PARÓ MÁQUINA	TIEMPO QUE ARRANCA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE		

APÉNDICE S

MANTENIMIENTO					
CONTROL DE MÁQUINAS Y MANTENIMIENTO					
MAQUINA:					
MODELO:					
No. SERIE:					
UBICACION:					
REPUESTOS CRITICOS:					
FECHA	DESCRIPCION DEL TRABAJO	TIEMPO EN QUE LA MÁQUINA PARÓ PARA SERVICIO	TIPO DE MANTENIMIENTO		
			M.M.	M.E.	M.OH
TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO ANUAL					

APÉNDICE T

SISTEMA DE REPORTE					
MÁQUINA:					
MOLDES MONTADOS:					
	DIAS	EJECUCIONES DE M.P.	Nf Nro de Paradas	TO Tiempo de Operación (horas)	COSTOS DE M.P.
SEMANA 1	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
TOTAL					
MTBF = TO / # de paradas					
SEMANA 2	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
TOTAL					
MTBF = TO / # de paradas					
SEMANA 3	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
TOTAL					
MTBF = TO / # de paradas					
SEMANA 4	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
TOTAL					
MTBF = TO / # de paradas					

APÉNDICE U

MATRIZ DE CRITICIDAD								
EQUIPO O PARTE	RESPALDOS	INCIDENCIAS	DETECCIÓN	CAUSAS	IMPACTO	RIESGO	ACTUACIÓN	CRITICIDAD
RETENEDORES DEL CILINDRO DE ACOPLE DEL LADO FIJO	SI	Pasa el aceite donde no debería ir	Fuga de aceite por los cilindros	No se revisó los retenedores	Pérdida de aceite y presión	La falta de aceite puede dañar otras partes	Para la máquina y se cambia por un original	CRÍTICO
O'RINGS DEL CILINDRO	SI	Baja el nivel de aceite	Fuga de aceite por los cilindros	No se cambiaron los o'rings en el momento	Perdida de aceite y para la máquina	La falta de aceite puede dañar otras partes	Para la máquina y se cambia por un o'ring original	CRÍTICO
TARJETA ELECTRÓNICA PRINCIPAL CAC 2000	SI	Deja de funcionar toda la parte electrónica	Falla continuamente el sistema electrónico	Fin de tiempo de vida de tarjeta	Para la máquina	Para la máquina y no hay producción mientras no exista tarjeta	Cambio de tarjeta por una original	SUPER CRÍTICO
TARJETA ELECTRÓNICA DEL MONITOR	NO	Fallo del LCP	No se ve el LCP de forma clara	Golpes o fin de vida útil de la tarjeta	No se ven parámetros ni programas del LCP	Para la máquina y no hay producción mientras no exista tarjeta	Cambio de tarjeta por una original	SUPER CRÍTICO
ENCODER 500 P/1000 P	SI	Fallo de los encoders	No cierra la prensa o carga el tornillo	Mala conexión o daño de encoders	Para la máquina	Para la máquina y producción mientras no se corrija	Cambiar o adaptar al encoder	CRÍTICO
RETENEDORES DE BOTELLAS HIDRÁULICAS	SI	Fallo de botellas	Fuga de aceite por las botellas	Desgaste y no se los revisó	Pérdida de presión y aceite	Baja presión y para la máquina	Se cambia de retenedor	CRÍTICO
ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS Y NEUMÁTICAS	SI	Fallo de electroválvulas	Demora en acumular y pérdida de presión	Falta de mantenimiento de válvulas	Pérdida de presión e ineficiencia en producción	Baja la producción, y no se calibra fácilmente	Tercearizar la reparación de las válvulas.	NORMAL
RESISTENCIAS DEL TUNEL Y BOQUILLA	SI	Fallo de resistencias	No llena correctamente los artículos	Daño por uso o falta de limpieza en la zona de la boquilla	Para la máquina hasta que se corrija	Baja de producción	Cambiar o adaptar las resistencias	NORMAL
BOMBAS OLEO-HIDRÁULICAS	NO	Fallo de bombas	Sonido extraño en los motores, pérdida de fuerza y presión de máquina	Falta de mantenimiento y limpieza.	Para la máquina hasta que se corrija	Para de máquina y de producción	Tercearizar la reparación de las bombas.	CRÍTICO

APÉNDICE V

MATRIZ DE DESCRIPCIÓN					
EQUIPO O PARTE	CANTIDAD	MARCA O ESPECIFICIÓN	FUNCIÓN	MANTENIMIENTO	TIPO DE MANTENIMIENTO
RETENEDORES DEL CILINDRO DE ACOPLE DEL LADO FIJO	2	RETENEDOR 255X230X18 mm	Impide el paso del aceite con el movimietno del pistón	Mantenimiento cada 3.5 años de acuerdo al fabricante	Preventivo
O'RINGS DEL CILINDRO	2	POLIPACK 140 X 160 X 15 mm	Permite el sellamiento perfecto del cilindro e impide fugas.	Mantenimiento cada 2 años de acuerdo al fabricante	Preventivo
TARJETA ELECTRÓNICA PRINCIPAL CAC 2000	1	CAC 2000	Controla toda la parte electrónica de la máquina	Mantenimiento cada 3.5 años de acuerdo al fabricante	Preventivo
TARJETA ELECTRÓNICA DEL MONITOR	1	XXXX	Permite visualizar el LCP	Mantenimiento cada 3.5 años de acuerdo al fabricante	Preventivo
ENCODER 500 P/1000 P	2	500 P/1000P	Da señal de cierre o de final de carrera	Verificación diaria	Preventivo y correctivo
RETENEDORES DE BOTELLAS HIDRÁULICAS	2	6MM	Impide el paso del aceite con el movimietno del pistón	Cada cambio de molde	Preventivo y correctivo
ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS Y NEUMÁTICAS	0	XXXX	Permite la graducción de presiones adecuadas	Mantenimiento semestral	Correctivo
RESISTENCIAS DEL TUNEL Y BOQUILLA	7	5/8 a 35 MM	Mantiene la temperatura el el tunel y la boquilla	Mantenimiento Trimestral	Correctivo
BOMBAS OLEO-HIDRÁULICAS	0	XXXX	Genera movimiento a los todos los componentes	Mantenimiento semestral	Preventivo

APÉNDICE W

FRECUECIA DE SALIDA DE REPUESTOS								
DESDE ENERO 2007 HASTA ENERO DEL 2008								
Nro	NOMBRE	CARACTERISTI-CA	COSTO/ unidad.	Nro de VECES	VALOR DEL CONSUMO	% DEL CONSUMO	% ACUMULA- TIVO	Consumo/día
1	FAJA M6B	30 X 2,5 MM	74,14	5	370,7	17,9	17,9	0,02
2	ACEITE HIDRÁULICO HARMONY	46 AW	301	1	301	14,51	32,4	0,00
3	POLYPACK	140 X 160 X 15	43,5	4	174	8,39	40,8	0,01
4	RETENEDOR	255X230X18 MM	80	2	160	7,72	48,5	0,01
5	RESISTENCIA CARTUCHO	5/8X6 400W	35	4	140	6,75	55,2	0,01
6	ENCODER	500P/1000P	128	1	128	6,17	61,4	0,00
7	MOR CORDON	7/16 MM	10	5	50	2,41	63,8	0,02
8	LIMITED SWITCH	300 MA	50	1	50	2,41	66,2	0,00
9	RODAMIENTO	1205 SKF	12,36	4	49,44	2,38	68,6	0,01
10	PERNO HEXAGONAL	1"X12" G-8	11,7	4	46,8	2,26	70,9	0,01
11	TERMOCUPLA	3/6"	20	2	40	1,93	72,8	0,01
12	RESISTENCIA DE BOQUILLA	45X70MM 220V	12,5	3	37,5	1,81	74,6	0,01
13	BATERIA	12 V 1,3 AH	18,48	2	36,96	1,78	76,4	0,01
14	PERNO HEXAGONAL	1" X 8 "	4,08	9	36,72	1,77	78,2	0,03
15	CONTACTOR	3RT102625A	35,6	1	35,6	1,72	79,9	0,00
16	MOR CORDON	6 MM	6,7	5	33,5	1,62	81,5	0,02
17	MANGUERA HIDRÁULICA	GATES 5000 PSI	4,9	6	29,4	1,42	82,9	0,02
18	MANGUERA TRANSPARENTE	.3/8	0,6	47	28,2	1,36	84,3	0,16
19	SELLO	30X40X10	6,9	4	27,6	1,33	85,6	0,01
20	ACERO DF-2D	50,8X150 MM	13,63	2	27,26	1,31	86,9	0,01
21	RESISTENCIA DE BOQUILLA	55X35MM 220 V	12,6	2	25,2	1,22	88,1	0,01
22	MANGUERA POLIURETANO	10"6,5 MM	1,8	13	23,4	1,13	89,3	0,05
23	RESISTENCIA DE BOQUILLA	35 X 35 MM 220V	10,8	2	21,6	1,04	90,3	0,01
24	TUERCA	1"	0,6	31	18,6	0,90	91,2	0,11
25	MOR CORDON	7 MM	9	2	18	0,87	92,1	0,01
26	CABLE PARA RESISTENCIAS	A.T. # 4	4,5	4	18	0,87	92,9	0,01
27	FILTRO DE AIRE	180 X 140 MM	17	1	17	0,82	93,8	0,00
28	RESORTE	75X22 L70 MM	13,4	1	13,4	0,65	94,4	0,00
29	ACOPLE HIDRÁULICO	WEATH 8 8 FJX	4,2	3	12,6	0,61	95,0	0,01
30	PERNO HEXAGONAL	1"X6"	4,04	3	12,12	0,58	95,6	0,01
31	PERNO ALLEN	3/8" x 2 1/2"	0,3	26	7,8	0,38	96,0	0,09
32	PERNO HEXAGONAL	16 X 100 MM	3,8	2	7,6	0,37	96,3	0,01
33	ACOPLE HIDRÁULICO	WEATH 8 12 FJX	6,71	1	6,71	0,32	96,7	0,00
34	ADAPTADOR HIDRÁULICO	16MP-12MJ	6,71	1	6,71	0,32	97,0	0,00
35	MINI RELAY	JZC-20F DC	6,6	1	6,6	0,32	97,3	0,00
36	ACOPLE RECTO	8 MM X 1/4	1,2	5	6	0,29	97,6	0,02
37	RODAMIENTO	6206 SKF	5,89	1	5,89	0,28	97,9	0,00
38	ACOPLE RECTO	8MM X 1/4	0,83	7	5,81	0,28	98,2	0,02
39	PERNO ALLEN	3/4" x 2 "	1,327	4	5,308	0,26	98,4	0,01
40	SOLTEC	312	0,711	6	4,266	0,21	98,6	0,02
41	PROTECTOR DE MOLDE	XXXX	3,8	1	3,8	0,18	98,8	0,00
42	O'RING	# 115	0,164	20	3,28	0,16	99,0	0,07
43	MANGUERA POLIURETANO	12 MM	1,6	2	3,2	0,15	99,1	0,01
44	MANGUERA POLIURETANO	8 MM	0,829	3	2,487	0,12	99,2	0,01
45	FUSIBLE VIDRIO CORTO	5A	0,36	6	2,16	0,10	99,3	0,02
46	PERNO ALLEN	12x40 MM	0,284	7	1,988	0,10	99,4	0,02
47	TERMINAL CERRADO	10-12 A.T.	0,45	4	1,8	0,09	99,5	0,01
48	ANILLO PLANO	1"	0,215	8	1,72	0,08	99,6	0,03
49	FUSIBLE CARTUCHO	32A-500V	0,75	2	1,5	0,07	99,7	0,01
50	ANILLO DE PRESIÓN	3/4"	0,104	8	0,832	0,04	99,7	0,03
51	PERNO ALLEN	12x100 MM	0,74	1	0,74	0,04	99,8	0,00
52	ANILLO PLANO	1/2"	0,064	9	0,576	0,03	99,8	0,03
53	ANILLO PLANO	7/8"	0,094	6	0,564	0,03	99,8	0,02
54	FUSIBLE VIDRIO CORTO	2A	0,15	3	0,45	0,02	99,8	0,01
55	ABRAZADERA GALVANIZADA	1/2	0,11	4	0,44	0,02	99,9	0,01
56	FUSIBLE VIDRIO CORTO	4A	0,2	2	0,4	0,02	99,9	0,01
57	O'RING	# 216	0,387	1	0,387	0,02	99,9	0,00
58	TERMINAL H	# 14	0,15	2	0,3	0,01	99,9	0,01
59	ANILLO PLANO	5/8"	0,07	4	0,28	0,01	99,9	0,01
60	PERNO HEXAGONAL	9/16" x 2"	0,28	1	0,28	0,01	99,9	0,00
61	ANILLO PLANO	7/8"	0,069	4	0,276	0,01	100,0	0,01
62	ANILLO DE PRESIÓN	1/2"	0,042	6	0,252	0,01	100,0	0,02
63	FUSIBLE VIDRIO CORTO	3A	0,2	1	0,2	0,01	100,0	0,00
64	PERNO ALLEN	5x50 MM	0,18	1	0,18	0,01	100,0	0,00
65	PERNO ALLEN	5/16"x2"	0,13	1	0,13	0,01	100,0	0,00
66	O'RING	# 011	0,124	1	0,124	0,01	100,0	0,00
67	PERNO ALLEN	1/4 X 1"	0,065	1	0,065	0,00	100,0	0,00
68	ANILLO PLANO	1/4"	0,021	2	0,042	0,00	100,0	0,01

69	RESISTENCIA DE BANDA	150X200 240 V	55	0	0	0,00	100,0	0,00	1
70	RESISTENCIA DE BANDA	150X60 240 V	45	0	0	0,00	100,0	0,00	2
71	LIMITED SWITCH	XCK M-121	60	0	0	0,00	100,0	0,00	3
72	RETENEDOR	140X150X15 MM	81	0	0	0,00	100,0	0,00	4
73	RETENEDOR	160X285X45 MM	87	0	0	0,00	100,0	0,00	5
74	SENSOR	PS-05 N	10	0	0	0,00	100,0	0,00	6
75	SENSOR	PM-12-04N	10	0	0	0,00	100,0	0,00	7
76	SENSOR CILÍNDRICO INDUCTIV	HYP-8R 10-30 VDC	20	0	0	0,00	100,0	0,00	8
77	SENSOR DE PRESIÓN	PHD-101 400Bbar	25	0	0	0,00	100,0	0,00	9
78	ENCODER 2	HYRE 5 - 24 VDC	110	0	0	0,00	100,0	0,00	10
79	FUENTE DE PODER	S 150	75	0	0	0,00	100,0	0,00	11
80	PUNTA DE INYECCIÓN		90	0	0	0,00	100,0	0,00	12
81	TARJETA ELECTRONICA MONITOR	XXXX							13
82	RETENEDORES DE BOTELLAS	XXXX							14

TOTAL 2073,747

MEDICIONES BÁSICAS TPM		
Mediciones	Antes	Después
<i>Defectos</i>	<i>Encontrados</i>	<i>Por Solucionar</i>
General	2	
Eléctrico	2	
Lubricación	3	
Lugar de trabajo	2	
Control	3	
Total:	12	

los zapatos de apoyo de la lámina.

Ate guías de barra sobre la lámina.

Alojamiento de paseo(de unidad de disco) de la unidad de inyección.

Las barras de guía de la unidad de inyección.

Cierre de plato(placa).

Gracias Hidráulicas.

Lazo(Corbata)