

**PROPUESTA DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO TENIENDO EN CUENTA LA GESTIÓN DE ACTIVOS PARA
LAS MÁQUINAS INYECTORAS DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN
DE ENVASES DE PLÁSTICO**

**LUIS ALFREDO BONILLA BARAJAS
CRISTHIAN ALEXANDER ORTIZ RODRÍGUEZ**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ
2015**

**PROPUESTA DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO TENIENDO EN CUENTA LA GESTIÓN DE ACTIVOS PARA
LAS MÁQUINAS INYECTORAS DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN
DE ENVASES DE PLÁSTICO**

**LUIS ALFREDO BONILLA BARAJAS
CRISTHIAN ALEXANDER ORTIZ RODRÍGUEZ**

Monografía como requisito para optar el título de:
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

**Director
Ing. NELSON DARÍO ROJAS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE POSGRADOS
BOGOTÁ
Abril de 2015**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, Abril 2015

DEDICATORIAS

A mis padres por su sacrificio y fortaleza por llevarme siempre adelante, a mis hermanos por su compañía y orientación, a mi esposa por su amor y entrega y a mi bebe por la esperanza de construir junto a él un mejor futuro.

LUIS ALFREDO BONILLA BARAJAS

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, esfuerzo, comprensión, colaboración y Paciencia.

CRISTHIAN ALEXANDER ORTIZ RODRIGUEZ

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

A DIOS, por permitirnos ver la luz de cada día, por estar siempre a nuestro lado, por brindarnos la oportunidad de compartir con nuestras familias y gracias DIOS, por estar con nosotros sin importar que en ocasiones dudemos de tu presencia.

Al Ing. Nelson Rojas, Ingeniero, Coordinador del Posgrado en Gerencia de Mantenimiento por sus valiosas orientaciones y aportes.

A los profesores del Posgrado por el conocimiento y experiencia transmitidos. Cuya metodología aplicada fue base importante para el desarrollo de la presente monografía.

A los Ingenieros Iván Martínez Mora y Luis Alfonso Ortiz, docentes de la Facultad de Plástico de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, por su tiempo y generosa colaboración en todas las etapas llevadas a cabo dentro del proyecto.

A todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra manera a llevar a buen término este proyecto.

LOS AUTORES

RESUMEN

Esta monografía da a conocer los principios básicos del diseño, configuración y estructuración de un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de inyección en una empresa de producción de plásticos, presenta los programas y planes del mantenimiento comprendidos desde las normas elementales de cómo se hace una inspección de una máquina, hasta el proceso de instalación y ejecución del mantenimiento.

PALABRAS CLAVE

Principios, Configuración, estructuración, Mantenimiento Preventivo, programas, planes, normas, inspección, máquina, proceso, instalación, ejecución.

ABSTRACT

This paper discloses the basic principles of design, design and structure of a preventive maintenance program for injection molding machines in a company producing plastics, presents programs and maintenance plans included from the basic rules of how to make a inspection of a machine, until the installation and execution of maintenance.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | |
| 1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN | 11 |
| 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 12 |
| 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 12 |
| 2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 12 |
| 2.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA | 13 |
| 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 15 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL | 15 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 16 |
| 4.1. JUSTIFICACIÓN | 16 |
| 4.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 5.1. MARCO TEÓRICO | 18 |
| 5.1.1. ¿QUÉ ES LA OPERACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO? | 18 |
| 5.1.2. ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO? | 19 |
| 5.1.2.1. VISITAS | 20 |
| 5.1.2.2. REVISIONES | 21 |
| 5.1.2.3. LUBRICACIÓN PERIÓDICA | 22 |
| 5.1.2.4. LIMPIEZA | 23 |
| 5.1.2.5. BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 24 |
| 5.1.2.6. COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 24 |

| | | |
|------------|--|----|
| 5.1.2.6.1. | ARRANQUE | 25 |
| 5.1.2.6.2. | ALMACENES | 25 |
| 5.1.2.6.3. | ENTRENAMIENTO O CAPACITACIÓN | 26 |
| 5.1.3. | ¿QUÉ ES UNA MÁQUINA INYECTORA? | 27 |
| 5.1.3.1. | EL MOLDEO DE INYECCIÓN | 27 |
| 5.1.4. | COMPONENTES DE UNA MÁQUINA INYECTORA | 28 |
| 5.1.4.1. | UNIDAD DE CIERRE | 29 |
| 5.1.4.1.1. | PLATINA ESTACIONARIA FRONTAL | 30 |
| 5.1.4.1.2. | PLATINA MÓVIL | 30 |
| 5.1.4.1.3. | PLATINA ESTACIONARIA TRASERA | 30 |
| 5.1.4.1.4. | MECANISMO DE CIERRE | 30 |
| 5.1.4.1.5. | SISTEMA MECÁNICO CON PALANCAS ACODADAS | 31 |
| 5.1.4.1.6. | SISTEMA HIDRÁULICO | 32 |
| 5.1.5. | UNIDAD DE INYECCIÓN | 33 |
| 5.1.6. | UNIDAD DE POTENCIA | 35 |
| 5.1.6.1. | SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO | 35 |
| 5.1.6.2. | SISTEMA DE POTENCIA HIDRÁULICO | 37 |
| 5.1.7. | LA UNIDAD DE CONTROL | 38 |
| 5.2. | ESTADO DEL ARTE | 39 |
| 5.2.1. | ESTADO DEL ARTE LOCAL | 39 |
| 5.2.2. | ESTADO DEL ARTE NACIONAL | 44 |
| 5.2.3. | ESTADO DEL ARTE INTERNACIONAL | 47 |
| 6. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 51 |
| 7. | DISEÑO METODOLÓGICO | 52 |
| 7.1. | RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN | 52 |
| 7.2. | TOMA DE LOS DATOS | 53 |
| 7.3. | DESARROLLO DEL PROYECTO | 54 |
| 7.4. | ENTREGA DE RESULTADOS | 56 |

| | | |
|------|---|----|
| 8. | FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN | 57 |
| 8.1. | FUENTES PRIMARIAS | 57 |
| 8.2. | FUENTES SECUNDARIAS | 57 |
| 9. | COSTOS | 59 |
| 10. | CONCLUSIONES | 68 |
| 11. | REFERENCIAS (BIBLIOGRAFÍA) | 69 |
| 12. | INFOGRAFÍA | 74 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Distribución típica para una planta de inyección de plástico | 59 |
| Ilustración 2 Formulario encuesta criticidad | 62 |
| Ilustración 3 Taxonomía de acuerdo a ISO 14224 | 73 |
| Ilustración 4 Niveles de intervención en mantenimiento..... | 73 |
| Ilustración 5 Formato para codificación de equipos | 75 |
| Ilustración 6 Desarrollo de código para elementos..... | 75 |
| Ilustración 7 Aspectos para definición de tareas | 76 |
| Ilustración 8 Plantilla Plan de mantenimiento genérica | 78 |
| Ilustración 9 Orden de trabajo tipo | 79 |
| Ilustración 10 Indicadores de gestión genéricos para mantenimiento | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|-------------------------------|------|
| TABLA N 1 PRESUPUESTO GLOBAL | 59 |
| TABLA N 2 GASTOS PERSONAL | 60 |
| TABLA N 3 GASTOS DE EQUIPOS | 61 |
| TABLA N 4 GASTOS EN VIAJES | 62 |
| TABLA N 5 GASTOS DE PAPELERIA | 63 |

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento entendido como la técnica de anticipar las interrupciones en la fabricación, al mantener la Maquinaria equipos e instalaciones en óptimas condiciones que permitan el correcto desempeño y rendimiento de los procesos.

El campo de acción del mantenimiento se extiende desde la empresa más pequeña hasta la más grande. El mantenimiento se ha convertido en una necesidad cuya aplicación se impone día a día como parte integral del correcto funcionamiento de todos los activos dentro de la organización.

El mantenimiento es una serie de principios generales y un ordenamiento de las todas las técnicas actuales y empleadas en todo tipo de industria, de forma segura, eficiente y confiable, garantizando la integridad del activo físico, las condiciones de seguridad personal, ambiental, la continuidad del proceso productivo y la calidad del producto final.

El objetivo del plan de mantenimiento a desarrollar será brindar y dar servicio a la máquina e instalación, al anticiparse e impedir las interrupciones en la producción, manteniendo su máquina e instalación en buenas condiciones, ayudarlos en el alcance de las metas de producción, con un buen mantenimiento, de acuerdo a lo que sea programado para ser ejecutado en el menor tiempo posible.

El presente desarrollo se llevará a buen término, gracias a la experiencia en la industria, al conocimiento obtenido dentro de nuestros estudios realizados en el ciclo profesional y a los conocimientos adquiridos durante la especialización cursada.

RESUMEN

La investigación lleva como título propuesta de operación y control de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta la gestión de activos para las máquinas inyectoras de una empresa de producción de envases de plástico, indaga en las causas del no cumplimiento de los objetivos de entrega a los clientes durante periodos prolongados, para esto indaga en los resultados de las diferentes áreas encontrando que la causa raíz está posiblemente el funcionamiento deficiente de los equipos del área de inyección, luego de esto hace una matriz de criticidad en la cual se establece que los activos más críticos para el proceso son las inyectoras y procede a plantear una propuesta orientada a generar actividades que propendan por la recuperación de las condiciones iniciales de trabajo de los activos y su posterior mantenimiento.

ABSTRACT

The research proposal is titled operation and control of preventive maintenance considering asset management for injection molding machines from a company producing plastic containers, investigates the causes of non-compliance with the objectives of delivery to customers during prolonged periods, for it investigates the performance of different areas and found that the root cause is possibly poorly functioning teams in the injection area , then it makes an array of criticality in which it is established that the most critical assets the process are the injectors and proceeds to raise a proposal to generate activities which foster the recovery of the initial conditions of employment of assets and subsequent maintenance.

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

PROPUESTA DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO TENIENDO EN CUENTA LA GESTIÓN DE ACTIVOS PARA LAS MÁQUINAS INYECTORAS DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE PLÁSTICO

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Descripción Del Problema

El sostenimiento de la operación es uno de los factores críticos de éxito en economías globalizadas y en sectores de alta competencia, lo anterior obliga a que las áreas de mantenimiento de las organizaciones garanticen una alta disponibilidad en los equipos y sistemas para garantizar el cumplimiento de metas y objetivos, esto conlleva al cumplimiento de los planes de producción y al entusiasmo del cliente.

En el caso estudiado por la presente investigación se encuentra una compañía dedicada a la inyección de plástico para envases de alimentos la cual tiene a su favor una alta demanda en sus productos, pero tiene un factor en contra y es la baja confiabilidad, de aquí se establece la generación de una gran cantidad de incumplimientos en los pedidos (el indicador de entregas a tiempo está en un 87%) y una alta tasa de defectos (estimada en un 9%), también reclamaciones por parte de los clientes en cuanto a despachos.

Lo anterior ha llamado la atención de la gerencia de operaciones la que ha detectado por medio de la aplicación de análisis de Pareto que algunos de estos problemas recaen en el sistema de inyección y específicamente en el área de inyección por lo cual ha asignado al área de mantenimiento estudiar las posibles soluciones al problema.

Para garantizar la conservación y la buena operación de las máquinas inyectoras de la planta.

2.2. Formulación Del Problema

La instalación y conservación de los equipos requiere control sobre la realización de los trabajos, esto garantiza el buen funcionamiento de los mismos. Una propuesta de mantenimiento adecuada debe permitir predecir defectos y fallas de la máquina antes de que ocurran, a su vez esto permitirá reducir costos; por este motivo los autores proponen la siguiente pregunta.

¿Cómo garantizar el eficiente funcionamiento, operación y control de las máquinas inyectoras en una empresa de inyección de envases de plásticos?

2.3. Sistematización Del Problema

- ¿Cuál es el nivel de aprovechamiento de la capacidad de las inyectoras?
- ¿Mediante que metodologías se ha logrado resultados significativos para problemáticas similares?
- ¿Qué metodología usar para optimizar el uso de la capacidad de la inyectora?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo General

Formular una propuesta para garantizar el eficiente funcionamiento, operación y control de las máquinas inyectoras en una empresa de inyección de envases de plásticos.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los resultados actuales en cuanto aprovechamiento de la capacidad de las inyectoras.
- Establecer las metodologías usadas para solucionar este tipo de problemáticas.
- Determinar la metodología a proponer para optimizar el uso de la inyectora.

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Justificación

La empresa estudiada se ha caracterizado por ser líder en el mercado de los envases de plásticos para alimentos y a partir del cambio de dirección han quedado a la luz algunas de sus debilidades, esto hace evidente la necesidad de reestructurar las prácticas de mantenimiento, teniendo en cuenta que se inició el cálculo de indicadores de gestión. Prolongar la vida útil de los equipos, reducir tiempos de paradas, disminuir accidentes de trabajo, mejorar las relaciones de trabajo, e innovar, para garantizar confiabilidad en alto porcentaje; además, implementar un programa (software) o equivalente que contribuya como soporte logístico para evaluar y facilitar la toma de decisiones en el mantenimiento son algunas de las opciones propuestas para lograr garantizar la supervivencia de la operación.

La demanda del proceso de inyección ha ido en crecimiento, debido a sus múltiples aplicaciones en el sector, productos de hogar, juguetería entre otros, a tal punto que se ha visto la necesidad de importar productos de otros países como China, generando una competencia desleal por precio y calidad.

Tres factores básicos justifican el darle una nueva concepción al mantenimiento.

- Factor Técnico
- Factor Mano de Obra
- Factor Costos

El estudio que se pretende desarrollar, tiene aplicación práctica, que permite planificar, analizar costos, tiempos, rendimientos y aprovechamiento de los

recursos, logrando de ésta forma las comunicaciones necesarias y una responsabilidad compartida entre los departamentos de producción y mantenimiento de la empresa.

En la práctica, la viabilidad del programa, está determinada por el tamaño, modelo y edad de los equipos, así como la calidad de la mano de obra tanto de producción y mantenimiento, políticas de la empresa ritmos de trabajo y producción, fijando normas básicas que permitan elaborar y poner en acción un plan de mantenimiento preventivo que se adapte a las condiciones.

Se espera que al desarrollar una estrategia de mantenimiento, se eleve la calidad en la ejecución de las actividades y la confiabilidad de las máquinas de inyección, lo cual redundará.

4.2. Delimitación De La Investigación

La investigación será desarrollada teniendo como base los datos generados alrededor del funcionamiento de las inyectoras ubicadas en la planta de producción de una empresa productora de envases plásticos para alimentos en la ciudad de Bogotá, con el fin de realizar la detección de las fallas en su etapa inicial y la corrección de estas, las cuales son el punto de inicio al mejoramiento, y permitirán la eficiencia de las máquinas.

Se complementará con las investigaciones en mantenimiento desarrolladas en la UNIVERSIDAD ECCI siendo esta la entidad académica que ofrece la especialización en Gerencia de Mantenimiento.

4.3. Limitaciones de la Investigación

- Limitación de tiempo: El tiempo estimado para el desarrollo de la investigación es de tres meses
- Limitación económica: El proyecto será desarrollado con fondos de los autores únicamente.
- Limitación Documental: La organización no cuenta con los manuales o datos históricos específicos de las máquinas mayores a cuatro meses

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Marco Teórico

El desarrollo de toda investigación requiere de fundamentación teórica que muestre la intencionalidad y profundidad a la que se desea llegar mediante la misma, el objeto de los siguientes numerales es indagar en los conceptos teóricos requeridos para el desarrollo de la investigación.

5.1.1 ¿Qué es la gestión de activos?

Robert Davis en su libro Introducción a la gestión de activos escribe acerca del significado y la conceptualización del tema lo siguiente: es una disposición mental a ver los activos físicos no como pedazos de metal, plástico o cemento inanimados e invariables sino como objetos y sistemas que responden a su medio, que cambian, que por lo general se deterioran con el uso y que progresivamente envejecen, luego fallan/dejan de funcionar y/o mueren.

Es aceptado que los activos tienen un ciclo de vida, es tan importante para aquellos que trabajan en finanzas como para los ingenieros, es un enfoque que busca obtener lo mejor de los activos para el beneficio de la organización y/o sus partes interesadas, es sobre la comprensión y la administración del riesgo asociado a poseer activos Uno de los desafíos de la gestión de activos es que un activo no es consciente. No mantiene edictos administrativos. No responde ni a la economía ni a la política. Pero sí responde a como se lo trata o usa. Esto crea un desafío para la gestión.

- ¿Cómo lograr el comportamiento correcto de una entidad que no nos escucha?
 - Un principio clave de la gestión de activos es la LINEA DE VISIÓN...que significa: un enfoque dentro de la organización que

busca alinear el trabajo que se realiza directamente en los activos con los objetivos de esa organización, Una disciplina que reconoce, adapta y alinea el riesgo de poseer un activo en particular con los objetivos de la organización que opera el activo.

Algunos ejemplos

Ej. 1. Una buena decisión de gestión de activos sería comprar un sistema de cañerías caro y de altas especificaciones dentro de un proceso industrial. Si bien el costo inicial es más alto, los costos de mantenimiento pueden ser más bajos y la vida útil 3 veces más extensa, el riesgo de fallas que interrumpen el servicio podría ser inferior y por lo tanto el riesgo para la organización desde la perspectiva del desempeño y los aspectos sanitarios, de seguridad y ambientales serían consecuentemente mucho menores. Por lo tanto, los costos totales del ciclo de vida podrían ser más bajos y el riesgo total para la organización de comprar un sistema de cañerías más caro representaría en consecuencia una buena decisión de gestión de activos.

Ej. 2. Una mala decisión de gestión de activos sería reducir la frecuencia del mantenimiento de un activo sin apreciar todas las consecuencias de hacerlo.

Si bien a corto plazo podría haber un beneficio financiero, si el activo falla en forma prematura el costo para la organización, a largo plazo, podría superar ampliamente el beneficio obtenido. Por supuesto, también es verdad que el mantenimiento es una forma de introducir fallas, de modo que una investigación adecuada podría llegar a probar que la reducción de la frecuencia de mantenimiento es un beneficio neto para la organización.

Gestión de activos no es solamente mantenimiento. El mantenimiento es parte del cuidado de los activos, pero también lo son el diseño, los suministros, la instalación, la puesta en marcha, la operación, etc.

- No es un sustituto de la gestión de calidad. La gestión de activos, al igual que otros procesos de gestión, debe ser sometido al escrutinio a través de un proceso de calidad que asegure su rigurosidad.
 - No es un sistema de gestión de proyectos
 - No es solamente para los ingenieros. Todos los que trabajan en una empresa que posee u opera activos deberían estar interesados. Esto incluye a aquellos que trabajan en suministros, finanzas, personal, servicios, planeamiento, diseño, operaciones, administración, liderazgo, marketing y ventas
 - No es solo un ejercicio de contabilidad. Si bien puede ayudarle a comprender el deterioro y la consecuente depreciación de un activo, es pertinente para toda la organización
 - No es una disciplina puramente académica. Si bien es un tema válido para la revisión y el progreso académico, es primariamente un tema pragmático y práctico
- Por qué es importante la gestión de activos: La gestión de activos es importante porque puede ayudar a las organizaciones a:
 - Reducir los costos totales de operar sus activos
 - Reducir los costos de capital de invertir en la base de activos
 - Mejorar el desempeño operativo de sus activos (reducir la tasa de fallas, aumentar la disponibilidad, etc)
 - Reducir los potenciales efectos negativos sobre la sanidad de operar los activos.
 - Reducir los riesgos de seguridad de operar los activos
 - Minimizar el impacto ambiental de operar los activos

- Mantener y mejorar la reputación de la organización
- Mejorar el desempeño regulatorio de la organización
- Reducir los riesgos legales asociados con la operación de los activos.

La clave de una buena gestión de activos es que OPTIMIZA estos beneficios. Esto significa que la gestión de activos tiene en cuenta todo lo anterior y determina cuál es la mejor combinación de actividades a fin de lograr el mejor equilibrio de todo lo mencionado para el beneficio de la organización.

La gestión de activos se orienta explícitamente a ayudar a las organizaciones a cumplir los objetivos definidos y a determinar la combinación óptima de actividades de acuerdo con estos objetivos (Robert, 2014).

5.1.2 ¿Qué Es La Operación y Control Del Mantenimiento?

Un sistema eficaz de operación y control del mantenimiento es la columna vertebral de una sólida administración del mantenimiento.

El control del mantenimiento significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia.

Un sistema eficaz de operación y control debe incorporar las siguientes características:

- Demanda de mantenimiento (es decir, qué trabajo tiene que hacerse y cuándo).
- Recursos de mantenimiento (es decir, quién hará el trabajo y qué materiales y herramientas se necesitan).
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.

- Normas de rendimiento y calidad (es decir, cuánto tiempo se requerirá para hacer un trabajo y las especificaciones aceptables).
- Retroalimentación, monitoreo y control (es decir, el sistema debe generar información y reportes para el control del costo de calidad y la condición de la planta; también es esencial un mecanismo de recopilación de datos y un seguimiento regular para la retroalimentación y el control).

El sistema de órdenes de trabajo es el vehículo para planear y controlar el trabajo de mantenimiento. También proporciona la información necesaria para vigilar e informar sobre el trabajo de mantenimiento. Una meta clara y procedimientos específicos son esenciales para la implantación del sistema de órdenes de trabajo y el control de las actividades de mantenimiento.¹

5.1.3 ¿Que es el mantenimiento preventivo?

Definición de mantenimiento preventivo es el tipo de mantenimiento que cubre todas las actividades de mantenimiento programado y cuya filosofía es la de llevar a cabo la prevención de la ocurrencia de una falla o la detección de la falla, antes de que ésta ocasione una interrupción o un disturbio en la producción.

Como su nombre lo indica, el mantenimiento preventivo, se diseña con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas, e inclusive partes presentes en una planta industrial.

¹ Sistemas de Mantenimiento Planeación y control / SALIH O.DUFFUAA, A.RAOUF, JOHN DIXON CAMPBELL / EDITORIAL LIMUSA / 2002 / ISBN 968-18-5918-9 / Pág.47.

Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de subensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes a maquinaria, equipos e instalaciones que se consideren importantes para evitar fallos.

El mantenimiento preventivo podrá, en un futuro, ser potencialmente mejorado por medio de la incorporación de un programa de Mantenimiento Predictivo.

Es importante trazar la estructura del diseño del programa, incluyendo en éste las componentes de conservación, confiabilidad, sostenibilidad y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos, tras ubicar las responsabilidades de cada uno de estos para asegurar el cumplimiento de dicho programa.

Dentro de un programa de mantenimiento preventivo, la acción de mantener en buen estado el equipo, se puede lograr mediante la planeación y programación de los siguientes aspectos:

5.1.3.1 Visitas

Son inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado o para seguir la evolución de las anomalías identificadas y así evitar que lleguen a convertirse en fallas.

Para ser consideradas como tales, las visitas deben cumplir con lo siguiente:

- Verificar las inspecciones en el lugar de trabajo, comprobando si el equipo labora en condiciones de rendimiento óptimo;

- Ser rápidas, deteniendo el equipo (si es necesario) el menor tiempo posible. La duración de una visita debe planearse para que no sea mayor de una hora;
- No desarmar órganos complejos, sin embargo se pueden efectuar pequeños desmontajes para realizar la inspección, siempre que no exceda el tiempo ya establecido;
- Realizar pequeñas reparaciones que no provoquen una detención excesiva;
- Utilizar, en lo posible, métodos no destructivos de inspección, tales como: visuales, auditivos, rayos x, gammagrafía y ondas ultrasónicas.

El personal que efectuará las visitas tiene una gran responsabilidad por lo que debe tener conocimientos técnicos calificados para ser capaz de localizar las causas de posibles fallas.

5.1.3.2 Revisiones

Son intervenciones que se realizan sobre instalaciones o máquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa, y reparándolas con el fin de dejar el equipo en condiciones de funcionamiento que evite la aparición de fallas.

Las revisiones para ser consideradas como tales, deben cumplir con los siguientes aspectos.

- Desmontar partes de las máquinas o instalaciones cuando, por consecuencia de la visita previa, se detecta la posibilidad de existencia de fallas;

- Reparar las fallas previamente señaladas por las visitas y otras detectadas durante la revisión;
- Sustituir o reemplazar piezas sujetas a desgaste rápido de acuerdo con un programa establecido con anticipación. En esta actividad se tratará normalizar las piezas que se reemplazan periódicamente.

Las revisiones se tratarán de efectuar en el lugar de la máquina, pero si la dificultad de reparación requiere que se traslade al taller de mantenimiento, el tiempo de la revisión debe de preverse. Para facilitar las revisiones es conveniente prepararlas previamente, analizando las secuencias de desmontaje y montaje así como prever la herramienta y equipo necesarios.

El personal de revisión, igual que el de las visitas, debe ser previamente adiestrado. Para ello se puede optar la alternativa de asignar a personas específicas un tipo de máquina o formar personal polivalente, para que revise todo tipo de equipo.

5.1.3.3 Lubricación periódica

Es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de fallas son consecuencia de lubricación defectuosa.

La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto la localización de puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, cambio y limpieza, tipo de lubricante, viscosidad de los

mismos, etc. Con estos datos y de acuerdo a las condiciones de trabajo se procede a la normalización de los lubricantes.

Al tener normalizados y clasificados los lubricantes se procede a elaborar las fichas de lubricación, las cuales deben constar de un croquis de la máquina o instalación, con las vistas suficientes para identificar puntos de aplicación, y niveles de aplicación.

Además, las fichas de lubricación deben indicar la frecuencia de aplicación en cada punto del equipo, tipo de lubricante a emplear, limpieza de depósitos y renovación, entre otros.

El personal que ejecuta las tareas de lubricación será instruido concretamente en el conocimiento de técnicas de aplicación, tipos de lubricantes y herramienta y accesorios relacionados con esta actividad tales como aceiteras, graseras, extensiones u otros.

5.1.3.4 Limpieza

Son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión. Se excluyen de esta actividad, la limpieza de depósitos de lubricantes por estar considerados dentro de las atribuciones de la lubricación.

Las actividades de limpieza pueden agruparse de la siguiente manera:

- Limpieza de máquinas: la limpieza externa o superficial será efectuada por el operario de la máquina, al final de la jornada. Pero cuando existan superficies de

deslizamiento y lugares de difícil acceso en los que sea preciso desmontar componentes, serán efectuadas por el personal de mantenimiento.

- Limpieza de instalaciones: fundamental para efectos de seguridad y rendimiento, especialmente en los recintos de materiales contaminantes (productos químicos, combustibles, lubricantes, pinturas, y demás materiales similares).
- Conservación de edificios: agrupa todas aquellas actividades relacionadas con la conservación de los edificios como: el cambio de vidrios rotos, bombillas y tubos en las lámparas, pintura en paredes, etc. Por su naturaleza, estas actividades son aleatorias, es decir, no pueden efectuarse sistemáticamente sino como resultado de las visitas.
- Señalización y acondicionamiento cromático: en este grupo de actividades se incluyen la delimitación en el suelo, de zonas de tránsito y depósitos mediante las señales correspondientes y haciendo uso de pinturas anticorrosivas, soluciones asfálticas y barnices.

Existen otros aspectos dentro del mantenimiento preventivo que deben ser tomados en cuenta, dichos aspectos se exponen a continuación.

5.1.3.5 Beneficios del mantenimiento preventivo

Los beneficios del mantenimiento preventivo más relevantes son los siguientes:

- Reduce las fallas y tiempos muertos, incrementando la disponibilidad de equipos e instalaciones.
- Incrementa la vida de los equipos e instalaciones.
- Mejora la utilización de los recursos.

- Reduce los niveles del inventario.
- Propicia ahorros monetarios.

5.1.4. Costos del mantenimiento preventivo

Antes de iniciar el programa de mantenimiento preventivo será necesario tener una idea completa de cuál será su costo, ya que hay un número de requerimientos a considerar.

A continuación se señalan algunos de estos costos:

5.1.4.1 Arranque

Siempre existen costos asociados con el arranque de cualquier programa, en el inicio del programa de mantenimiento preventivo se pueden mencionar los siguientes aspectos.

- Tiempo extra: ya que es bastante el trabajo a realizar, en relación a: seleccionar la maquinaria y equipo que será incluido en el programa de mantenimiento, reunir los datos necesarios tales como los manuales del fabricante, historiales del equipo, repuestos, refacciones críticas, datos de placa y hacer los manuales de mantenimiento, entre otros.
- Técnicos de mantenimiento: debido a que es necesario recabar información de la maquinaria y equipo tal como los datos de placa, refacciones utilizadas, materiales, y demás.

- Tiempo de ayudantes: una vez que se ha seleccionado el equipo y recolectado toda la información para el programa, se necesita transferir esa información a su forma final, ya sea en un programa de mantenimiento preventivo manual, o en un sistema computarizado. Normalmente este tipo de trabajo es manejado mejor por alguien con experiencia en el área.

5.1.4.2 Almacenes

Dada la importancia y la relación que tienen los almacenes y el inventario de refacciones, con el programa de mantenimiento preventivo, se necesitará también información al respecto.

En la medida que se incrementa el mantenimiento preventivo se aumentará el número de refacciones que debe almacenarse, por lo cual se debe trabajar de acuerdo a los programas de confiabilidad de cada equipo y las refacciones críticas.

El impacto negativo que causa un mal manejo de inventario en el programa de mantenimiento preventivo se ve reflejado en la reducción de la efectividad de dicho programa, en la promoción de desviaciones de desempeño de equipos y en el grado de calidad del servicio de los equipos.

Además, se debe recolectar información acerca de proveedores, tiempos de entrega, costos, tiempos de tránsito, etc. Con todo esto se estará en posición de determinar un adecuado nivel de lubricantes, filtros, sellos, refacciones especiales, refacciones comunes, y otros artículos de almacén normalmente usados durante el mantenimiento preventivo.

Si se toma la decisión de incluir dentro del programa de mantenimiento preventivo, algún tipo de actividades de mantenimiento predictivas, entonces, se tendrá que

disponer de instrumentos y provisiones especiales para dichas actividades, o contratar una firma especializada en el ramo de acuerdo a la programación establecida.

5.1.5 Entrenamiento o capacitación

Es preciso determinar, previamente, si se requiere algún tipo de capacitación y planear el mismo, para formar un grupo de trabajo directamente relacionado con el soporte de los programas de mantenimiento preventivo, considerando siempre su cumplimiento.

Si se incluyen otras disciplinas como el mantenimiento predictivo en dicho programa, se necesitará de un entrenamiento especial en base a cómo administrarlo además de implementar medios de control e integración.²

5.1.6 ¿Qué es una máquina inyectora?

Es el conjunto de elementos de tipo mecánico, eléctrico, electrónico, neumático, hidráulico, de control; organizados de tal forma, que pueden interactuar, para realizar la transformación de una materia prima de estado sólido, a un estado que facilita su inyección, mediante presión y temperatura a un molde, de donde obtiene forma de artículo, el cual puede ser usado como artículo final, ó semielaborado.

5.1.6.1 El moldeo por inyección

Es considerado genéricamente como la herramienta del proceso, en el se da forma la masa plástica, y se solidifica de tal forma que se pueden obtener artículos terminados o para ensamble.

² http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0569_MI.pdf / Universidad de San Carlos de Guatemala / Tomado de la Monografía del Ingeniero Mecánico / Hugo Rolando Ixcot Rodríguez / abril de 2011 / Pág.11-19.

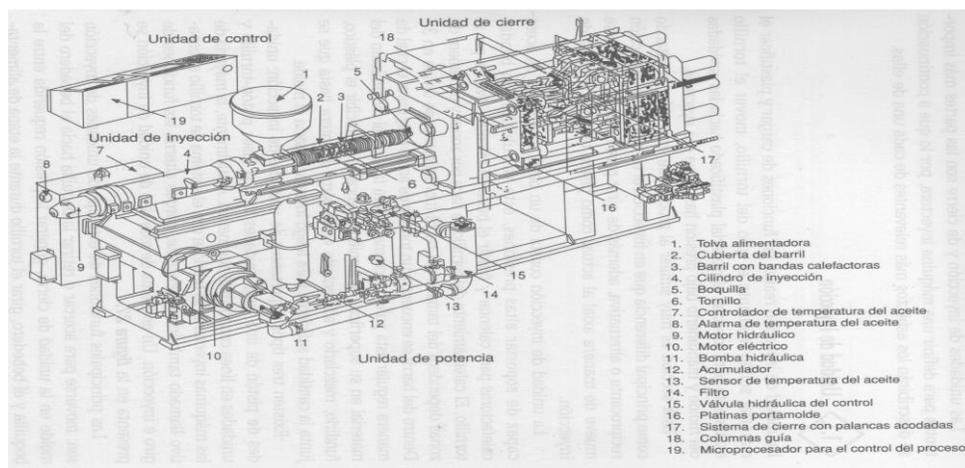
Debe contar con un sistema de expulsión, un sistema de alimentación, un sistema de refrigeración, un sistema de guiado, un sistema de distribución de la masa, un sistema de cavidades, que le permitan cumplir con funciones de tipo mecánico y electrodinámico; es importante tener en cuenta los materiales de los cuales se elaboran los diferentes elementos del molde. ³

5.1.6.2 Componentes de una máquina inyectora

En una máquina inyectora para termoplásticos pueden identificarse diferentes partes fundamentales, las cuales normalmente se agrupan dentro de las siguientes.

- ✓ Unidad de Cierre
- ✓ Unidad de Inyección
- ✓ Unidad de Potencia
- ✓ Unidad de control

FIGURA 1. Partes fundamentales de una máquina inyectora



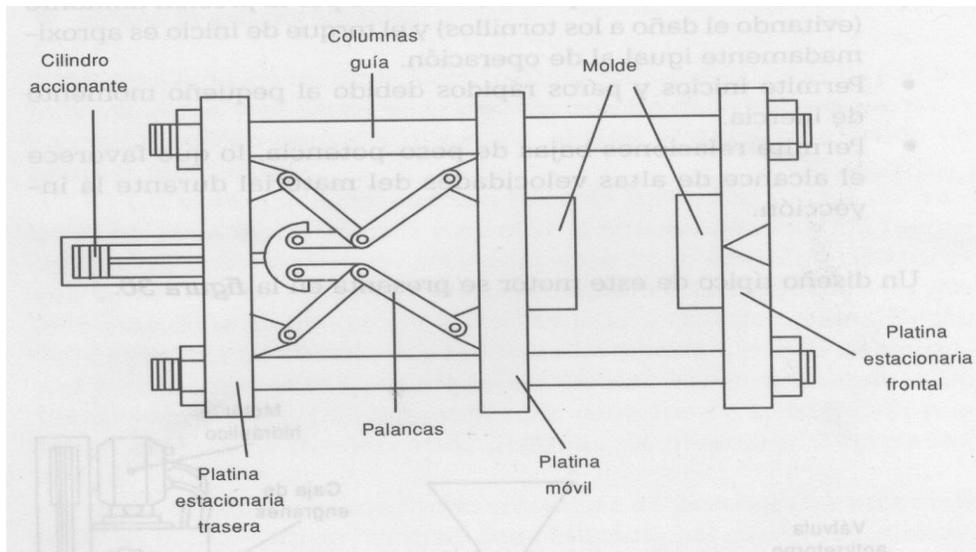
FUENTE: Moldeo por Inyección de Termoplásticos/LIMUSA NORIEGA EDITORES / pág. 77

³ Introducción al Proceso de Inyección de Plásticos / NUBIA PARRRA / Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA / Centro de Desarrollo Tecnológico – ASTIN / Santiago de Cali / Regional Valle / Agosto de 2005 / Pág.2, 3.

5.1.6.3 Unidad de cierre

Su función principal es sujetar el molde de inyección, suministrar el movimiento y la fuerza necesaria para mantener cerradas y abiertas las dos mitades del molde. Sus principales partes son las columnas guías, platinas porta – moldes fijas y móviles y el mecanismo para apertura y cierre del molde.

FIGURA 2. Partes Principales que forman la unidad de cierre.



FUENTE: Moldeo por Inyección de Termoplásticos/LIMUSA NORIEGA EDITORES / pág. 84

5.1.6.4 Platina estacionaria frontal

Esta platina se encuentra fija (no se mueve) a la base de la máquina, ocupando normalmente la parte central de la misma y conecta, por un lado, la unidad de inyección y, por otro lado, la unidad de cierre. Esta platina es la que soporta una de las mitades (la parte fija) del molde.

5.1.6.5 Platina móvil

La platina móvil soporta la otra mitad del molde. Ésta se mueve axialmente (hacia adelante y hacia atrás) sobre las columnas guía, permitiendo que el molde cierre y abra.

5.1.6.6 Platina estacionaria trasera

Esta platina soporta el mecanismo de cierre de esta unidad y es sobre la cual se ejerce la fuerza de cierre para cerrar el molde.

5.1.6.7 Mecanismo de cierre

Existen básicamente dos diseños diferentes en los sistemas de cierre utilizados:

- Sistema mecánico con palancas acodadas.
- Sistema hidráulico.

Las principales diferencias entre los sistemas de cierre mecánico e hidráulico radican en la efectividad de trasmisión de las fuerzas durante el cierre del molde. Generalmente, el sistema mecánico de palancas acodadas es superior en la velocidad con que realiza los movimientos, pero por otro lado las fuerzas de extracción de la pieza que se alcanzan con este sistema son más bajas.

Es decir, ambos sistemas tienen sus ventajas y ninguno ha demostrado ser superior a la otra.

5.1.6.8 Sistema mecánico con palancas acodadas

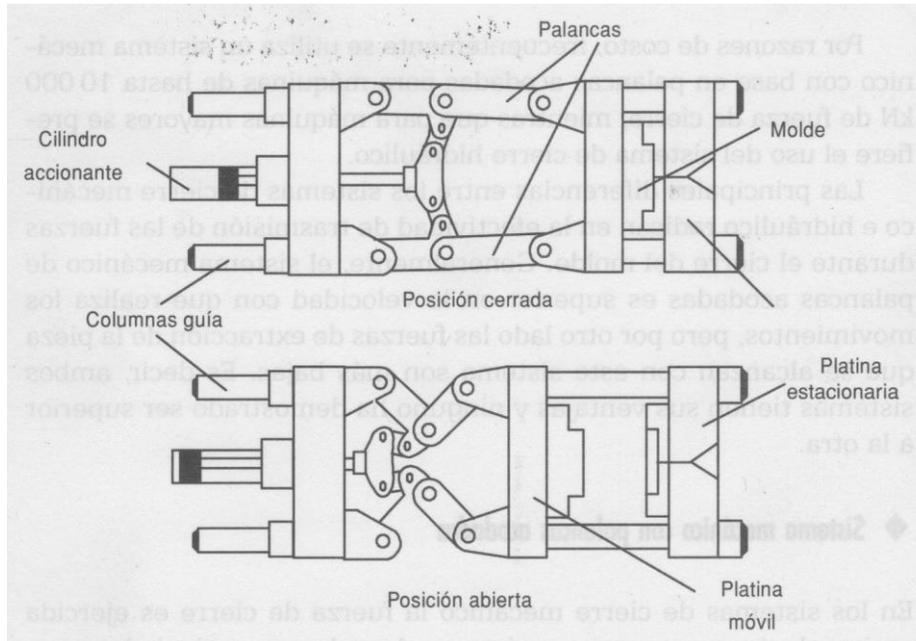
En los sistemas de cierre mecánico la fuerza de cierre es ejercida casi exclusivamente por un sistema de palancas articuladas que, aunque pueden ser accionadas por un sistema mecánico de engranes (sistema mecánico puro ya en desuso), generalmente son accionadas de forma hidráulica durante la apertura y cierre del sistema. Este sistema consta de un cilindro hidráulico pequeño cuyo pistón está ligado a las barras primarias del sistema articulado.

El movimiento para adelantar el pistón provoca a su vez el movimiento de las barras principales de la articulación, cerrando el molde. El cilindro hidráulico, al ser relativamente pequeño, permite que el movimiento de aproximación durante la carrera de cierre del molde pueda efectuarse a alta velocidad.

Posteriormente, al final del movimiento de cierre, la velocidad de articulación se reduce, lo que provoca una desaceleración en el movimiento del plato móvil, disminuyendo el choque cuando se unen las dos mitades del molde.

Además de esta desaceleración se logra un aumento en la ganancia mecánica en las articulaciones principales, de tal forma que la pequeña fuerza suministrada por el cilindro hidráulico queda altamente multiplicada por el sistema articulado.

FIGURA 3. Sistema de cierre mecánico – hidráulico con palancas acodadas.



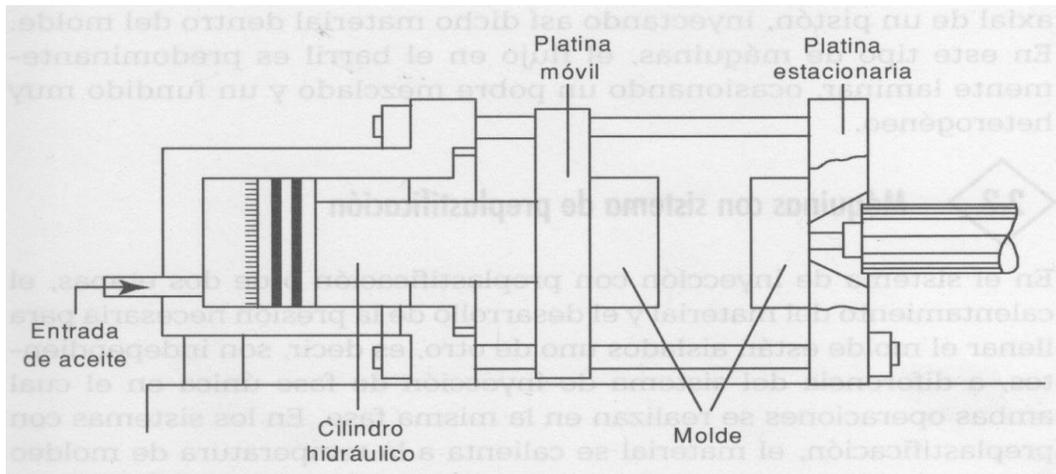
FUENTE: Moldeo por Inyección de Termoplásticos/LIMUSA NORIEGA EDITORES / pág. 86

5.1.6.9 Sistema hidráulico

La característica principal de este sistema es el uso de un cilindro hidráulico para ejercer la fuerza de cierre, el cual generalmente está localizado en la parte central del sistema. El cilindro sujetado de forma sólida al plato móvil es el que ejerce las funciones de apertura y cierre.

El movimiento de cierre es realizado por cilindros pequeños de alta velocidad, ya sea por uno central o dos laterales conectados de manera directa con la bomba hidráulica. En teoría, el recorrido total del cilindro hidráulico puede usarse para el ajuste de moldes de diferentes tamaños, estando limitado sólo por el espacio necesario para el molde, es por esto que en estas máquinas el ajuste del molde es relativamente simple.

FIGURA 4. Sistema de cierre hidráulico.



FUENTE: Moldeo por Inyección de Termoplásticos/LIMUSA NORIEGA EDITORES / pág. 87.

5.1.6.10 Unidad de inyección

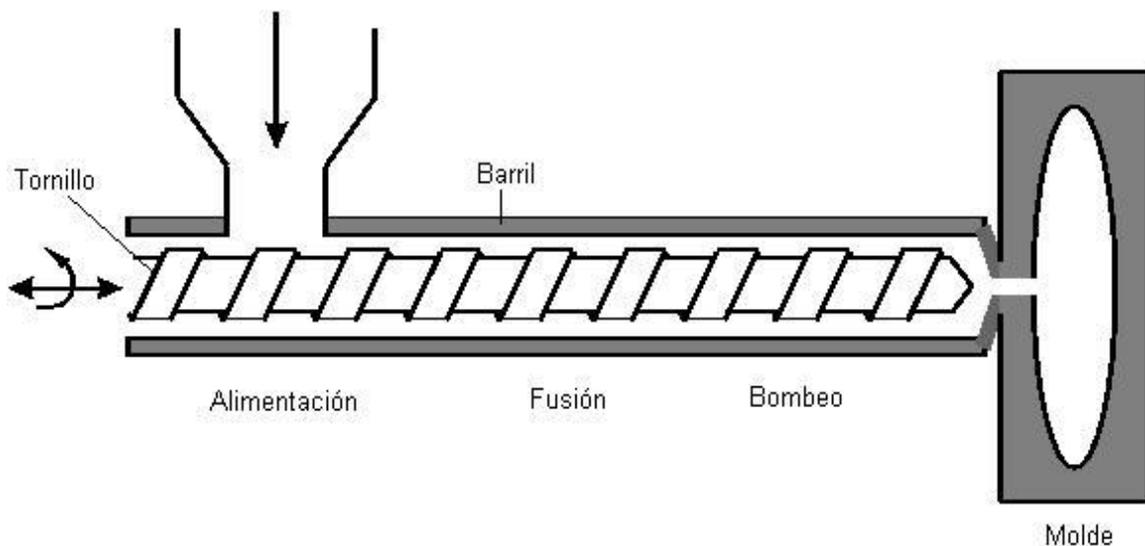
La unidad de inyección realiza las funciones de cargar y plastificar el material sólido mediante el giro del tornillo, mover el tornillo axialmente para inyectar el material plastificado hacia las cavidades del molde y mantenerlo bajo presión hasta sea eyectado.

La inyección en el tornillo tiene una acción recíprocante o alternativa, además de girar para fundir el plástico se mueve de manera axial al actuar como pistón durante la etapa de inyección.

La unidad de inyección consta de un barril (o cilindro) de acero capaz de soportar altas presiones, éste va cubierto con bandas calefactoras para calentar y fundir el material mientras avanza por el tornillo.

El calentamiento del tornillo se hace por zonas y el número de zonas dependerá del tamaño del barril (normalmente se divide en 3). Dentro del barril se encuentra un tornillo de acero muy duro, el cual de manera regular está pulido o cromado para facilitar el movimiento del material en su superficie. El tornillo se encarga de recibir el plástico, fundirlo, mezclarlo y alimentarlo en la parte delantera hasta que se junta la cantidad suficiente para luego inyectarlo hacia el molde.

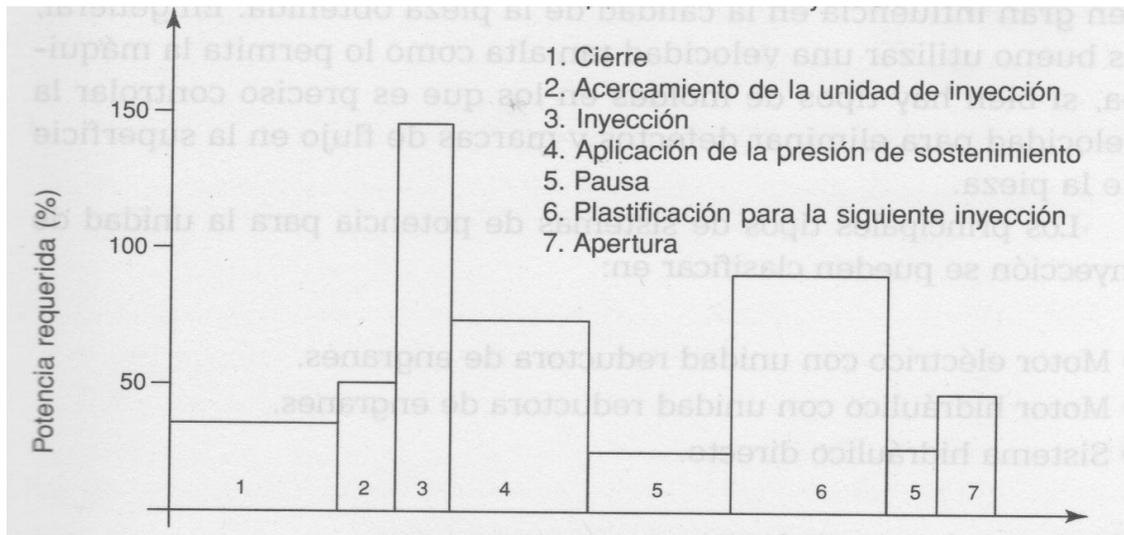
FIGURA 5. Unidad de Inyección.



FUENTE: http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html

Una gran parte de la energía necesaria para la plastificación del plástico se debe al calor de fricción, suministrado al material por el motor del tornillo a través del giro de éste. Por lo tanto, durante la etapa de alimentación se consume una gran cantidad de energía, requiriendo un motor adecuado para generar el alto torque inicial.

FIGURA 6. Etapas del ciclo de Inyección.



FUENTE: Moldeo por Inyección de Termoplásticos/ LIMUSA NORIEGA EDITORES / pág. 79

5.1.6.11 la unidad de potencia

Comprende el conjunto de dispositivos necesarios de la máquina para transformar y suministrar la fuerza motriz a las unidades de inyección y de cierre.

5.1.6.11.2 Sistema de potencia eléctrico

El sistema de potencia eléctrico se utiliza por lo general en máquinas relativamente pequeñas. Este sistema puede emplearse tanto para el giro del tornillo, como para la apertura y cierre del molde en la unidad de cierre. La máquina emplea dos sistemas mecánicos de engranajes y palancas acodadas, uno para el cierre del molde y otro para la inyección. Cada sistema es accionado por un motor eléctrico independiente. Estos motores eléctricos pueden desarrollar un gran par y el eje de mando puede girar en las dos direcciones. Cada motor transmite la potencia a la palanca acodada por medio de un cuadrante y una rueda dentada.

De esta forma la rotación del motor en un sentido acciona las rodilleras para el cierre del molde y aplica una alta fuerza de cierre y si se invierte el sentido de giro del motor se abre el molde. De forma similar el otro motor acciona los engranes que suministran la potencia para la rotación del tornillo.

En los sistemas con motor eléctrico, la velocidad del tornillo puede ajustarse sólo en un determinado número de valores económicamente rentables, lo cual puede ocasionar problemas en la reproducción de parámetros de operación y dificultar la obtención de productos con una calidad constante.

Normalmente los motores eléctricos generan un torque inicial muy alto, por lo que debe tenerse precaución al usar tornillos con diámetros de pequeño a medio para evitar que sean dañados.

De forma regular los motores eléctricos cuentan con un sistema de freno mecánico, que es accionado eléctricamente al finalizar la etapa de alimentación, evitando que el tornillo gire durante la inyección, lo cual es muy práctico cuando no se utiliza válvula antirretorno en el tornillo.

5.6.11.3 sistema de potencia hidráulico

Los motores hidráulicos son los más utilizados y se basan en la transformación de la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica, similar al sistema utilizado en bombas hidráulicas.

En los sistemas de potencia a base de fluidos se utiliza un fluido (aire, agua o aceite) para transmitir la potencia desde una fuente de energía a las partes de accionamiento de la máquina. Mientras que en el caso de máquinas electromecánicas, la transmisión de potencia desde la fuente (motor eléctrico) a las partes de accionamiento de la máquina se efectúa por medios mecánicos, a través de engranes y palancas, con un sistema de fluidos estos mecanismos se

sustituyen, total o parcialmente, por tuberías de conducción que llevan el fluido a presión a los pistones de inyección y cierre del molde.

El uso de aceite como fluido transmisor de potencia ha predominado en la mayoría de las máquinas hidráulicas, usado actualmente por casi todos los fabricantes de máquinas de inyección, lo cual se debe sobre todo a sus propiedades lubricantes en aplicaciones que involucran grandes cargas en el equipo de bombeo. Aunque no es barato, su uso es rentable si se presta atención a su aplicación, uso en servicio y mantenimiento. Su compresibilidad es baja. El porcentaje de reducción de volumen, al aumentar la presión, depende del tipo de aceite, de su temperatura, de su presión y de otros factores.

En los sistemas hidráulicos es común utilizar presiones que varían entre 70 y 140 kg/cm² y aún más en las máquinas grandes. Para un valor determinado de potencia es conveniente reducir el tamaño de los tubos, válvulas y cilindros hidráulicos, lo cual permite una máquina más compacta que ocupará superficies más pequeñas.

Las ventajas del motor hidráulico con respecto al eléctrico pueden resumirse principalmente en:

- ✓ Permite variación de velocidades, lo cual se logra de manera sencilla con el control del volumen del fluido.
- ✓ Se alcanza una relación casi lineal entre el torque y la velocidad. El límite del torque se determina por la presión limitante (evitando el daño a los tornillos) y el torque de inicio es aproximadamente igual al de operación.
- ✓ Permite inicios y paros rápidos debido al pequeño momento de inercia.
- ✓ Permite relaciones bajas de peso – potencia, lo que favorece al alcance de altas velocidades del material durante la inyección.

5.6.12 La unidad de control

Es la parte necesaria de la máquina para que se realice el proceso de una forma predeterminada y pueda variarse a voluntad, si fuera preciso. El sistema de control está ligado íntimamente al de potencia, a través del cual las distintas señales se convierten en movimiento de las unidades de inyección y cierre.

Cada una de estas partes realiza un cierto número de funciones, que pueden mezclarse tanto como lo requiera el proceso de inyección, si bien la relación de unas con otras no está determinada por el proceso.⁴

5.2 ESTADO DEL ARTE

5.2.1 Estado Del Arte Local

En Bogotá, Marzo 23 de 2011, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, los Ingenieros, **CARLOS ROMAÑA Y JOSÉ FERNÁNDEZ**, con la monografía OPTIMIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA FÁBRICA DE TELAS LAFAYETTE, concluyeron que logrando optimizar el estado actual del mantenimiento preventivo en el departamento eléctrico de la empresa fábrica de telas Lafayette. Se realizan auditorías internas para conocer el estado del departamento de mantenimiento eléctrico, se crean indicadores de gestión para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los elementos eléctricos de la planta y mejoramiento de los activos de la empresa.

⁴Moldeo por Inyección de Termoplásticos / SÁNCHEZ VALDÉZ, YÁÑEZ FLORES, RODRÍGUEZ FERNANDEZ / 2002 / EDITORIAL LIMUSA, S.A. / GRUPO NORIEGA EDITORES / México / ISBN 968-18-5581-X.

En Bogotá, Septiembre 2012, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, los Ingenieros, **DALIDA CHACON VARGAS y LUIS CARLOS MAYORGA C**, con la monografía DISEÑO DE UN PLAN DE ACTIVIDADES PARA OPTIMIZAR EL COSTO POR KILÓMETRO EN LLANTAS PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE CARGA, desarrollaron actividades en la compañía para optimizar el costo por kilómetro de las llantas de una flota de tractocamiones.

La aplicación de un plan de actividades para disminuir los costos operativos del mantenimiento que impactan significativamente por su segunda posición en el presupuesto. Las malas prácticas que pueden tener algunos operadores, daños significativos que generan altos costos y afecta los tiempos productivos, como lo son los daños operativos, por la falta de capacitación y seguimiento a la operación. Las actividades plantean el mejor rendimiento y desempeño de las llantas, el diseño del plan ayudara a mejorar los conocimientos y dejar una guía para que las compañías que lo implementen, garanticen beneficios reales en sus costos operativos.

En Bogotá, Marzo de 2011, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, los Ingenieros, **ILMER MOSQUERA AGUILAR, JUAN CARLOS CADAVID RODRÍGUEZ, LUIS ALFONSO ORTIZ ROJAS**, con la monografía que realizaron de proyecto, de mejorar el programa de mantenimiento preventivo y aplicado a la planta de producción de roll y diamante de la empresa Universal de Autopartes, con análisis de AMEF (esquema de Análisis de Modo y Efecto de Fallos) a través del cual se lograron detectar las fallas, programar los tiempos de reparación y los procedimientos de mantenimiento preventivo de la máquina perforadora que resultó la más crítica de acuerdo a estudios de criticidad de las máquinas de esta planta.

En Bogotá, Marzo de 2011, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, los Ingenieros, **JUAN DEIBY CASTRO SIERRA, ELIZABETH OCHOA SANABRIA, Y ALEXANDER ROCHA ALARCÓN**, con su monografía DISEÑO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE PROCESO DE IMPRESIÓN DEL MARCADO DE ETIQUETAS, donde llevaron a cabo el estudio del mantenimiento realizado a la máquina de impresión del marcado de etiquetas en el área de productos previamente fabricados, allí se identificó la pérdida de materiales, mitigando el impacto ambiental causado por los residuos. Se propuso plan de mantenimiento donde se beneficie la actividad de la operación y reducción de los gastos a la compañía. Con la realización de los mantenimientos preventivos y correctivos se alargaría la vida útil de la máquina, así mismo se disminuyó los tiempos muertos. Se realizó la recomendación a la compañía de implementar, estandarizar e institucionalizar correctamente los mantenimientos preventivos y correctivos mencionados con el fin de optimizar la eficiencia de la máquina, del proceso y a la disminución de residuos sólidos que contaminen el medio ambiente.

En Bogotá, Marzo de 2012, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, los Ingenieros, **IVAN RICARDO ALTUZARRA SANABRIA, IVAN LEONARDO MONTAÑEZ CALDERON**, con la monografía PROPUESTA DE MANTENIMIENTO APLICANDO ACR PARA SERVICIOS INFORMATICOS CRITICOS EN EL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, Los autores buscan a través de los estudios y análisis mejorando el esquema de mantenimiento que actualmente opera. Para tal fin harán uso de la metodología de Análisis de Causa Raíz (ACR), la cual está enfocada a la determinación y resolución de problemas, identificación de causas raíz o eventos, con el fin de dar solución a problemas que afectan los servicios. Para ello, realizarán un seguimiento y verificación de las fallas repetitivas que se presentan en los

servidores, así como también validarán los planes de mantenimiento preventivo y los informes generados a través de la Mesa de Ayuda, que posteriormente permitirán mejorar el plan de mantenimiento actual, determinar causas de mayor impacto sobre la operación, servicios que requieren redundancia y alta disponibilidad.

En Bogotá, marzo de 2011, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, la Ingeniera Mecánica, **LAURA ANDRES GÓMEZ OJEDA**, con su monografía, DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ADECUADO UTILIZANDO EL MODELO TPM PARA LA EMPRESA CONTROL DE SÓLIDOS LTDA, ha planteado un plan de mejora para la empresa objeto de estudio. Su contenido se encuentra basado en el diseño de un plan de mantenimiento, utilizando el modelo de mantenimiento productivo total (TPM) para la empresa control de sólidos Ltda., con el objetivo de eliminar las pérdidas asociadas a paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial. Su propuesta aborda temas de mejora de la eficiencia, que lleva a los mismos a la producción necesaria con el mínimo uso de recursos, para un uso eficaz.

En Bogotá, Septiembre de 2009, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, el ingeniero Mecánico, **EDWAR ANGEL SALGUERO MARTÍNEZ**, con su monografía, PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE CORTE AUTOMÁTICO MARCA GERBER. UTILIZADOS EN LA SALA DE CORTE EN PAPEL S.A, nos hace una breve explicación general del mantenimiento preventivo, el cual ayuda a minimizar los mantenimientos correctivos y pérdida de tiempos muertos e improductivos, garantizando la vida útil del equipo y aumentando la productividad a bajos costos de operabilidad. También propone un manual de procedimiento para la ejecución y control de las actividades a realizar, posibles causas y soluciones, que ayudaran al personal encargado del

mantenimiento a resolver con eficacia y a la mayor brevedad los posibles problemas que se presenten en el desarrollo de la operación del equipo.

En Bogotá, Septiembre de 2004, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, el Ingeniero Biomédico, **CAMILO FERNANDO HIDALGO LÓPEZ**, con su monografía, IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HOSPITALARIA EN LA CLÍNICA NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA, SAN JUAN DE PASTO, propuso estrategias para la mejora de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos, un plan de mantenimiento para los equipos biomédicos, el cual inició con la realización de un diagnostico preventivo para establecer el estado inicial de los equipos, se construyeron las hojas de vida, las ordenes de servicio, los protocolos de mantenimiento, y se realizaron correcciones de las averías encontradas. La información recopilada del equipamiento biomédico, fue sistematizada y estructurada en una base de datos, que sirvió como base y soporte para que el departamento de ingeniería hospitalaria, que se continuara alimentando con las nuevas solicitudes de servicio, actualizando las hojas de vida de los equipos y continuidad al desarrollando del plan de mantenimiento diseñado.

En Bogotá, Marzo de 2012, en la ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, el Ingeniero, **CARLOS ALBERTO BERNAL MORENO**, con su monografía DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL SENA, CENTRO METALMECÁNICO UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN MP2, organiza y estructura toda la gestión del mantenimiento de tal manera que se pueda mejorar ostensiblemente la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de las máquinas y equipos, en un corto plazo para garantizar la calidad de los recursos de formación. El centro Metalmecánico ha adquirido un

sistema de información para llevar a cabo una reordenación de procesos y procedimientos, para definir perfiles y responsabilidades del recurso humano, realizar pruebas piloto, capacitaciones de docentes, alumnos, actualización de formatos y base de datos para así medir los indicadores de gestión del mantenimiento del Centro Metalmecánico. Inspecciones técnicas a cada una de las máquinas para luego elaborar el diagnóstico de la percepción de la gestión del mantenimiento.

En Bogotá, Abril 02 de 2012, los Ingenieros, **NEILL EDWIN MALAGÓN MORALES Y JORGE HERNANDO SÁNCHEZ CADENA**, con su monografía ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LOS CUARTOS FRÍOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS –ICTA, con el propósito de alcanzar los estándares planteados por el Decreto 60 de 2002 en los procesos del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos -ICTA- formularon un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los cuartos fríos y sistemas de refrigeración, como parte precedente para la construcción de un Plan Integral de Mantenimiento del Instituto. Hacer inventarios de los cuartos fríos y sistemas de refrigeración, ubicar espacialmente cada uno de los cuartos fríos y demás sistemas existentes y construir planos de la planta con las correspondientes ubicaciones y dimensiones con las características de los equipos, mantenimiento de los equipos y revisiones de los diferentes tipos de mantenimiento posiblemente aplicables para el caso del proyecto y establecer la metodología del mantenimiento a sugerir en el caso del ICTA. ⁵

⁵ ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES / MONOGRAFÍAS POSGRADOS.

5.2.2 Estado Del Arte Nacional

En Bogotá, Marzo de 1974, en la universidad INCCA DE COLOMBIA, los Ingenieros **CARLOS FORERO FORERO, OLIVERIO NAVAS SEQUERA**, con la monografía EL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA, investigaron que el MANTENIMIENTO PREVENTIVO, es una práctica que tiene por objetivo el planeamiento y organización de los trabajos de conservación, enfocados hacia la creación de un programa constructivo de mantenimiento que descubra los defectos y posibles daños antes de que éstos ocurran y haya renovación de equipo antes de que se presenten la fallas, para alcanzar que se reduzcan los costos de operación.

El objetivo primario del mantenimiento preventivo es dar servicio a los Departamentos de operación, al anticiparse e impedir las interrupciones en la producción, manteniendo sus equipos e instalaciones en buenas condiciones, ayudarlos en el alcance de las metas de producción, de acuerdo a lo programado y en el menor tiempo posible.

En Santander, de 2001, en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, el Especialista en Gerencia de Mantenimiento, **Alejandro Mantilla Báez**, desarrolló la formulación de un modelo para planeación y control del mantenimiento correctivo y preventivo en las redes de planta externa de la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá S.A. – E.S.P. en el cual se plantea un cambio con base en la planeación, y con la aplicación simultánea de varias acciones de cambio, a saber: re-estructuración, centralización, oficinas de planeación operacional, capacitación, implementación de la orden de trabajo, revisión de procesos, estructura de costos, aplicación de técnicas de mejoramiento y manejo de nuevos indicadores para el mantenimiento.

En Bogotá, Julio 08 de 2009, en la PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, los Ingenieros Industriales, **FABIAN BASABE DIAZ Y MANUELA BEJARANO**

GARCÍA, con la tesis de grado ESTUDIO DEL IMPACTO GENERADO SOBRE LA CADENA DE VALOR A PARTIR DEL DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA CANTERA SALITRE BLANCO DE AGUILAR CONSTRUCCIONES S.A, dijeron que relacionar el mantenimiento dentro de las organizaciones con la administración de la cadena de valor. De las buenas prácticas del mantenimiento en las empresas, depende la consecución del flujo continuo en los procesos, por tanto, una rápida atención a las necesidades de los clientes en un mantenimiento preventivo aplicable a las empresas de explotación, extracción y desarrollo de materiales de construcción a través de aprendizaje particular de la compañía Grupo Aguilar, la gran oportunidad es, justamente, usar la tecnología en mantenimiento para mejorar la infraestructura relacionada con la logística, para su desarrollo y ampliación, generando planes estratégicos para hacer del mantenimiento un factor dinámico dentro de los procesos logísticos y proporcionar apoyo no solo a áreas como producción, sino al resto de la organización para generar valor a los accionistas y crecimiento continuo a la compañía.

En Santander, de 2002, en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, los Especialistas en Gerencia de Mantenimiento, **NELSON FRANCISCO CUEVAS LENES Y JESÚS ARTURO RUBIO NOEL**, diseñaron un modelo gerencial de mantenimiento para una planta de polipropileno biorientado, en dicho documento se muestra una descripción del proceso de biorientación de la película, los equipos esenciales de una línea de producción de polipropileno, las técnicas de mantenimiento que existen y cómo éstos son aplicados, solos o combinados, de acuerdo a la estructura de la planta o su entorno. El proceso estratégico de mantenimiento como base fundamental que identifica, guía y afianza el mejoramiento continuo de la función mantenimiento enmarcado en el contexto, planta de película de polipropileno biorientado, se proponen los índices de control

que identifican las estrategias a trabajar para mejorar continuamente y alcanzar un mantenimiento de clase mundial. El recurso humano y el entorno natural visto como parte fundamental del proceso productivo, como su cuidado y preservación para alcanzar las metas de mantenimiento y por ende, de las organizaciones.

En Medellín, de 2008, en la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, el Ingeniero **MARCOS ALEJANDRO AGUDELO ARANGO**, con su tesis, PLAN DE MEJORAS EN MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DEL SECTOR TEXTIL, Con el propósito de identificar las variables tendientes a establecer un plan de mejoras en mantenimiento de activos del sector textil. El cual nos muestra la evolución que ha tenido el RCM en la industria, realizando una comparación del mantenimiento aplicado por condición y las recomendaciones del fabricante. Ya con el plan de mantenimiento se realiza un análisis de las funciones de la empacadora, se evidencian las mejoras, se identifica claramente los modos de falla, los efectos y las consecuencias; permitiendo determinar que un plan de mantenimiento bien estructurado con actividades adecuadamente definidas y claras, para realizar por parte de los técnicos de mantenimiento y operarios de producción; facilita optimizar el desempeño de la máquina y mejorar las relaciones entre mantenimiento y producción; confirmando así la tesis de que el RCM no es una metodología excluyente del TPM sino por el contrario son complementarias.⁶

5.2.3 Estado Del Arte Internacional

En Guayaquil – Ecuador, en el 2005, en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, la Ingeniera **MARIA FERNANDA PIEDRA PALADINES**, con su tesis de grado GERENCIA ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO DE LA

⁶ <http://scholar.google.es/>

EMPRESA PLÁSTICOS DEL LITORAL – PLASTLIT, trata de exponer que el mantenimiento es ante todo y sobretodo un servicio, y además que sus políticas, objetivos y manera de actuar deben ajustarse, desarrollarse y evolucionar con las políticas, objetivos y estructuras de la empresa; pudiendo notar que la evolución de la empresa da lugar a la evolución del servicio de mantenimiento.

Dentro de la base teórica que se presenta se vuelve evidente que la evolución de las técnicas de mantenimiento ha ido siempre a la par con las evoluciones tecnológicas, permitiendo incrementar significativamente el aprendizaje sobre el comportamiento degenerativo interno de los equipos que hace tan sólo unos cuantos años era prácticamente desconocido.

En Montevideo - Uruguay, en el 2006, la Ingeniera **CAROLINA ALTMANN**, con su monografía EL ANALISIS DE CAUSA RAÍZ, ha manifestado las bondades del uso de una herramienta para la gestión de activos, aplicado al perfeccionamiento de la Confiabilidad. El documento ofrece una asesoría en términos de las posibles fallas que se pueden presentar al momento de realizar los mantenimientos sobre los activos, generando a través del mismo un listado de procedimientos o pasos a seguir para encontrar la raíz de las fallas presentadas. El escrito denota que cualquier compañía puede experimentar fallas desconocidas durante la puesta en marcha de los equipos intervenidos. Una vez más, la herramienta para la gestión de activos, Análisis de Causa Raíz ha sido escogida como principal metodología para afrontar fallas inesperadas en sistemas de alta disponibilidad, y una solución definitiva, ya que allí intervienen factores importantes para las compañías, como costos, tiempo, documentación, entre otros.

En Caracas - Venezuela, Marzo 2003, en la UNIVERIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, la Ingeniera **GABRIELA RONDÓN J**, con su tesis ELABORACIÓN

DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A TODOS LOS EQUIPOS DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN, dijo que elaborar un programa de mantenimiento preventivo a todos los equipos de un taladro de perforación, de tal manera que el operador posea una herramienta que emplee de guía al ejecutar su labor. La elevada inversión al adquirir cualquier parte de un equipo de perforación y los altos costos de mantenimiento por repuestos y mano de obra, han obligado al personal de mantenimiento de las diferentes empresas de perforación a énfasis al mantenimiento de sus equipos. La necesidad de poseer buenas condiciones en el taladro y en todos sus componentes reviste una gran importancia, ya que el cuidado del equipo ayudará a las diferentes compañías a conservarse activas en la industria, pudiendo enfrentarse a la competencia y ofreciendo trabajo continuo a su personal. Predecir fallas, le permite al usuario prolongar la vida de los equipos; efectuar mejoras, optimizar la calidad de los repuestos, realizar ajustes y tolerancias reales y finalmente aumentar el tiempo medio entre fallas de los equipos rotativos.

En Guatemala, Abril de 2008, en la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, el Ingeniero Mecánico, **PEDRO MIGUEL AGREDA GIRÓN**, con su tesis de grado, IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN LA EMPRESA PLASTIGLAS DE GUATEMALA, dijo que implementar un programa de mantenimiento es la manera de centrar la información y poder dirigir la empresa por un buen camino, la línea de mando pasa por el Coordinador de mantenimiento que dispone de las herramientas para alcanzar metas propuestas en los proyectos de mejora y control de maquinaria, poder desarrollar programas de computo para el control de las actividades del mantenimiento, tiempos, herramientas de aplicación y mejora de los sistemas.

Mejora de los procedimientos para el envase plástico, en donde se muestren los elementos básicos para la instalación y correcto procedimiento de funcionamiento de las herramientas del mantenimiento preventivo.

En Riobamba – Ecuador, en 2010, en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, el Ingeniero de Mantenimiento, **EDWIN JOSELO CRIOLLO GUATAPI**, con su tesis de grado, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA UNA MÁQUINA INYECTORA DE PVC DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. AMBATO, ha Desarrollado e Implementado un Sistema Automático para la Máquina Inyectora de PVC de la Empresa Plasticaucho Industrial S.A. – Ambato, con la finalidad de mejorar el desempeño en la producción de zapatillas de lona, estar a la vanguardia de la tecnología y así poder satisfacer las demandas del mercado.

Implementando un sistema automático basado en un PLC S7 200 CPU 226 de la familia SIMATIC de SIEMENS complementado con módulos de ampliación EM221 y EM222 de entradas y salidas digitales respectivamente para controlar 27 entradas y 21 salidas digitales, 1 módulo de ampliación EM 231 de 4 entradas analógicas que controle termocuplas y 1 módulo de ampliación EM 235 de 4 entradas analógicas/1 salida analógica que controle el volumen de material de PVC. Con ayuda de una HMI DELTA se logro un intercambio de información entre el sistema electromecánico y el usuario.

Como uno de los resultados más importantes del proyecto, se logró al cambiar la dosificación de volumen de material de PVC que tenía un control mecánico, a un control automático a través del desplazamiento de un potenciómetro en función al volumen de material que se requiera para la inyección y así permitir por ultimo un rendimiento en el proceso, en tiempo, y costos de mantenimiento.⁷

⁷ <http://scholar.google.es/>

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo del proyecto, se busca elaborar la estrategia que se adapte a la compañía para poder establecer los objetivos del mantenimiento, conocer el equipo, conocer sus necesidades, planes, períodos y ritmos de producción, como también, el estudiar y tener en cuenta la capacidad y habilidad del personal de mantenimiento.

La investigación que se opta para desarrollar el mantenimiento preventivo es de tipo :

Descriptiva o diagnostica, que describen los hechos como son observados.

- De campo, se trata de la investigación aplicada para comprender y resolver alguna situación, necesidad o problema en un contexto determinado.
- Cuantitativa porque los resultados se pueden medir.⁸

⁸ <http://juantovar.blogspot.es/>

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 Recolección de la información

Para el desarrollo de la propuesta que se pretende generar con la investigación se iniciará con una recolección de datos de manera general en la organización los cuales serán analizados y de este análisis será extraída información para el desarrollo de la propuesta.

Es de tener en cuenta que los datos históricos son la fuentes más relevante de información para el desarrollo de estrategias y la posterior toma de decisiones, en el caso de la presente investigación encontramos esto como una debilidad, se hará uso de lo existente y se orientará a los involucrados para que le den el valor adecuado a dicha actividad.

7.1.1 El área a estudiar

La investigación de acuerdo a su delimitación busca estudiar el área de inyección y desarrollar una propuesta para optimizar su operación, esto basado en la aplicación de estrategias de mantenimiento. Se procede a desarrollar una descripción del área y los equipos existentes:

Se cuenta con seis inyectoras horizontales, un molino, un área para el almacenamiento de moldes un equipo de des humidificación, un chiller, una grúa hidráulica tipo gato para transporte de materia prima y una grúa para transporte de moldes. El área cuenta con una fuerza de trabajo consistente en cinco operadores de inyectora, dos auxiliares para transporte de material, dos preparadores de máquina, dos mecánicos de mantenimiento, un electricista de mantenimiento, un estudiante de electricidad en práctica un supervisor de línea dos transportadores de producto terminado por cada turno.

Tabla 1 Caracterización de equipos área de inyección

| Equipos | Referencia | Descripción | Imagen |
|-----------------------------|---|---|---|
| Almacenamiento de moldes | N.A | Estantería metálica tipo Industrial con capacidad hasta de 4 ton. Altura máxima de almacenamiento 1.7m | |
| Equipo de deshumidificación | N.A | Deshumidificador modelo RDD-192/D-1800 para 192 litros día /220V marca H20TEK |  |
| Chiller | N.A. | Construcción propia |  |
| Grua hidráulica | 104,2 "ME-K4120" | elevador hidráulico Lextral manual con uñas regulables en ancho. Con capacidad de carga de 400 kg y altura de elevación de 1200 mm |  |
| Grua (polipasto) | Demag DST-"W | Elevador eléctrico con motor 220/440 voltios mando por botonera, con patin eléctrico para 220/440 voltios capacidad 2 toneladas |  |
| Inyectora 1 | Margarit MO800 | distancia entre columnas 1000 por 1000, husillo 130, potencia motor 110kw, fuerza de cierre 800tn, peso 41'8Tn aprox. El control eléctrico está totalmente modificado del año 2003 |  |
| Inyectora 2 | Marca: DEU Modelo: DEGEP-90I1 900/250 Año: 2003 | Fuerza de cierre 90 Tn. , luz de columnas 360x360 mm. , plato 560x560 mm. , carrera: 330 mm. , grosor de molde: 100-350 mm. , luz: 680 mm. , carrera expulsión: 80 mm. , diámetro husillo: 80 mm. , presión inyección: 2678 kg/cm2, volumen teórico: 923 cm ³ . |  |
| Inyectora 3 | Marca: Arburg (Alemania) Modelo: 270MA Año: 1995 | Presión de Inyección 3085 + 2500 + 2066 bar El volumen de inyección 25 + 31 + 37 ccm, Fuerza de sujeción 40 t, Tabla de diámetro 1200 mm, motor de potencia 5,1 KW Calentación |  |
| Inyectora 4 | Marca: MATEU Y SOLÉ Modelo: METEOR 120/45 año 1988 | Grupo inyección -Ø Husillo 30 mm. -Presión inyección 1.400 bar -Volumen de inyección: 81 cm ³ . -Peso inyectable (PE): 74 gr. -Potencia calefacción 5'4 kw Grupo de cierre -Cierre hidráulico. -Expulsor hidráulico. -Potencia de cierre: 45 ton. -Paso entre columnas: 250 x 300 mm. -Medidas de platos: 400 x 450 mm. -Carrera de expulsión 130 mm. -Potencia motor 11 kw. -Medidas: An-3.700, F-920, Al-1570 -Peso 2.200 kg |  |
| Inyectora 5 | Marca: Arburg Año: 2000 Descripción Arburg 130 tn, | Arburg 130 tn, año 2000, husillo 45 mm, peso inyectado: 194 g, presión inyección 1670 bar, volumen inyección: 212 ccm, entre columnas: 470x470 mm, dimensiones platos: 650x650 mm, unidad cierre: hidráulico, Control: SELOGICA, Euromap, Robot Interface, internet connections, dimensiones máquina: 4.45x1.49x2.17 m, peso: 5100 kg |  |
| Inyectora 6 | Marca: Arburg Modelo: ALLROUND 320C 600-250 Año: 2006 | distancia entre columnas 370 x 370 mm, año 2006, Altura de montaje de moldes min/max 250/500 mm, Dimensiones de placas 570 x 570 mm, Dimensiones largo x ancho x alto m 4,30 x 1,64 x 2,10, Peso neto Kg 3180 |  |

Fuente: Los autores

Tabla 2 Distribución de la Fuerza de trabajo en el área de inyección

| Distribución de la fuerza de trabajo para el área de inyección | | |
|---|--|---------------------------------|
| Cargo | Funciones | No de personas por turno |
| Operadores | Cargar material de acuerdo a ordenes de producción, limpieza del área de trabajo, seguimiento a variables de proceso, hacer reportes de proceso, comunicar al área de mantenimiento y preparadores las fallas en los equipos y sistemas | 5 |
| Patinadores | Transportar material del almacén de materias primas a áreas de almacenamiento de inyectoras, surtir material en tolvas, mantener las areas de trabajo libres de particulado, llevar el control de material suministrado, recolección de material defectuoso y surdida al molino. | 2 |
| Preparadores | Cambiar moldes, programar parámetros de trabajo de acuerdo al producto a inyectar, hacer ajustes en moldes y modificaciones de acuerdo al programa de producción o a las no conformidades presentadas, mantener en orden el área de almacenamiento de moldes. | 2 |
| Mecánicos | Hacer seguimiento y atender necesidades de los problemas reportados por operadores, preparadores y patinadores, que sean aplicables a su especialidad | 2 |
| Electricistas | Hacer seguimiento y atender necesidades de los problemas reportados por operadores, preparadores y patinadores, que sean aplicables a su especialidad | 1 |
| Electricista practicante | Desarrollar labores de mantenimiento de instalaciones industriales, sistema de iluminación y equipos eléctricos que no estén por encima de los 220v y 10 amperios, participar en las actividades de mantenimiento como asistente de técnicos eléctricos y mecánicos | 1 |
| Operario prod. terminado | Recolectar el producto terminado de las areas de almacenamiento al lado de las inyectoras, contar el producto terminado y llevarlo al almacen, colocar etiquetas de acuerdo a cada referencia, registrar cantidades producidas de acuerdo al empaque | 2 |
| Supervisión de línea | Coordinar el cumplimiento de actividades para ejecutar programas de producción, hacer seguimiento del personal y las actividades, prevenir accidentes, reportar a la gerencia los resultados diarios, semanales y mensuales así como tomar las medidas para corregir situaciones fuera de estandar | 1 |
| Total personal porturno | | 16 |

Fuente: Los autores

En el momento del inicio de la investigación la planta está trabajando durante tres turnos seis días a la semana, se desarrollan labores tendientes al logro del

programa de producción y como soporte a esto se ejecuta mantenimiento correctivo y algunos mantenimientos mayores, el personal de mantenimiento atiende las urgencias e interviene equipos en caso de ser necesario, las actividades correctivas de instalaciones y equipos generan una alta pérdida de disponibilidad y confiabilidad.

Ilustración 1 Distribución típica para una planta de inyección de plástico



Fuente: (Moldiplast, 2014)

Algunos de los indicadores calculados hasta el momento son los siguientes:

Cumplimiento de pedidos.

- Entregas a tiempo
 - Tasa de defectuosos
 - Reclamaciones de clientes
-
- Indicador de entregas a tiempo: Este indicador se define como la relación existente entre los productos entregados por la organización y los pedidos de productos requeridos por el cliente a continuación un resumen del comportamiento del indicador en los últimos periodos, es de aclarar que este se viene calculando hace apenas seis meses, el resto de la información es reconstruida por los autores

. Tabla 3 Indicador Entregas a tiempo

| Periodo | pedidos | unidades despachadas año | Indicador año |
|---------|---------|--------------------------|---------------|
| 2012 | 405 | 3883664 | 87% |
| 2013 | 443 | 3556417 | 88% |
| 2014 | 447 | 3197371.5 | 87% |
| 2015 | 26 | 161460 | 90% |

Fuente: Los autores

- Indicador tasa de defectuosos: Este indicador establece la relación entre la cantidad de partes que no cumplen con los requerimientos del cliente y la cantidad total de piezas inyectadas, es de indicar que solo se tienen datos históricos de seis meses de este indicador, esto debido a que en la anterior administración no se hacía el cálculo del mismo

Tabla 4 Indicador de producto no conforme

| Periodo | No conformes en porcentaje | No conformes en cantidad |
|---------|----------------------------|--------------------------|
| ago-14 | 9% | 31050 |
| sep-14 | 11% | 39831 |
| oct-14 | 10% | 36040 |
| nov-14 | 7% | 22680 |
| dic-14 | 9% | 24570 |
| ene-15 | 6% | 10764 |

Fuente: Los autores

- Reclamaciones de clientes: Este indicador busca consolidar la información acerca del reporte de los clientes en cuanto a no conformidades presentadas por el cliente, estas generalmente

están relacionadas con entregas, conteos, envases defectuosos y productos mal referenciados.

Tabla 5 Seguimiento a reclamaciones

| Periodo | Reclamos | Entregas | Conteo | Defectuosos |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------------|
| 2012 | 66 | 41 | 16 | 9 |
| 2013 | 86 | 57 | 13 | 16 |
| 2014 | 81 | 61 | 8 | 12 |
| 2015 | 5 | 2 | 2 | 1 |

Fuente: Los autores

Como resultado de la investigación se recopiló durante los últimos seis meses información acerca de los activos existentes dentro del área de inyección, estos actualmente no cuenta con manuales u hojas de vida que permitan establecer su comportamiento histórico, se indaga con el personal existente acerca de los problemas más repetitivos que con respecto al área de mantenimiento se presentan, esto servirá como información preliminar para el desarrollo de una matriz de criticidad que orientará al equipo investigador acerca de los equipos a los que se debe intervenir con mayor prontitud. Para el desarrollo de la encuesta se tomó como base el formulario de entrevista visto en la clase de mantenimiento preventivo.

Para el estudio de criticidad se desarrollará la encuesta a diez de los trabajadores de los diferentes turnos teniendo en cuenta que su antigüedad y conocimiento de la compañía les da la capacidad para responder objetivamente cada una de las preguntas presentadas, serán evaluados los equipos del área de inyección y se establecerá si en realidad las inyectoras son el equipo con el que se debe empezar a desarrollar la propuesta para mantenimiento

Ilustración 2 Formulario encuesta criticidad

| | | | |
|--|--|--|---|
| Análisis de criticidad: área de inyección | | | |
| Fecha: | | | |
| Nombre del Funcionario que Diligencia: | | | |
| Área: | | Equipo: | |
| | | | |
| 1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla) | | 2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR). | |
| 1 | No más de 1 por año | 1 | Menos de 4 horas |
| 2 | Entre 2 y 15 por año | 2 | Entre 4 y 8 horas |
| 3 | Entre 16 y 30 por año | 3 | Entre 8 y 24 horas |
| 4 | Entre 31 y 50 por año | 4 | Entre 24 y 48 horas |
| 5 | Más de 50 por año (Más de una parada semanal) | 5 | Más de 48 horas |
| | | | |
| 3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION | | 4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos) | |
| 5% | No afecta la producción. | 3 | Menos de 3 millones |
| 25% | 25 % de impacto. | 5 | Entre 3 y 15 Millones de Pesos |
| 50% | 50% de impacto. | 10 | Entre 15 y 35 millones |
| 75% | 75% de impacto. | 25 | Más de 35 Millones |
| 100% | La impacta totalmente. | | |
| | | | |
| 5. IMPACTO AMBIENTAL | | 6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL. | |
| 0 | No origina ningún impacto ambiental. | 0 | No origina heridas ni lesiones. |
| 5 | Contaminación ambiental baja, el efecto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta. | 5 | Puede originar lesiones o heridas leves no incapacitantes. |
| 10 | Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta. | 10 | Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días. |
| 25 | Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad. Procesos sancionatorios. | 25 | Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente. |
| | | | |
| 7. IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE INTERNO (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios) | | Instrucciones: | |
| 0 | No ocasiona perdidas económicas en las otras áreas de la planta | 1. Diligencie esta encuesta por cada máquina que exista en el sistema que pretende Jerarquizar. | |
| 5 | Puede ocasionar perdidas económicas hasta de 5 SMMLV. | 2. Según su criterio, analice cada aspecto de la máquina, y escoja una y solo una de las opciones presentadas en cada punto. | |
| 10 | Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV | 3. Encierre en un círculo la opción escogida a la izquierda de la frase descriptora. | |
| 20 | Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 25 SMMLV | 4. Asegúrese de haber diligenciado todas las preguntas. | |

Fuente: Extraído de la clase de mantenimiento Preventivo Universidad ECCI, adaptado por los autores

7.2 Análisis de la información

De acuerdo a la información obtenida se hizo necesario iniciar un proceso de recolección de datos la cual lleva alrededor de unos seis meses, la documentación de los procesos será el paso siguiente y para esto serán propuestos algunos formatos con los cuales se hará el levantamiento de hojas de vida, órdenes de mantenimiento, plan de mantenimiento, reportes de paradas de máquina entre otros.

Para el análisis de los datos se iniciará con los obtenidos y, o, reconstruidos que se han utilizado para calcular los indicadores de gestión, esto teniendo en cuenta que son ellos quienes arrojan información primaria para establecer las necesidades de intervención, es decir son la base para la detección de la causa raíz y la aplicación de mejoras.

- Entregas a tiempo: Este indicador muestra una oportunidad de mejora del trece por ciento en promedio, a pesar de que para el año 2015 se observa una ligera tendencia es necesario hacer que esta sea consistente, definir las causas por las cuales no se ha logrado cumplir en el tiempo establecido con los pedidos de los clientes es muy relevante.

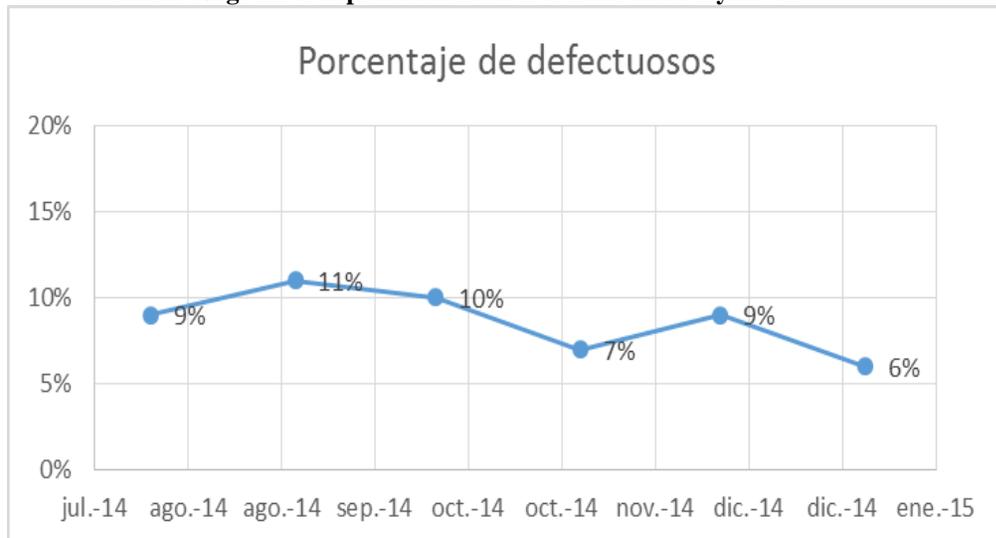
Tabla 6 Seguimiento indicador Entregas a tiempo



Fuente: Los autores

- Indicador de tasa de defectuosos: Este indicador muestra la cantidad de partes inyectadas no conformes que están saliendo del proceso de inyección, el paso siguiente es identificar los diferentes tipos de daño y la causa de los mismos, esto entregará información muy valiosa para alimentar y ajustar los programas de mantenimiento a desarrollar.

Tabla 7 Seguimiento producto no conforme área de inyección



Fuente: Los autores

- Indicador de reclamaciones: Para este indicador se tienen en cuenta las reclamaciones que vinculan al área de inyección, para el año 2015 se hace una extrapolación del indicador del mes de enero, aunque se nota una tendencia a la mejora esta no es suficiente y más teniendo en cuenta que no hay un proceso por el cual se haga seguimiento y trazabilidad a los diferentes problemas presentados, se debe tener en cuenta este punto para la propuesta a desarrollar.

Tabla 8 Seguimiento indicador de reclamaciones área de inyección



Fuente los autores

- Medición de criticidad: Se hace el análisis de criticidad teniendo en cuenta los parámetros definidos en la misma y tomando como base los criterios estándar usados en la clase de mantenimiento preventivo de la especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI, esta metodología califica las variables de:
 - Frecuencia de falla. (Todo tipo de Falla)
 - Tiempo Promedio Para Reparar. (MTTR).
 - Impacto Sobre La Producción
 - Costo De Reparación (Millones De Pesos)
 - Impacto Ambiental.
 - Impacto En La Salud Y Seguridad Personal.
 - Impacto En La Satisfacción Del Cliente Interno (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios)

La aplicación de la matriz de criticidad se desarrolló arrojando los resultados que se muestran en la tabla 9, de ellos se infiere que los equipos que más están influenciando los resultados y a los que se les debe aplicar una estrategia de mejoramiento son a las inyectoras.(ver detalladamente análisis de criticidad en el anexo en Excel

Tabla 9 Resultados Análisis de criticidad

| Resultados Criticidad | |
|------------------------------|-------------------|
| MÁQUINA | CRITICIDAD |
| Almacenamiento de moldes | 43.4225 |
| Equipo de des humidificación | 29 |
| Chiller | 27 |
| Grúa hidráulica | 82 |
| Grúa (polipasto) | 317 |
| Inyectora 1 | 694 |
| Inyectora 2 | 665 |
| Inyectora 3 | 707 |
| Inyectora 4 | 637 |
| Inyectora 5 | 563 |
| Inyectora 6 | 750 |

Fuente Los autores

7.3 Propuesta de solución

Para el desarrollo de la propuesta de solución se buscará dar solución a las preguntas de la sistematización del problema de investigación y a sus objetivos por esto se dirá lo siguiente:

7.3.1 Desarrollo de los objetivos

- En cuanto al objetivo uno (determinar los resultados actuales en cuanto aprovechamiento de la capacidad de las inyectoras), se encuentra que dentro del numeral 7.1 y 7.2 se desarrolla una caracterización de los

equipos y de la mano de obra existente dentro del área de inyección, de acuerdo a dicha información se ejecuta el respectivo análisis de datos dentro del cual se desarrolla una matriz de criticidad con la cual se argumenta la decisión de generar propuesta de operación y control del mantenimiento preventivo teniendo en cuenta la gestión de activos para las inyectoras

- En cuanto al objetivo dos (establecer las metodologías usadas para solucionar este tipo de problemáticas), dentro del marco teórico se genera la argumentación para determinar la metodología más adecuada para ser desarrollada en el área bajo estudio.
- En cuanto al objetivo tres (determinar la metodología a proponer para optimizar el uso de la inyectora), Se llega a la conclusión después del análisis teórico y de los datos obtenidos que la metodología más adecuada para mejorar los resultados en el área de inyección vista desde el área de mantenimiento es el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, por lo cual se procede a desarrollar la propuesta.

7.3.2 Desarrollo de la propuesta

La propuesta de solución se documentará y argumentará en tres fases integrando luego todas ellas dentro de un plan de mantenimiento teniendo en cuenta lineamientos de gestión de activos sin pretender que el proyecto sea orientado solamente a este tema. Las tres fases tendrán en cuenta los aspectos que se enumeran a continuación:

- Personal y competencias

- Equipo, sistemas, componentes
- Proceso y documentación

7.3.2.1 Personal y Competencias

Quizás el componente más importante para el desarrollo de esta o cualquier propuesta es el humano, es por esto que el proceso de concientización y orientación al cambio es relevante, para esto es necesario definir y, o, caracterizar las competencias necesarias para el personal que desarrolla actividades dentro del área de inyección de acuerdo a la tarea desarrollada.

Para el caso se busca garantizar el desarrollo de competencias socio laborales del personal que está en el área, para esto se tendrán en cuenta algunas de las existentes en la secretaría técnica de capacitación y formación profesional de Ecuador

Competencia general: La competencia general se refiere a la tarea genérica para la que es contratada la persona y de la cual debe tener entrenamiento, capacitación y conocimiento antes de asumir la responsabilidad de operación dentro del área.

- Competencia operador: Operar la maquinaria de inyección y soplado de plástico, preparando la materia prima y verificando que el proceso de producción se realice en las condiciones técnicas establecidas y de seguridad.
- Competencia Patinador: Entregar el material en el puesto de trabajo donde se requiera, conocer las referencias y las restricciones que tienen los equipos para la asignación de material, hacer la alimentación de las tolvas de acuerdo al método establecido.
- Competencia preparador: Mantener e intercambiar moldes de acuerdo al plan de producción, identificar las diferentes referencias y garantizar el

alistamiento de los equipos teniendo en cuenta las características técnicas del producto

- Competencia mecánico: Conocer el funcionamiento mecánico del equipo, analizar el comportamiento del equipo, sus sistemas y componentes y tomar decisiones en tiempo real para intervenciones o preparación de actividades correctivas, conocer el plan de mantenimiento, hojas de vida de los equipos y documentar oportunidades de mejora aplicables al equipo o al proceso.
- Competencia Electricista: Conocer el funcionamiento eléctrico y de control del equipo, analizar el comportamiento del equipo, sus sistemas y componentes, tomar decisiones en tiempo real para intervenciones o preparación de actividades correctivas, conocer el plan de mantenimiento, hojas de vida de los equipos y documentar oportunidades de mejora aplicables al equipo o al proceso.
- Competencia electricista practicante: Conocer el funcionamiento del alumbrado y las instalaciones auxiliares hasta 220v con un consumo de hasta 10 Amp., manejar equipos de medición de tensión y corriente, reportar las actividades desarrolladas en los documentos establecidos.
- Competencia operario de producto terminado: Conocer las diferentes referencias de los productos, sus especificaciones técnicas y forma de reportar resultados, reportar adecuadamente las falencias existentes y los tipos de problemas en el producto.
- Competencia supervisor de línea: Liderar equipos de trabajo, Aplicar los procedimientos establecidos por la organización en cuanto a planeación y ejecución de mantenimiento, conocer el funcionamiento de los equipos bajo su cargo, capacitar al personal a su cargo respecto a sus roles y responsabilidades.

Después de conocer las competencias generales de cada componente del talento humano del área de inyección se procederá a actualizar las labores asignadas a cada miembro.

7.3.2.2 Equipos sistemas y componentes

El área de inyección cuenta con un grupo de equipos mayores dentro de los cuales fueron seleccionados los más críticos (inyectoras) para el presente estudio se procede a citar los equipos con la información recopilada para luego establecer sus sistemas y componentes, de aquí se derivará la información a tener en cuenta para la propuesta de mantenimiento preventivo.

- Inyectora 1: Es una inyectora marca Margarit modelo 2003, está instalada en la planta desde el año 2006 de acuerdo a la información recolectada no se tienen caracterizadas las actividades de mantenimiento, los repuestos.

| | | | |
|-------------|-------------------|--|---|
| Inyectora 1 | Margarit MO800 | distancia entre columnas 1000 por 1000, husillo 130, potencia motor 110kw, fuerza de cierre 800tn, peso 41'8Tn aprox. El control eléctrico está totalmente modificado del año 2003 |  |
|-------------|-------------------|--|---|

- Inyectora 2: Es una Inyectora marca DEU modelo DEGE referencia P901 Está instalada en planta desde el año 2006 no se tiene manual ni están caracterizadas las actividades de mantenimiento. No se tiene información de existencia de más inyectoras de esta marca en Bogotá.

| | | | |
|-------------|---|---|---|
| Inyectora 2 | Marca: DEU Modelo: DEGE P-90i1 900/250 Año: 2003 | Fuerza de cierre 90 Tn. , luz de columnas 360x360 mm. , plato 560x560 mm. , carrera: 330 mm. , grosor de molde: 100-350 mm. , luz: 680 mm. , carrera expulsión: 80 mm. , diámetro husillo: 80 mm. , presión inyección: 2678 kg/cm ² , volumen teórico: 923 cm ³ . |  |
|-------------|---|---|---|

- Inyectora 3: Es una inyectora marca Arburg modelo 270 M modelo 1995, funcionando en la empresa desde el año 2001, se posee documentación técnica pero no está procedimentada ninguna actividad de mantenimiento

| | | | |
|-------------|--|---|--|
| Inyectora 3 | Marca: Arburg (Alemania) Modelo: 270M Año: 1995 | Presión de inyección 3085 + 2500 + 2066 bar El volumen de inyección 25 + 31 + 37 ccm, Fuerza de sujeción 40 t, Tabla de diámetro 1200 mm, motor de potencia 5,1 KW Calefacción |  |
|-------------|--|---|--|

- Inyectora 4: Es una inyectora marca Mateu y Sole modelo meteor modelo 1998, funcionando en la empresa desde el año 2000, no se posee documentación técnica pero y no está procedimentada ninguna actividad de mantenimiento

| | | | |
|-------------|---|---|---|
| Inyectora 4 | Marca: MATEU Y SOLÉ Modelo: METEOR 120/45 año 1988 | Grupo inyección -Ø Husillo 30 mm. -Presión inyección 1.400 bar -Volumen de inyección: 81 cm ³ . -Peso inyectable (PE): 74 gr. -Potencia calefacción 5'4 kw Grupo de cierre -Cierre hidráulico. -Expulsor hidráulico. -Potencia de cierre: 45 ton. -Paso entre columnas: 250 x 300 mm. -Medidas de platos: 400 x 450 mm. -Carrera de expulsión 130 mm. -Potencia motor 11 kw. -Medidas: An-3.700, F-920, Al-1570 -Peso 2.200 kg |  |
|-------------|---|---|---|

- Inyectora 5: Es una inyectora marca modelo 270 M de Arburg modelo 1995, funcionando en la empresa desde el año 2001, se posee documentación técnica pero no está procedimentada ninguna actividad de mantenimiento

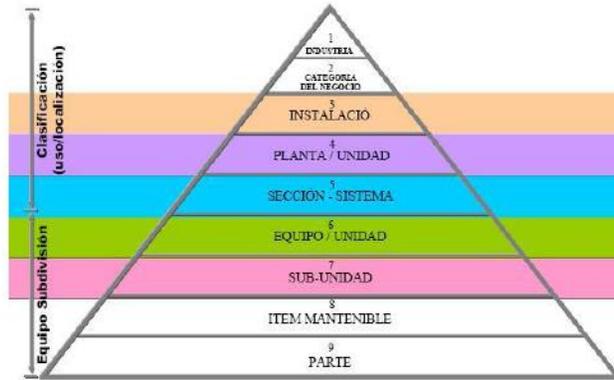
| | | | |
|-------------|---|---|---|
| Inyectora 5 | Marca: Arburg Año: 2000 Descripción Arburg 130 tn, | Arburg 130 tn, año 2000, husillo 45 mm, peso inyectado: 194 g, presión inyección 1670 bar, volumen inyección: 212 ccm, entre columnas: 470x470 mm, dimensiones platos: 650x650 mm, unidad cierre: hidráulico, Control: SELOGICA, Euromap, Robot Interface, internet connections, dimensiones máquina: 4.45x1.49x2.17 m, peso: 5100 kg |  |
|-------------|---|---|---|

- Inyectora 6 Es una inyectora marca modelo Aunder 320C de Arburg modelo 2006, funcionando en la empresa desde el año 2007, se posee documentación técnica pero no está procedimentada ninguna actividad de mantenimiento.

| | | | |
|-------------|--|---|---|
| Inyectora 6 | Marca: Arburg Modelo: ALLR OUNDER 320C 600-250 Año: 2006 | distancia entre columnas 370 x 370 mm, año 2006, Altura de montaje de moldes min/max 250/500 mm, Dimensiones de placas 570 x 570 mm, Dimensiones largo x ancho x alto m 4,30 x 1,64 x 2,10, Peso neto Kg 3180 |  |
|-------------|--|---|---|

Los equipos referidos se ocupan para el proceso de inyección, este es uno de los más críticos de la organización, por tratarse de un mismo tipo de equipos se usará para la propuesta una configuración genérica que sea incluyente teniendo en cuenta las diferencias de marca y modelo, para esto se anexan los diferentes sistemas y componentes considerados como críticos por el personal a cargo de operación y mantenimiento, para estos se pretende determinar tiempos y actividades a desarrollar para reducir el riesgo de parada.

Ilustración 3 Taxonomía de acuerdo a ISO 14224



Fuente (ISO, 2006)

De acuerdo a la taxonomía del equipo se determinan actividades básicas intermedias y críticas teniendo en cuenta adicionalmente el nivel de mantenimiento a aplicar de acuerdo a Afnor X60-011.

Ilustración 4 Niveles de intervención en mantenimiento



Fuente: (Urián Tinoco, 2014)

7.3.2.3 Procesos y documentación

7.3.2.3.1 Codificación:

Un paso importante dentro del proceso de documentación y estandarización es la codificación de equipos, esto facilitará la trazabilidad de tareas y el cálculo de indicadores de gestión. Después de reconocer cada uno de los equipos del área y establecer los niveles de criticidad se propone a la organización generar códigos internos de verificación, esto usando el sistema de codificación significativo o inteligente en el que el código de identificación aporta información precisa en cuanto a área donde se encuentra localizado, sistemas usados, componentes, m de acuerdo al siguiente formato: Se propone que la información que contenga el código comprenda los siguientes términos:

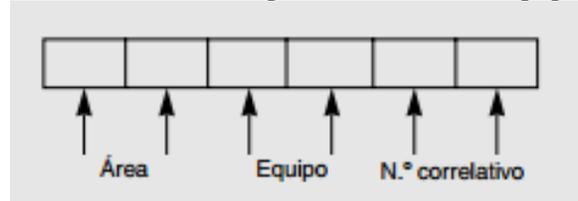
- Planta a la que pertenece
- Área a la que pertenece dentro de la planta
- Tipo de equipo

Los elementos que hacen parte del equipo contarán con información como:

- Tipo de elemento
- Equipo al que pertenecen
- Sistema en el que está incluido de acuerdo al equipo al que pertenece
- Familia a la que pertenece el elemento, La clasificación por familias es muy útil ya que permite la elaboración de listados de elementos.

Para los equipos de la planta en general es indicado usar códigos de seis dígitos en los cuales los dos primeros números citen el área donde están ubicados los equipo, los dos siguientes caracteres son alfabéticos y determinarán el tipo de equipo y los dos siguientes el número del equipo dentro de los de su tipo, de manera que se obtendrá lo siguiente.

Ilustración 5 Formato para codificación de equipos

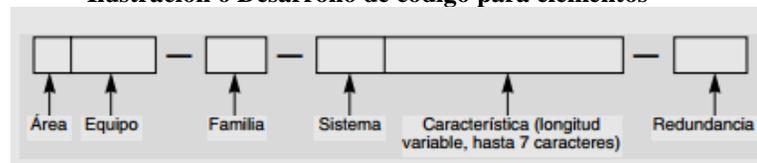


Fuente: (Santiago, 2003)

Luego de generar los códigos de los equipos se recomienda generar los códigos de los componentes, estos códigos estarían compuestos de 17 campos bajo la estructura que propone García Garrido en su libro Organización y gestión Integral de Mantenimiento (Santiago, 2003), la composición del código es la siguiente:

- Los seis caracteres iniciales identifican al equipo (ver ilustración 3)
- Un carácter alfabético identifica la familia del equipo
- Tres caracteres a continuación para identificar el sistema al que pertenece el componente
- Los siete caracteres siguientes presentan la caracterización del elemento.
- Un último número para establecer redundancia.

Ilustración 6 Desarrollo de código para elementos



Fuente: (Santiago, 2003)

7.3.2.3.2. Aspectos para definición de tareas:

Para el desarrollo de tareas preventivas es necesario definir tres aspectos que son muy relevantes a la hora de planear, definir y asignar tareas, el planeador ya se en un software de producción o en la sencilla hoja de cálculo deberá establecer la frecuencia de las tareas, el estado en que se debe encontrar la máquina en el momento de la intervención y la especialidad del personal que ejecutará la tarea. A continuación se presentan cada uno de los aspectos con sus diferentes posibilidades.

Ilustración 7 Aspectos para definición de tareas

| Frecuencia | | Estado de la máquina | | Personal | |
|------------|------------|----------------------|----------------|----------|-----------------|
| D | Daria | F | Funcionamiento | M | Mecánico |
| S | Semanal | P | Parada | E | Eléctrico |
| M | Mensual | I | Indiferente | EM | Electromecánico |
| T | Trimestral | | | A | Auxiliar |
| SE | semestral | | | P | Preparador |
| A | Anual | | | | |

Fuente: Los Autores

La organización estará en libertad de tomar o no los colores que se asignan para diferenciar cada uno de los aspectos.

7.3.2.3.3 Tipos de tareas:

Teniendo en cuenta el tipo de equipo en estudio y los sistemas que lo componen se establecen las siguientes tareas a ejecutar, para el desarrollo de las mismas es necesario tener en cuenta los parámetros establecidos en 7.3.2.3.2, a saber:

- Inspecciones visuales: Es la primera línea de defensa contra las fallas, busca hacer seguimiento de condiciones básicas del equipo y sus componentes mas externos.
- Tareas de lubricación: Es uno de los temas más complejos en el momento de programar mantenimiento ya que el encargado de

ejecutarla debe estar consciente de las necesidades del equipo y de la especificación técnica definida por el fabricante, por ningún motivo se deben mezclar los lubricantes o usarlos a priori ya que esto puede traer graves consecuencias para los componentes en cuanto a la reducción de su vida útil.

- Verificaciones on-line: Se ejecuta observando los indicadores de variables de control en el equipo o sistemas del mismo.
- Verificaciones off-line: Se desarrolla con equipos adicionales y con estas se controlan variables como temperatura, tensión, corriente, en algunos casos este tipo de verificaciones son contempladas como mantenimiento predictivo.
- Limpiezas según condición: Limpieza desarrollada de acuerdo al estado del equipo y a lo detallado en la inspección visual.
- Ajustes condicionales: Son ejecutados como resultado de un análisis predictivo y su ejecución es consecuencia del reporte s.
- Limpiezas sistemáticas: Limpieza que debe ejecutarse de manera programada para prevenir acumulación de particulado y pérdida de capacidades, formación de corrosión etc.
- Ajustes sistemáticos: Ajustes desarrollados a intervalos controlados previniendo desajuste en los elementos conductores o de aquellos que soportan esfuerzo
- Sustitución sistemática de piezas: Cambio de piezas de manera periódica y de acuerdo a instrucción del fabricante o al conocimiento de la organización.
- Grandes revisiones: Mantenimientos mayores con parada programada y justificada para llevar el equipo a su condición inicial de funcionamiento.

7.3.2.3.4 El plan de mantenimiento

La información de los anteriores numerales será requerida para el desarrollo del plan de mantenimiento, este deberá tener en cuenta los modelos de fallo establecidos por el fabricante del equipo y todos aquellos recopilados por el personal del área de inyección, para el caso la información más relevante proviene del personal que está asociado directamente con el equipo.

Para el programa como tal generalmente se usa antes de comprar un software dedicado hacer el levantamiento de la información en hojas de cálculo, a continuación un ejemplo.

Ilustración 8 Plantilla Plan de mantenimiento genérica

| SISTEMA | COMPONENTE | Revisión de Estado de Fluidos (Aceites, Refrigerantes) y/o Presión. | Inspección Visual y/o Limpieza. | Análisis de Vibraciones. | Revisión de tensión (Correas y Cadenas) | CORRECTIVO | PREVENTIVO | PREDICTIVO | ING. MECÁNICO | TÉCNICO MECÁNICO | TÉCNICO MECATRÓNICO | AUXILIAR | DESCRIPCIÓN DE LA TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS) | FRECUENCIA | INSUMOS |
|---------|--|---|---------------------------------|--------------------------|---|------------|------------|------------|---------------|------------------|---------------------|----------|---|-------------------------------|------------|--|
| HUSILLO | CAJA DE CAMBIOS | | | X | | | | X | X | | | | APAGAR LA MÁQUINA PARA REALIZAR LIMPIEZA DEL CONJUNTO DE PIÑONES, CON LA MÁQUINA EN FUNCIONAMIENTO UBICAR EL SENSOR EN EL PUNTO CODIFICADO PARA REALIZAR LA VERIFICACIÓN CON EQUIPO PARA ANÁLISIS DE VIBRACIONES. | 60 | TRIMESTRAL | PAÑOS DE LIMPIEZA INDUSTRI. O TRAPO SECO. BROCHA EN CERDA GRIS. ACEITE TELLUS 37 (SAE 32) GRASA MULTIPROPÓSITO EP2 EQUIPO PARA ANÁLISIS DE VIBRACIONES. HERRAMIENTA DE MANO. |
| | TRANSMISIÓN DE POTENCIA (BANDA O ACOPLE) | | X | | X | | X | | | X | | | APAGAR LA MÁQUINA Y VERIFICAR LA TENSIÓN DE LAS CORREAS MANUALMENTE. | 20 | SEMANAL | HERRAMIENTA DE MANO. |
| | RODAMIENTOS | | | X | | | | X | X | | | | CON LA MÁQUINA EN FUNCIONAMIENTO UBICAR EL SENSOR EN EL PUNTO CODIFICADO PARA LA TOMA DE LA MUESTRA Y LUEGO TOMAR LOS DATOS. | 30 | TRIMESTRAL | EQUIPO PARA ANÁLISIS DE VIBRACIONES. HERRAMIENTA DE MANO. |
| | ENSAMBLAJE DE HERRAMIENTAS | | X | | | | | X | | | | X | CON LA MÁQUINA APAGADA LIMPIAR LOS ALOJAMIENTOS. LUEGO CON EL SISTEMA NEUMÁTICO EN FUNCIONAMIENTO PROBAR MONTAJE Y DESMONTAJE DE HERRAMIENTAS EN LOS DIFERENTES ALOJAMIENTOS DE HERRAMIENTA. | 45 | TRIMESTRAL | PAÑOS DE LIMPIEZA INDUSTRI. O TRAPO SECO. BROCHA EN CERDA GRIS. HERRAMIENTA DE MANO. |
| | SISTEMA DE ENFRÍAMIENTO | X | | | | | | X | | | | X | CON LA MÁQUINA DETENIDA VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE Y SU ASPECTO VISUAL. | 35 | SEMANAL | ACEITE SHELL TELLUS 22. HERRAMIENTA DE MANO. |

Fuente: Los autores (apuntes de clase)

El planeador de mantenimiento tendrá entonces de acuerdo a lo anterior la responsabilidad de estimar y programar los recursos para la ejecución de las diferentes tareas, cada tarea que se proponga en el plan requiere ser conocida por el programador de producción para que se pueda hacer la retroalimentación cruzada de la información y esto evite que se dejen de ejecutar las tareas por omisión o desconocimiento de los programas de producción o mantenimiento.

7.3.2.3.5 Ordenes de trabajo y reportes:

Para cada actividad preventiva o correctiva se deben emitir ordenes de trabajo, por medio de las cuales se debe documentar datos específicos que se convertirán en materia prima para establecer indicadores de gestión, necesidades de materias primas, requerimientos de repuestos y componentes, servicios técnicos, etc.

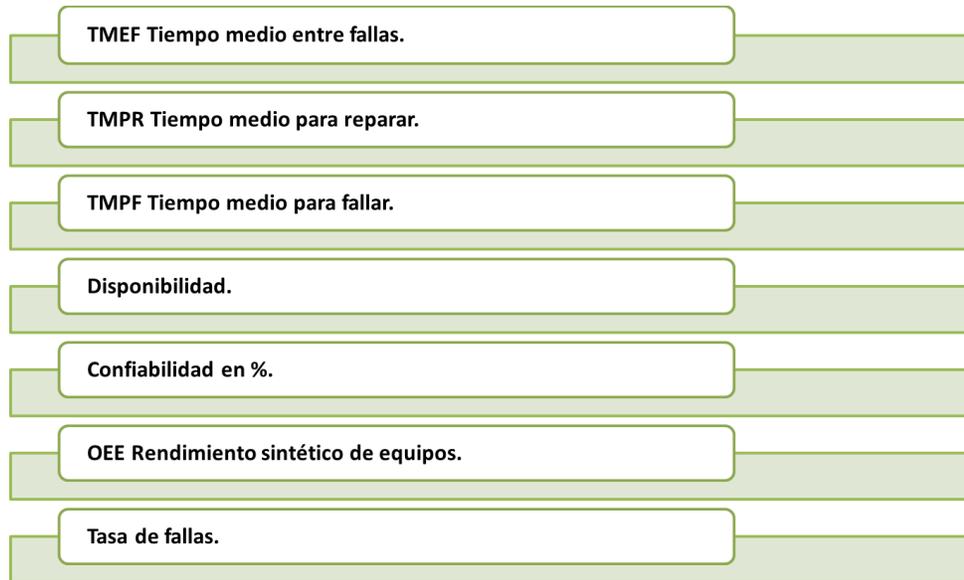
Ilustración 9 Orden de trabajo tipo

| | | | |
|--|---|---|---|
| Inserte el Logo de su Empresa | Nombre de la Empresa Unidad Operativa Orden de Trabajo | | |
| Orden de Trabajo Nº: <input style="width: 100%;" type="text"/> | | Fecha de Inicio: <input style="width: 100%;" type="text"/> Fecha Finalización: <input style="width: 100%;" type="text"/> | |
| Tipo de actividad: | | <input type="checkbox"/> Correctivo | <input type="checkbox"/> Emergencia |
| | | <input type="checkbox"/> Preventivo | <input type="checkbox"/> Predictivo |
| | | <input type="checkbox"/> Otro | |
| Equipo: | | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> | |
| Nº | | | |
| Especialidad principal: | | <input type="checkbox"/> Técnico | <input type="checkbox"/> Inspector |
| Cantidad: | | <input type="checkbox"/> Oficial | <input type="checkbox"/> Operario |
| Cuadrilla: | | <input type="checkbox"/> Eléctrico | <input type="checkbox"/> Mecánico |
| | | <input type="checkbox"/> Electrónico | <input type="checkbox"/> Otro |
| Herramientas Utilizadas: | | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> |
| Cantidad: | | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> |
| Operaciones: | | <input type="checkbox"/> Viaje Ida y Vuelta al Lugar | <input type="checkbox"/> Realizar Actividad |
| Tiempos: | | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> |
| Descripción de la actividad: | | <input style="width: 100%; height: 50px;" type="text"/> | |
| | | | |

Fuente: (Mantenimiento Mundial, 2014)

La ejecución de tareas de mantenimiento ya sean programadas o no deben ser reportadas en una planilla que debe estar disponible en cada uno de los

Ilustración 10 Indicadores de gestión genéricos para mantenimiento



Fuente: Los autores

7.4. Entrega de Resultados

El desarrollo de la investigación deja como resultado los siguientes entregables

- Documento de monografía entregado a la universidad ECCI para consulta y para cumplir con los lineamientos establecidos para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento.
- Propuesta de mantenimiento preventivo para la empresa de inyección de plástico donde se generó la investigación
- Paper como resumen del tema de investigación que servirá como documento de consulta para la comunidad en general

8. FUENTES DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de información usadas para la presente información corresponden al personal de la empresa de inyección de plásticos, el personal involucrado con la operación del área de inyección, supervisores, personal de mantenimiento quienes aportaron información para el desarrollo de los numerales del capítulo 7.

8.2 Fuentes Secundarias

La fuentes secundarias que se usaron están caracterizadas en libros del área de mantenimiento, artículos científicos, revistas especializadas e información ofrecida por los asesores y docentes durante el curso de la especialización,

9. COSTOS

Los costos son de gran utilidad en el enfoque de esta propuesta en las etapas de mantenimiento y operación del ciclo de vida de los activos en las inyectoras EURO INJ en el sector de plásticos .Su desempeño es de gran importancia por su función en el trabajo continuo y lo que representa una parada inesperada en la empresa savoy s.a . En la elaboración de esta propuesta se tendrá en cuenta aspectos relevantes y de gran importancia que impactan financieramente los indicadores económicos y la continuidad del negocio .

Tabla numero ? VALOR MANO DE OBRA,TOTAL POR OBRA

| DESCRIPCION | COSTOS |
|--|-----------------|
| Valor mano de obra personal técnico de mantenimiento | \$30.000 /hora |
| Valor por mano de obra personal especializado Terceros | \$50.000 /hora |
| Valor mano de obra profesionales empresa. | \$40.000 /hora |
| Valor parada de inyectora | \$800.000 /hora |

Visitas constantes por personal especializado muchas veces se generan por malos procedimientos o personal sin conocimiento que operan o mantienen las inyectoras sean operativos o de mantenimiento, se incurren en costos que por mantener o restaurar las inyectoras en algunos eventos se reflejan paradas inesperadas las cuales las cuales implican despliegue de personal a los sitios

:terceros o vinculados .los factores que más se observan y conllevan a en estos eventos son falta de coordinación, programación, trabajo en equipo desconocimiento del proceso o mala manipulación. Se promedia un tiempo mínimo diario e aproximadamente sin laborar por paradas inesperadas de 3 horas. Si calculamos la pérdida en dinero diario seria de:

TABLA NUMERO ? VALOR MANO DE OBRA,TOTAL POR HORA

| DESCRIPCION | COSTOS | TOTAL PESOS |
|--|---------------------------|--------------------|
| Valor mano de obra personal técnico de mantenimiento | \$30.000 /hora X 3horas | \$90.000 |
| Valor por mano de obra personal especializado Terceros | \$50.000 /hora X 3 horas | \$150.000 |
| Valor mano de obra profesionales empresa. | \$40.000 /hora X 3 horas | \$120.000 |
| Valor parada de inyectora | \$800.000 /hora X 3 horas | \$2´400.000 |
| | TOTAL | \$2´780.000 |

La siguiente es una relación de los costos teniendo en cuenta los gastos para el desarrollo de la investigación que se basan en las siguientes tablas de referencia.

TABLA N 1 PRESUPUESTO GLOBAL

| PRESUPUESTO GLOBAL | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| RUBRO | FUENTE | | | TOTAL |
| | INVESTIGADORES | CONTRAPARTIDA | ECCI | |
| Gasto de Personal | \$ 300.000 | \$ 4.500.000 | ----- | \$ 4.800.000 |
| Equipos (Nuevo, En uso, Alquilado) | ----- | \$ 2.200.000 | ----- | \$ 2.200.000 |
| Viajes (Servicios Técnicos) | ----- | \$ 1.800.000 | ----- | \$ 1.800.000 |
| Gasto de papelería | ----- | \$ 230.000 | ----- | \$ 230.000 |
| Gasto de internet | ----- | \$ 30.000 | ----- | \$ 30.000 |
| Imprevistos (10%) | \$ 850.000 | \$ 2.130.000 | \$ 920.000 | \$ 3.900.000 |
| TOTALES | \$ 1.150.000 | \$ 10.890.0000 | \$ 920.000 | \$ 12.960.000 |

Fuente: Los autores adaptaron la tabla de Colciencias

TABLA N 2 GASTOS PERSONAL

| GASTOS DE PERSONAL | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| NOMBRE DEL INVESTIGADOR | GRADO | FUNCIÓN | HORAS POR SEMANA | TOTAL HORAS POR PROYECTO | FUENTE | | | TOTAL |
| | | | | | ECCI | CONTRAPARTIDA | TELFÓNICO A MÓVILES | |
| Nelson Darío Rojas | Especialista/Ingeniero | Asesor Empresarial | 2 | 20 | \$ 360.000 | - | - | \$ 360.000 |
| Luis Alfredo Bonilla Barajas. | Ingeniero (a) | Realizar Diagramación | 8 | 162 | - | \$ 1.620.000 | \$ 28.000 | \$ 1.648.000 |
| Cristhian Alexander Ortiz | Ingeniero (a) | Digitación | 8 | 162 | - | \$ 1.620.000 | \$ 28.000 | \$ 1.648.000 |
| Supervisor | Técnico (a) | Asesor Visitador Técnico | 2 | 20 | - | \$ 150.000 | ----- | \$ 150.000 |
| TOTALES | | | | | \$ 360.000 | \$ 3.390.000 | \$ 56.000 | \$ 3.806.000 |

Fuente: Los autores adaptaron la tabla de Colciencias

TABLA N 3 GASTOS DE EQUIPOS

| GASTOS DE EQUIPOS | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|----------|-----------------|---|--------|---------------------|--------------------|---------------------|
| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | MODELO | MARCA | USO | FUENTE | | | TOTAL |
| | | | | | ECCI | CONTRAPARTIDA | TELEFÓNICA MÓVILES | |
| 1 | PORTÁTIL | HP DUV4 | HEWELT PACKARD | Digitación Diagramación | - | \$ 1.500.000 | - | \$ 1.500.000 |
| 1 | PORTÁTIL | HP D2VXT | HEWELT PACKARD | Digitación Diseño | - | \$ 1.500.000 | - | \$ 1.500.000 |
| 1 | IMPRESORA | CX3900 | EPSON STYLUS | Impresión del Plan de Mantenimiento | - | \$ 40.000 | - | \$ 40.000 |
| 1 | CÁMARA DIGITAL | DMC – S1 | PANASONIC LUMIX | Pruebas digitales de Desarrollo de Proyecto | - | ----- | - | ----- |
| TOTALES | | | | | - | \$ 3.040.000 | - | \$ 3.040.000 |

Fuente: Los autores adaptaron la tabla de Colciencias

TABLA N 4 GASTOS EN VIAJES

| GASTOS EN VIAJES | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|---------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|
| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | USO | FUENTE | | | TOTAL |
| | | | ECCI | CONTRAPARTIDA | TELEFÓNICA MÓVILES | |
| 12 | VISITA A ESTACIÓN | ESTADO DE LOS ACTIVOS | - | | \$ 100.000 | \$ 100.000 |
| 10 | TRANSPORTE URBANO | DESPLAZAMIENTO | - | \$ 800.000 | - | \$ 800.000 |
| 2 | PROVEEDORES | INSUMOS DEL PREVENTIVO | - | \$ 80.000 | - | \$ 80.000 |
| 2 | VIÁTICOS | SALIDA A VISITA DEL PERSONAL | - | \$ 1.300.000 | - | \$ 1.300.000 |
| TOTALES | | | - | \$2. 180.000 | \$ 100.000 | \$ 2.280.000 |

Fuente: Los autores adaptaron la tabla de Colciencias

TABLA N 5 GASTOS DE PAPELERIA

| GASTOS DE PAPELERIA | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------------|
| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | USO | FUENTE | | | TOTAL |
| | | | ECCI | CONTRAPARTIDA | TELEFÓNICA MÓVILES | |
| 2 | RESMA DE PAPEL CARTA | IMPRESIÓN FÍSICA DE INFORMES | - | \$ 40.000 | - | \$ 40.000 |
| 2 | ESFEROS | REGISTRO | - | \$ 8.000 | - | \$ 8.000 |
| 2 | LAPICES | REGISTRO | - | \$5.000 | - | \$ 5.000 |
| 2 | CD | BACKUP Y ENTREGA DIGITAL INFORMES | - | \$ 6.000 | - | \$6.000 |
| 2 | DVD | BACKUP Y ENTREGA DIGITAL INFORMES | - | \$ 6.000 | - | \$ 6.000 |
| 1 | COSEDORA | GRAPAR INFORMES FÍSICOS | - | \$ 20.000 | - | \$ 20.000 |
| 1 | PERFORADORA | PRESENTACION DE INFORMES | - | \$ 20.000 | . | \$ 20.000 |
| 2 | CARTUCHOS DE IMPRESORA | SUMINISTRO DE IMPRESORA | - | \$ 80.000 | . | \$ 80.000 |
| TOTALES | | | - | \$ 185.000 | . | \$ 185.000 |

Fuente: Los autores adaptaron la tabla de Colciencias

10. TALENTO HUMANO

El impacto de desarrollar actividades que logren mejorar la ejecución de tareas de mantenimiento se vera reflejado en las diferentes personas que de una u otra manera participan en el proceso se podra establecer desde los siguientes puntos:

- Reducción de la atención de emergencias lo cual disminuye el riesgo de estrés ocupacional
- Reducción de las horas extras, esto permita un uso más adecuado de su tiempo y eleva la integración familiar.
- Capacitación y conocimiento de los activos, esto genera mas seguridad y mejores resultados además un alto grado de satisfacción con lo que se hace.
- Actividades planeadas y programadas que reducen el choque entre áreas y mejora la sinergia entre todos los involucrados en el proceso
- Conocimiento de los resultados mediante indicadores de gestión enterándose de que tan positivo está siendo el impacto que se esta dando para la organización.

11.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 Conclusiones

Se formula una propuesta de mantenimiento para mejorar el funcionamiento, operación y control de las máquinas inyectoras en una empresa de inyección de envases de plásticos.

Se establece que la causa de la pérdida de capacidad y los resultados deficientes se debe a las constantes fallas de los activos y se genera un planteamiento para mantenimiento preventivo que involucra a las inyectoras.

Existen metodologías para mantenimiento de equipos muy atractivas pero en general necesitan de un periodo de formación y crecimiento de los encargados de mantener el activo.

11.2 Recomendaciones

Aplicar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas inyectoras permitirá la estructuración del sistema de mantenimiento, garantizando al sistema disminución de paradas. A operarios y mantenimiento reducción de pérdidas de tiempo en la producción, e impide o reduce la ampliación de fallas y sus consecuencias.

Instruir a todo el personal que intervendrá en la ejecución del plan de mantenimiento, todas las dudas deben ser aclaradas y todo el personal estará en la obligación de cumplir lo estipulado en el programa, es por esta razón que el plan debe ser protegido desde la Gerencia o por el personal administrativo, para que se tome con la seriedad que estas innovaciones exijan.

Estudiar y analizar la habilidad del personal de producción y mantenimiento que maneja el equipo, y en caso de ser necesario establecer programas de adiestramiento y capacitación de la máquina e instalaciones, para evitar accidentes y malas operaciones.

Recordar que el mantenimiento es la función por medio de la cual se conservara la máquina e instalación en condiciones apropiadas de operación.

12. Bibliografía

SALIH O. DUFFUAA, A. RAOUF, JOHN DIXON CAMPBELL, Sistemas de Mantenimiento Planeación y control, 2002, EDITORIAL LIMUSA, S.A. GRUPO NORIEGA EDITORES, ISBN 968-18-5918-9.

SÁNCHEZ VELDÉS, YAÑEZ FLORES, RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, Moldeo por Inyección de Termoplásticos, 2002, EDITORIAL LIMUSA, S.A. GRUPO NORIEGA EDITORES, ISBN 968-18-5581-X.

NUBIA PARRA, Elementos proceso inyección plásticos. pdf, Introducción al Proceso de Inyección de Plásticos, SEMANA 1, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Centro de Desarrollo Tecnológico – ASTIN, Santiago de Cali, Agosto de 2005, Regional Valle.

ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, Monografías

Facultad de Posgrados:

En Bogotá, Marzo 23 de 2011, los Ingenieros, CARLOS ROMAÑA Y JOSÉ FERNÁNDEZ, con la monografía OPTIMIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA FÁBRICA DE TELAS LAFAYETTE.

En Bogotá, Septiembre 2012, los Ingenieros, DALIDA CHACON VARGAS y LUIS CARLOS MAYORGA C, con la monografía DISEÑO DE UN PLAN DE ACTIVIDADES PARA OPTIMIZAR EL COSTO POR KILÓMETRO EN LLANTAS PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE CARGA.

En Bogotá, Marzo de 2011, los Ingenieros, ILMER MOSQUERA AGUILAR, JUAN CARLOS CADAVID RODRÍGUEZ, LUIS ALFONSO ORTIZ ROJAS, con la monografía, de mejorar el programa de mantenimiento preventivo y aplicado a la planta de producción de roll y diamante de la empresa Universal de Autopartes.

En Bogotá, Marzo de 2011, los Ingenieros, JUAN DEIBY CASTRO SIERRA, ELIZABETH OCHOA SANABRIA, Y ALEXANDER ROCHA ALARCÓN, con su monografía DISEÑO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE PROCESO DE IMPRESIÓN DEL MARCADO DE ETIQUETAS.

En Bogotá, Marzo de 2012, los Ingenieros, IVAN RICARDO ALTUZARRA SANABRIA, IVAN LEONARDO MONTAÑEZ CALDERON, con la monografía PROPUESTA DE MANTENIMIENTO APLICANDO ACR PARA SERVICIOS INFORMATICOS CRITICOS EN EL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN.

En Bogotá, marzo de 2011, la Ingeniera Mecánica, LAURA ANDRES GÓMEZ OJEDA, con su monografía, DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ADECUADO UTILIZANDO EL MODELO TPM PARA LA EMPRESA CONTROL DE SÓLIDOS LTDA.

En Bogotá, Septiembre de 2009, el ingeniero Mecánico, EDWAR ANGEL SALGUERO MARTÍNEZ, con su monografía, PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE CORTE AUTOMÁTICO MARCA GERBER. UTILIZADOS EN LA SALA DE CORTE EN PAPEL S.A.

En Bogotá, Septiembre de 2004, el Ingeniero Biomédico, CAMILO FERNANDO HIDALGO LÓPEZ, con su monografía, IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS

PARA LA MEJORA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HOSPITALARIA EN LA CLÍNICA NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA, SAN JUAN DE PASTO.

En Bogotá, Marzo de 2012, el Ingeniero, CARLOS ALBERTO BERNAL MORENO, con su monografía DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL SENA, CENTRO METALMECÁNICO UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN MP2.

En Bogotá, Abril 02 de 2012, los Ingenieros, NEILL EDWIN MALAGÓN MORALES Y JORGE HERNANDO SÁNCHEZ CADENA, con su monografía ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LOS CUARTOS FRÍOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS –ICTA.

MOGRAFIAS NACIONALES:

En Bogotá, Marzo de 1974, en la universidad INCCA DE COLOMBIA, los Ingenieros CARLOS FORERO FORERO, OLIVERIO NAVAS SEQUERA, con la monografía EL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA, investigaron que el MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

En Santander, de 2001, en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, el Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Alejandro Mantilla Báez, desarrolló la formulación de un modelo para planeación y control del mantenimiento correctivo y preventivo en las redes de planta externa de la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá S.A. – E.S.P.

En Bogotá, Julio 08 de 2009, en la PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, los Ingenieros Industriales, FABIAN BASABE DIAZ Y MANUELA BEJARANO GARCÍA, con la tesis de grado ESTUDIO DEL IMPACTO GENERADO SOBRE LA CADENA DE VALOR A PARTIR DEL DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA CANTERA SALITRE BLANCO DE AGUILAR CONSTRUCCIONES S.A.

En Santander, de 2002, en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, los Especialistas en Gerencia de Mantenimiento, NELSON FRANCISCO CUEVAS LENES Y JESÚS ARTURO RUBIO NOEL, diseñaron un modelo gerencial de mantenimiento para una planta de polipropileno biorientado.

En Medellín, de 2008, en la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, el Ingeniero MARCOS ALEJANDRO AGUDELO ARANGO, con su tesis, PLAN DE MEJORAS EN MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DEL SECTOR TEXTIL.

MONOGRAFIAS INTERNACIONALES:

En Guayaquil – Ecuador, en el 2005, en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, la Ingeniera MARIA FERNANDA PIEDRA PALADINES, con su tesis de grado GERENCIA ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA PLÁSTICOS DEL LITORAL – PLASTLIT.

En Montevideo - Uruguay, en el 2006, la Ingeniera CAROLINA ALTMANN, con su monografía EL ANALISIS DE CAUSA RAÍZ

En Caracas - Venezuela, Marzo 2003, en la UNIVERIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, la Ingeniera GABRIELA RONDÓN J, con su tesis ELABORACIÓN

DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A TODOS LOS EQUIPOS DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

En Guatemala, Abril de 2008, en la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, el Ingeniero Mecánico, PEDRO MIGUEL AGREDA GIRÓN, con su tesis de grado, IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN LA EMPRESA PLASTIGLAS DE GUATEMALA

En Riobamba – Ecuador, en 2010, en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, el Ingeniero de Mantenimiento, EDWIN JOSELO CRIOLLO GUATAPI, con su tesis de grado, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA UNA MÁQUINA INYECTORA DE PVC DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. AMBATO.

13.INFOGRAFÍA

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0569_MI.pdf / Universidad de San Carlos de Guatemala / Tomado de la monografía del Ingeniero Mecánico / Hugo Rolando Ixcot Rodríguez / abril de 2011 / Pág.11-19.

http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html

<http://scholar.google.es/>

<http://www.quiminet.com/articulos/las-partes-de-una-maquina-inyectora-18874.htm>

<http://www.masda.com.ar/queeslainyeccion.html>

http://conocimientos-mecanica.blogspot.com/2010_11_01_archive.html

<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/documentos/guiaInformesColciencias.pdf>

<http://juantovar.blogspot.es/>