



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL, PARA LÍNEA  
DE MÁQUINAS EXTRUSORAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA  
PLASTIMAX, S.A.**

**José Miguel Velásquez Aguilar**

Asesorado por el Ma. Ing. Luis Alberto Velásquez

Guatemala, marzo de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL, PARA LÍNEA  
DE MÁQUINAS EXTRUSORAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA  
PLASTIMAX, S.A.**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ MIGUEL VELÁSQUEZ AGUILAR**  
ASESORADO POR EL MA. ING. LUIS ALBERTO VELÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Alfredo Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL, PARA LÍNEA  
DE MÁQUINAS EXTRUSORAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA  
PLASTIMAX, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 04 de febrero de 2013.



**José Miguel Velásquez Aguilar**





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142

AGS-MIMPP-0001-2013

Guatemala, 04 de febrero de 2013.

Director:  
Guillermo Antonio Puentes Romero  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **José Miguel Velásquez Aguilar** con carné número **2004-12274**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”

Msc. Ing. Luis Alberto Velásquez A.  
Asesor (a)

Luis Alberto Velásquez Aguilar  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado No. 7358

Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios

César Akú Castillo MSc.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la





REF. EIME 78.2013.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de Graduación en la modalidad Estudios de Postgrado Titulado: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL, PARA LÍNEA DE MÁQUINAS EXTRUSORAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA PLASTIMAX, S.A., presentado por el estudiante universitario José Miguel Velásquez Aguilar, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

*YD Y, ENSEÑAD A TODOS*

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Guatemala, 11 de marzo 2013.

/sro







El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL, PARA LÍNEA DE MÁQUINAS EXTRUSORAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA PLASTIMAX, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Miguel Velásquez Aguilar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, marzo de 2013



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por haberme dado el don de la vida y la sabiduría para poderla vivir plenamente.
- Mi padre** Porque con sus consejos y paciencia me ha guiado siempre.
- Mi madre** Por su amor incondicional y sus regaños, que me permitieron ser una persona de bien.
- Mis hermanos** Luis, Cristy, Nancy y Donald Velásquez Aguilar, por sus ejemplos y la unidad que siempre nos ha caracterizado.
- Mis cuñados** Shenly Soto y René Gómez, con profundo aprecio
- Mis sobrinos** Sharon, Daniel y Gabriel Gomez Velásquez, porque son el futuro de nuestra familia y sociedad
- Mis amigos** Por compartir conmigo mis momentos de alegrías y tristezas.
- Mi novia** Porque con su entusiasmo y alegría ha completado mi vida.





## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Porque nunca me ha abandonado y me ha permitido alcanzar este triunfo.
<b>Mis padres</b>	Por todo el esfuerzo que realizaron para que yo pudiera estudiar y salir adelante.
<b>Mis hermanos</b>	Por todo el cariño y apoyo, y por estar conmigo en todo momento.
<b>Mi universidad</b>	San Carlos de Guatemala, por ser la casa de estudios en donde he adquirido tantos conocimientos.
<b>Mi facultad</b>	Ingeniería
<b>Plastimax, S.A.</b>	Por el apoyo obtenido en el desarrollo de este trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO.....	V
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVOS.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
6. ALCANCES.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento.....	15
7.2. Mantenimiento.....	16
7.3. Mantenimiento de equipo electrónico.....	24
8. HIPÓTESIS.....	27
9. CONTENIDO DE TESIS.....	29
10. METODOLOGÍA.....	33
11. RECURSOS.....	37
11.1. Recursos físicos.....	37

11.2.	Recursos financieros.....	37
12.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	39
13.	RESULTADOS ESPERADOS.....	41
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	43

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

I.	Presupuesto.....	37
II.	Cronograma de actividades.....	39



## GLOSARIO

<b>Activo</b>	Es un bien tangible o intangible que posee una empresa, y que es utilizado para la fabricación del bien o ayuda a prestar un servicio.
<b>Buje</b>	Elemento de una máquina donde se apoya y gira o traslada un eje.
<b>Cilindro</b>	Actuadores mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal.
<b>Desgaste</b>	Erosión de material sufrida por una superficie sólida, por acción del contacto con otra superficie.
<b>Disponibilidad</b>	Es una medida que nos indica cuanto tiempo está el activo en modo operativo, durante un tiempo estipulado.
<b>Existencia mínima</b>	Cantidad mínima de producto que debe contener un almacén para dar un servicio adecuado.
<b>Hidráulica</b>	En la industria, es la transmisión de energía a través del desplazamiento de un fluido viscoso, generalmente aceite antidesgaste, para realizar movimientos con alta potencia, de forma remota.

<b>Levantamiento de activos</b>	Recopilación de información para la elaboración del inventario físico de activos.
<b>Mantenimiento de clase mundial</b>	Es una opción moderna de la filosofía del mantenimiento, la misma se considera como el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento.
<b>Mantenimiento mayor</b>	Grupo de actividades de mantenimiento preventivo que se programan generalmente una vez al año, y que coincide con un paro de producción que se tenga.
<b>Mantenimiento preventivo</b>	Es el mantenimiento destinado a la conservación de equipos o instalaciones, mediante la revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento.
<b>Máquina extrusora</b>	Es una máquina que alimentada con materia prima por medio de una tolva, hace pasar el material por un tornillo sin fin, dentro de un cilindro caliente; el material se derrite y al ser expulsado se coloca en moldes para obtener la forma deseada.
<b>Materiales consumibles</b>	Son todas aquellas piezas o partes en una máquina que están sujetas a desgaste y tienen un determinado tiempo de vida; son las piezas consideradas para recambio en una intervención de mantenimiento.
<b>Neumática</b>	En la industria, es la transmisión de energía a través del desplazamiento de aire comprimido, para realizar movimientos lineales o rotacionales, de forma remota.



<b>PLC</b>	Dispositivo de control en equipo industrial, contiene toda la lógica del proceso realizado y controla las acciones retroalimentándose por medio de sensores.
<b>Potencia</b>	Parámetro eléctrico que indica la energía que consume un equipo en los motores, tiene relación directa con el torque que ejerce rotacionalmente.
<b>Rutinas de inspección</b>	Conjunto de actividades que se realizan periódicamente, para revisar el estado general de un equipo.
<b>Rutinas de mantenimiento</b>	Conjunto de actividades que se realizan periódicamente, para lubricar, reparar y cambiar piezas que tienen un determinado tiempo de vida útil.
<b>Variador</b>	Dispositivo electrónico que rectifica una entrada de corriente eléctrica y luego la invierte a una frecuencia definida por el usuario, o puede ser variada según sea requerido.
<b>Vida útil</b>	Se refiere al tiempo que una máquina está en condiciones operacionales; en las piezas, se refiere al tiempo que estas pueden funcionar correctamente dentro de la máquina.



## RESUMEN

A nivel mundial, la utilización del plástico para la fabricación de productos de uso cotidiano, ha desplazado a otros productos como la madera, papel y metal; esta no es la excepción a la utilización de botellas plásticas en una cantidad grande de productos.

En Guatemala, la industria de transformación de resinas plásticas en botellas, es bastante competitiva, y cada vez se requiere que estas empresas se vuelvan más eficientes para permanecer en el mercado; una de estas empresas es Plastimax, S.A.

Para este caso en particular, se presenta la gestión del mantenimiento preventivo para la línea de máquinas extrusoras-sopladoras, con un enfoque primordial al equipo electrónico que controla dichas maquinas, de la empresa en cuestión; como forma de mejora en la eficiencia y calidad en las producciones de botellas, utilizando los recursos disponibles para no elevar demasiado el presupuesto asignado al departamento de mantenimiento.

Para poder realizar una buena intervención a una máquina, es preciso conocer a fondo el equipo al que se le hará la intervención y es por eso que gran parte del trabajo se concentra en la búsqueda y análisis de la información de las máquinas.

Con los resultados obtenidos del análisis, en el tercer capítulo se presentan las rutinas de mantenimiento e inspección, además de un análisis de

los conocimientos del personal del departamento de mantenimiento, para que todas las rutinas planteadas puedan ser realizadas eficientemente.

Los últimos dos capítulos están dedicados a lo que se centra este trabajo, constituido por los procedimientos en las intervenciones y el mantenimiento preventivo anual o comúnmente llamado mantenimiento mayor.

# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el nivel de competitividad dentro de las empresas es bastante alto; se busca tener producciones de mayor calidad y ciclos bajos de producción. Para cumplir con estos dos puntos es necesario que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones, con la mayor disponibilidad, con un tiempo alto entre fallas y agregándole tiempo de vida a los equipos; esto se consigue con la ejecución de un mantenimiento estructurado y eficiente.

A continuación se presenta la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la línea de máquinas extrusoras de plástico de la empresa Plastimax, S.A., con un enfoque especial en la parte electrónica de control, como consecuencia de una intervención deficiente que se ha tenido anteriormente y para poder mejorar la calidad de los productos, brindarle más vida a los equipos y que la empresa pueda ser más competitiva en el mercado nacional; todo esto basándose en las técnicas actuales y en conocimientos sobre un mantenimiento de clase mundial.

La sucesión con la que fue llevado a cabo este trabajo obedece a la secuencia sugerida por expertos en el tema y que la transmiten a través de los textos presentados en la bibliografía, y también de conocimientos adquiridos durante el proceso de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Electrónica y el programa de la Maestría de Ingeniería en Mantenimiento.

En el primer capítulo se brinda un panorama general de los conceptos de mantenimiento, base fundamental para alcanzar los objetivos trazados. En el segundo capítulo está incluido el levantamiento de activos realizado en la

empresa Plastimax, S.A., información que permite conocer los equipos con los que se cuenta, detalles técnicos, soporte técnico y puntos de inspección de las máquinas.

El tercer capítulo incluye los formatos para recopilación de datos en las máquinas extrusoras-sopladoras y luego el análisis de los datos obtenidos con métodos estadísticos para generar las rutinas de mantenimiento preventivo y de inspección; además de un análisis de los conocimientos del personal del departamento, para que sean capaces de llevar a cabo lo requerido.

En el cuarto capítulo se presenta el análisis de las piezas sometidas a desgaste durante el trabajo de las máquinas, con lo que se permite generar la documentación de los procedimientos utilizados para realizar el mantenimiento en dichas piezas. En el quinto capítulo, se presenta una sección completa dedicada al análisis y mantenimiento a los equipos electrónicos de control de las máquinas extrusoras.

Como parte final, en el sexto capítulo, luego del análisis de la información recopilada, se presenta un plan de mantenimiento mayor, para programar las actividades que se recomienda realizar para el recambio de piezas de desgaste y brindarle un tiempo de vida más largo a los equipos; en esto también se incluye el listado de las piezas que se requieren para realizar los trabajos, y que pueden ser tomadas como existencias mínimas en el almacén de repuestos de Plastimax, S.A.; esto es de gran importancia que se implemente, ya que con un buen stock de repuestos se logra reducir los tiempos de paro por reparaciones en las máquinas sopladoras-extrusoras.

## 2. ANTECEDENTES

La empresa Plásticos Máximos, S.A., ubicada en 3ra calle 0-81, zona 1, Boca del Monte, Villa Canales, Guatemala, es una empresa guatemalteca que se dedica a la fabricación de envases y tapas para la industria alimenticia, farmacéutica y agroquímica.

A inicios del 2012, se disponía ya de 18 máquinas extrusoras, 10 máquinas inyectoras y 9 máquinas de soplado de alta presión Pet; además de contar con 8 molinos para reciclar material excedente del proceso de soplado e inyección, 13 compresores incluidos de pistones y tornillo, 5 *chille'r* para enfriamiento de moldes a través de agua y una torre de enfriamiento; se tiene una línea de etiquetado y serigrafía que cuenta con 10 máquinas pequeñas, 5 tornos lineales y fresadora CNC.

La empresa está estructurada por departamentos que son: control de calidad, compras, contabilidad, producción, etiquetado, taller de moldes, taller de mecanizado y mantenimiento.

Debido a que los equipos se encuentran conformados por sistemas electrónicos, hidráulicos, neumáticos, mecánicos y eléctricos básicos, que son de uso común en la mayoría de maquinaria industrial, con facilidad se encuentra bibliografía que puede ser utilizada como referencia al momento de considerar los trabajos que se han de realizar a cada componente y los tiempos estimados entre cada intervención.

En el periodo 2010 a 2012, de las empresas que se dedican al moldeado de resinas plásticas, son pocas las que cuentan con un mantenimiento bien conformado, apoyado de herramienta, mano de obra calificada y software para la organización y programación de actividades y consiguiendo los marcadores de resultados para evaluar el desempeño del departamento.

Barrios Flores, José Fernando (1977) presentó una tesis con el título: *Mantenimiento de equipo electrónico básico hospitalario*, que es uno de los pocos trabajos que se han realizado en Guatemala donde se presente como base el mantenimiento a equipo electrónico.

Mejillones Acosta, Juan Francisco (2011) presentó una tesis con el título: “Mantenimiento y operación de una máquina extrusora para fabricar películas de polietileno de alta y baja densidad”, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. En este trabajo relaciona fuertemente el mantenimiento y operación de una máquina extrusora, como consecuencia de que la principal fuente de fallas en un equipo es la mala operación, y debe ser considerada para tomarse en cuenta en el plan de mantenimiento en general.

Posadas Vielman, Julio Carlos Rubén (1999) presentó una tesis con el título: “Plan de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de cintas de polipropileno”, Universidad de San Carlos, Guatemala. En esta se concluye que el principio de extrusión es el mismo tanto en máquinas sopladoras como en máquinas para cintas de polipropileno.

Ramírez Hernández, Julio Francisco (2002) presentó una tesis con el título: “Programa de mantenimiento preventivo de extrusoras para certificación de norma de calidad ISO 9002 en una planta de manufactura de neumáticos”, Universidad de San Carlos, Guatemala. También se tiene el principio de



extrusión en esta máquina, y se puede considerar normas de calidad ISO 9002, que pueden ayudar a hacerlo con una base fundamentada y que se pueda optar en el futuro a una certificación.

Carranza Guzmán, Lenin Rafael (2004) presentó una tesis con el título: “Programa de operación y mantenimiento de extrusoras, para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno”, Universidad de San Carlos, Guatemala. De igual manera, se considera aquí la relación entre la extrusión de las máquinas, y que la materia prima es en principio la misma que en la operación de soplado de botellas.

Sánchez Rodríguez, Ángel P. (2010) publicó un artículo con el título: “La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento”, del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba. En la parte medular de su contenido, se considera como una base importante en el desarrollo de un programa de mantenimiento, porque se debe conocer bien las máquinas que se tienen, para poder intervenir y trabajarlas correctamente.



### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo, para la línea de máquinas extrusoras de la empresa Plastimax, S.A.

#### **Específicos**

1. Realizar un levantamiento de activos para tener una base de datos y un mejor conocimiento de las máquinas con que se conforma la línea de extrusoras de la empresa.
2. Generar formatos para rutinas de mantenimiento preventivo y de inspección de las máquinas, que sea acorde al estado y ritmo de trabajo de las mismas.
3. Generar documentación para procedimientos de mantenimiento en piezas sujetas a desgaste, de las máquinas extrusoras de plástico.
4. Elaborar planes de mantenimiento para equipo electrónico de control de las máquinas extrusoras de plástico.
5. Evaluar el desempeño del personal del departamento de mantenimiento y proponer temas específicos de capacitación.

6. Diseñar el plan de mantenimiento mayor, que considere puntos críticos en las máquinas y partes de recambio.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

Cada día las empresas son más competitivas y por consiguiente se requiere que el producto final que se ofrece, sea de buena calidad y con el precio de producción más bajo.

En la empresa Plastimax, S.A., a finales del 2012, no se contaba con un plan de mantenimiento bien establecido y una guía sobre las intervenciones que se realizan a los equipos, debido a esto y a la creciente competitividad, se elabora este trabajo para que tomado en cuenta, pueda solucionar esta deficiencia y obtener mejores resultados.

El presente trabajo busca estudiar, analizar y encontrar la mejor manera de utilización de los recursos actuales, en la línea de máquinas extrusoras-sopladoras, de la empresa Plastimax, S.A., para generar un mantenimiento estructurado y ejecutar de la mejor manera con el equipo disponible. Generando la mejor calidad de productos finales, con la mejor eficiencia posible y con costos energéticos disminuidos; todo esto producto del buen estado de los componentes que conforman las máquinas, ya que permite ser competitivos dentro del mercado y obtener mayores regalías.

Indirectamente también se obtiene resultados satisfactorios; entre estos se pueden mencionar el costo reducido por reparaciones, minimizar producto desechado o merma en las máquinas, y reducción en gastos de energía para generación de aire comprimido.

Se considera la automatización en los equipos, con apoyo de equipos electrónicos de control (PLC's), disminuyendo variaciones y aumentando la eficiencia. Es preciso mencionar que del funcionamiento erróneo pueden surgir variaciones en el producto, por lo tanto es función del departamento de mantenimiento, el que estas adiciones que se les haga a los equipos, tengan un mantenimiento periódico para garantizar su funcionamiento adecuado.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde sus inicios, Plastimax, S.A., ha crecido desmesurada y desordenadamente; a finales del 2012, la empresa cuenta con 18 máquinas extrusoras-sopladoras que trabajan continuamente sin considerar un plan de mantenimiento preventivo.

En la empresa existe un departamento de mantenimiento conformado por electricistas, mecánicos y soldadores, quienes se dedican únicamente al mantenimiento correctivo y muy poco al mantenimiento preventivo; la parte de mantenimiento a equipo electrónico no está estipulada y las reparaciones se realizan a través del área eléctrica, es egresado a un taller especializado o se adquiere un equipo nuevo; según la magnitud del daño encontrado.

La poca organización no permite que se tenga un tiempo estipulado para la realización de tareas preventivas o correctivas programadas.

Considerando lo mencionado anteriormente surgen las interrogantes:

- ¿Qué mejoras se lograrían con la gestión de un mantenimiento preventivo dentro de la línea de máquinas extrusoras de plástico en la empresa Plastimax, S.A.?
- ¿Qué tanto se conoce sobre las máquinas que actualmente constituyen la línea de extrusoras de plástico en la empresa?

- ¿Cómo se debe iniciar para la estructuración de las rutinas de mantenimiento e inspección?, ¿qué personal debe realizar esas actividades y cuáles son los conocimientos que se requieren para que estas actividades sean desarrolladas de la mejor manera posible?
- ¿Qué debemos hacer para mantener en óptimas condiciones el equipo electrónico que nos permiten operar y controlar las máquinas extrusoras?
- ¿Cómo se puede establecer un precedente y dejar documentado todo, para que puedan ejecutarse acciones acordes a las necesidades del equipo y a las condiciones de operación, permitiendo una intervención rápida y eficiente?

Se ve una oportunidad de mejora que beneficiaría en gran manera la eficiencia de producción y que permitiría mantener la funcionalidad de las máquinas.



## **6. ALCANCES**

Se inicia con levantamiento de activos de las máquinas que conforman la línea de extrusoras de plástico de la empresa Plastimax, S.A., todo lo referente a información que se pueda obtener; esto es necesario para poder conocer las máquinas con las que se cuenta; determinar qué equipo electrónico se tiene dentro de las máquinas, si existen manuales de mantenimiento se puede considerar lo que el fabricante recomienda, analizar los equipos de los que se encuentran constituidas las máquinas y determinar puntos de desgaste o que requieran inspección; saber quiénes pueden ser proveedores de repuestos o incluso reclamos de garantías.

Se realizará una inspección general de los equipos para estructurar rutinas de mantenimiento acorde a cada máquina y formatos para rutinas de inspección para los equipos electrónicos y puntos críticos; permitiendo con esto, el control del estado general y prevención de daños en el estado físico de dichas máquinas, daños que afecten la producción o disminuyan el tiempo de vida de las mismas.

Evaluación individual del personal del departamento de mantenimiento para poder asignarle las labores que puedan ejecutar correctamente y en las áreas que exista deficiencia, investigar y proponer temas de estudio para el personal del departamento.

Cuando ya se tenga suficiente información recabada, se puede entonces elaborar la documentación de soporte ante una intervención de mantenimiento,

que contenga procedimientos para la misma y parámetros de funcionamiento de los equipos.

Se debe generar además, una base de datos en la que se pueda encontrar los repuestos y materiales consumibles en cada intervención; estos repuestos y materiales consumibles pueden ser considerados como existencia mínima en el almacén de repuestos.

Debido a que el presupuesto es una limitante para la implementación de lo presentado en este trabajo, quedará limitado a la gestión y presentación de los resultados; queda a criterio de los directivos de la empresa el poder brindar el presupuesto necesario para continuar con la implementación del mantenimiento preventivo y mantenimiento mayor.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento**

“La actividad empresarial y su forma de gerenciamiento han evolucionado mucho desde la época de la revolución industrial y de manera más reciente con el crecimiento de los servicios. El desarrollo tecnológico y científico, así como el mercado en su sentido más amplio, incluyendo la transportación y las comunicaciones, han determinado muchos de estos cambios, poniendo énfasis en la competitividad y sostenibilidad, vinculadas a su contexto operacional y de mercado.

Por este motivo, los activos físicos como inmuebles, sistemas tecnológicos básicos y sistemas especializados de producción y servicio, que soportan el negocio de la entidad, juegan un rol fundamental y la atención a su comportamiento, durante el ciclo de vida de ellos; es lo que determina y/o contribuye a lograr la competitividad y sostenibilidad.

Es aquí, donde la función mantenimiento debe garantizar el buen desarrollo de los procesos que soportan la vitalidad de las funciones de los activos físicos. Es evidente que la gestión de los activos físicos debe involucrar a toda la empresa, directa o indirectamente y debe estar guiada por estrategias y políticas que respondan y se integren con la gestión empresarial y viceversa.” (Sánchez, 2010).

## 7.2. Mantenimiento

El mantenimiento consiste en una serie de actividades; su ejecución logra alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones; preserva sus funciones y afecta todos los aspectos de una organización: disponibilidad y costos, seguridad, integridad ambiental, eficiencia energética y calidad de productos. El objetivo del mantenimiento de máquinas y equipos se puede definir como: conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene. (Penkova, 2007).

- Mantenimiento industrial: el mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que este alcance su máximo rendimiento. (Olarde W., Botero, M. Cañón, B., 2010).
- Funciones primarias del mantenimiento: el mantenimiento nace de la necesidad de brindar más vida útil a los equipos, asegurar la disponibilidad y el bienestar de los equipos y de las personas que los operen; las funciones primordiales son las siguientes:
  - Reparación de las máquinas: es la función principal del mantenimiento; se realiza con el fin de renovar la disponibilidad de la máquina y que esta pueda volver a su funcionamiento para generar productos y asegurar la calidad de lo que se produce.

- Inspección y lubricación de equipos: esta es una operación esencial complementaria a la reparación de las máquinas. Consiste en un examen regular con el fin de detectar y subsanar posibles causas de fallo antes de que ocurran. Aunado a la limpieza, lubricación y puesta periódica a punto de los elementos de las máquinas, con el fin de optimizar su funcionamiento y durabilidad. Aunque en algunas industrias esta tarea es asignada a grupos de trabajo ajenos al de mantenimiento (incluso externos a la industria de que se trate), la implicación del grupo de mantenimiento en el proceso proporciona un incremento de la estandarización y un mejor seguimiento.
- Gestión de la información relativa al mantenimiento: los sistemas de mantenimiento se basan en la explotación de información histórica. La tarea del grupo de mantenimiento es realizar una gestión, de la información obtenida de todas las intervenciones, con el fin de disponer de un historial de casos y soluciones que permitan en el futuro afrontar los problemas que surjan de la forma más eficiente posible. La gestión está íntimamente relacionada con el tipo de mantenimiento que esté implantado, especialmente con los tipos preventivo y predictivo.
- Modificación de las instalaciones y realización de instalaciones nuevas: esta tarea compete al departamento de mantenimiento, dependiendo generalmente del tamaño de la industria. En industrias pequeñas, esta tarea es habitualmente dada en subcontrato a otras empresas, que siguen las prescripciones de la primera. Sin embargo, las grandes industrias (especialmente las que cuentan con múltiples plantas) en continua expansión suelen disponer de grupo de instalación que puede depender del departamento de

mantenimiento o ser independiente y trabajar en colaboración con este.

- Funciones secundarias del mantenimiento: aparte de las funciones primarias descritas anteriormente, existen algunas otras funciones que pueden estar atribuidas al departamento de mantenimiento por razones de conveniencia o por requerimiento de conocimientos técnicos. Entre las funciones secundarias se encuentran las siguientes:
  - Gestión de almacenes de mantenimiento: la gestión de los almacenes de repuestos de máquinas es una tarea atribuida al grupo de mantenimiento, ya que este realiza su función en relación con estos almacenes.
  - Seguridad de las plantas: en algunos casos, las funciones de seguridad de las plantas industriales se incorporan al departamento de ingeniería de mantenimiento. Estas funciones incluyen la gestión del personal de seguridad, de los equipos de prevención y protección contra incendios y el tratamiento de las recomendaciones de seguridad laboral.
  - Eliminación de residuos: la gestión de los residuos generados por la planta es gestionada desde el departamento de mantenimiento.
  - Otras: como las anteriores, existe una gran multitud de funciones con posibilidad de ser atribuidas al grupo de mantenimiento. Sin embargo, es importante delimitar con gran concreción la autoridad y responsabilidad del grupo ante cada una de estas funciones.

- Mantenimiento de las máquinas eléctricas: tradicionalmente, las máquinas eléctricas se habían considerado como elementos con muy bajo índice de averías, especialmente si se trataba de motores de inducción de jaula de ardilla, que requerían muy poca atención, excepto cuando podían provocar paradas de planta generales. Sin embargo, la tendencia actual de diseñar máquinas de bajo coste hace que los materiales utilizados trabajen más cerca de sus límites de resistencia mecánica y electromagnética. Por este motivo, y en especial cuando el motor trabaja en ambientes hostiles, la posibilidad de deterioro progresivo se incrementa.

Teniendo en cuenta que con frecuencia los motores eléctricos se encuentran en puntos vitales de sistemas de una gran complejidad, y que los criterios industriales actuales tienden hacia una producción de elevada calidad y sin interrupciones, se hace cada vez más necesario el control de su funcionamiento para detectar los indicios de avería.

Además, la información obtenida de la vigilancia continua o periódica del funcionamiento de la máquina, proporciona datos de gran utilidad sobre su estado interno, pudiendo de este modo ser prevista una gran cantidad de fallos: rotura y agrietamiento de barras y anillos de cortocircuito, excentricidades estáticas y dinámicas, desequilibrios y desalineaciones mecánicas, fallos en los cojinetes, pérdida de alguna fase, cortocircuitos entre espiras, imperfecciones en el circuito magnético, degradación de los aislantes, entre otros. De este modo, se evita la aparición de averías que pueden ser peligrosas para el personal o críticas para el sistema de producción.

Conlleva aparejado una reducción de los costes y un incremento en la disponibilidad de la planta y calidad de la producción.

- Planeación del mantenimiento: permite programar proyectos a mediano y largo plazo de las acciones de mantenimiento, que dan lugar al funcionamiento de las operaciones en la industria. Entre las ventajas que se adquieren al ejecutar adecuadamente un programa planificado de mantenimiento se pueden mencionar:
  - Menor consumo de horas hombre
  - Disminución de inventarios
  - Menor tiempo de parada de equipos
  - Mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento
  - Mejora la productividad: eficiencia - eficacia
  - Ahorro en costos

Entre los principios de planeación están:

- La planeación del mantenimiento está centrada en la producción. El trabajo es para evitar, reducir y corregir fallas.
  - La planeación se centra en los procesos. Todo mantenimiento debe seguir un proceso preestablecido y planificado, según el manual de mantenimiento de la empresa.
  - La planificación ayuda a evaluar y mejorar la ejecución del mantenimiento y la producción en la industria, para el mejoramiento continuo.
- Manual de mantenimiento: refleja la filosofía, política, organización, procedimiento de trabajo y de control de mantenimiento en la empresa. Este debe ser dinámico, adaptándose periódicamente en su contenido,



con la eliminación de las instrucciones para deberes y obligaciones que están obsoletas y agregando instrucciones para las nuevas obligaciones. En el manual de mantenimiento se indicará la misión y visión de la empresa, las políticas y objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, de control y las acciones correctivas. Es importante señalar que deben incluirse solo los procedimientos que se aplican, y las instrucciones en un lenguaje afirmativo.

- El plan de mantenimiento: el objetivo de un plan de mantenimiento es conseguir la máxima disponibilidad y fiabilidad de una planta, tanto a corto como a largo plazo, al mínimo costo. El plan de mantenimiento puede verse como un conjunto de tareas individuales, cada una de ellas con entidad propia y generadora por sí misma de una orden de trabajo y de un informe de realización. Es importante agrupar las tareas de acuerdo con las características comunes, para hacer más sencillo el proceso.

El momento óptimo para la realización del plan de mantenimiento, es en la fase de construcción de la planta; este debe ponerse en marcha desde el primer día de labores productivas. Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el de que sean las averías las que dirijan la actividad del departamento de mantenimiento. Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta.

- Planificación del mantenimiento: una vez elaborado el plan de mantenimiento, se procede a planificar lo estipulado en dicho documento.

Planificar significa: estipular cuándo, el tiempo requerido y quién realizará cada una de los grupos de tareas fijadas. Deben tomarse en cuenta los siguientes tipos de planificación, en relación con la durabilidad considerada:

- Planificación diaria: es necesario determinar las horas precisas en que se realizarán, y quién es el responsable de llevarlas a cabo.
- Planificación semanal: exige determinar qué día de la semana se ejecuta cada una de las tareas, y el responsable las mismas.
- Planificación mensual: estas se planifican con cierto margen de realización. Puede ser conveniente, por ejemplo, programar la semana del año en que se realizará cada tarea mensual, permitiendo que a medida que se acerque la fecha de realización, se preparen los repuestos necesarios y pueda programarse con más exactitud.
- Planificación anual: se estructura conforme a la planificación anual de producción. Se especifican todas las actividades de mantenimiento y los recursos a utilizar en las mismas. Debe programarse igualmente con margen de tiempo de realización mayor, incluso que el anterior. En este caso, puede ser conveniente programar el mes en que se realizará el mantenimiento de los equipos que componen la planta.
- Plan de mantenimiento inicial basado en instrucciones genéricas: el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas se compone de las fases siguientes:
  - Fase 1. Listado de equipos significativos: del inventario de equipos de la planta deben listarse aquellos que tienen una criticidad

suficiente; a estos equipos se le deben asociar tareas de mantenimiento. El listado puede incluir motores, bombas, válvulas, determinados instrumentos, filtros, depósitos, entre otros. Una vez listados, es conveniente agrupar los equipos por tipos, a manera de saber cuántos tipos de equipos críticos hay en el sistema que se analiza.

- Fase 2. Tareas genéricas: para cada uno de los tipos de equipos, se debe preparar un conjunto de tareas genéricas que les serían de aplicación. Así, se puede preparar tareas genéricas de mantenimiento para transformadores, motores, bombas, válvulas y equipos afines.
- Fase 3. Aplicación de las tareas genéricas a los diferentes equipos: para cada motor, bomba, transformador, válvula, se aplicarán las tareas genéricas preparadas en el punto anterior, de manera que se obtendría un listado de tareas referidas a cada equipo concreto.
- Fase 4. Consulta a manuales: es en este punto, y no al principio, donde se incluyen las recomendaciones de los fabricantes.
- Fase 5. Obligaciones legales: es necesario asegurar el cumplimiento de las normas reglamentarias referentes a mantenimiento que puedan ser de aplicación.
- Cronograma: es una programación específica de las actividades de mantenimiento en el tiempo. Se puede trazar cronogramas a mediano y largo plazo, proyectando una visión para el desarrollo de la industria en forma efectiva.

### **7.3. Mantenimiento de equipo electrónico**

Los equipos electrónicos son un conjunto de bloques vinculados entre sí, dirigidos a conseguir el funcionamiento de equipos productivos, industriales, de telecomunicación, entre otros, cuya fuente de energía principal es la electricidad; Están colocados, por normativa y seguridad, dentro de armarios metálicos o carcasas denominados “Paneles Eléctricos”.

Debido a su funcionalidad requiere, después de su puesta en marcha, de un mantenimiento que consistirá en lograr:

- Mantener el equipo en un buen nivel de operación.
- Reducir al mínimo el tiempo de parada en la producción.
- Reducir al mínimo el costo de una intervención.
- Investigar continuamente las causas y buscar las soluciones para las paradas de emergencia y los fallos más repetitivos.
- Analizar continuamente los resultados del mantenimiento y aconsejar las medidas necesarias para su mejoramiento.
- Controlar que se respeten las políticas, procedimientos y normas del sistema de mantenimiento.

Para ejecutar los trabajos de mantenimiento en equipos electrónicos, es necesario tener:

- El personal con conocimientos en electrónica.
- Herramienta, equipo y repuestos para poder realizar una intervención
- Documentación que indique qué, cuando y como se debe realizar el trabajo.

Cuando la intervención obedece a una reparación requerida, previamente es necesario haber detectado la avería y tener el repuesto adecuado.

Una vez concluida la fase de puesta en marcha del sistema de mantenimiento, tendremos la necesidad de ir completando el sistema, mediante la introducción de los datos; Estos deben ser completos y exactos. Después de cargar datos suficientes para su organización y uso, podremos obtener información complementaria mediante estudios estadísticos y de análisis. La información podrá ser almacenada en los documentos correspondientes a la toma de datos, y archivadas o con posterioridad a la toma, serán incluidos en el sistema informático de mantenimiento.

El sistema de mantenimiento en equipo electrónico es un conjunto coherente de políticas, procedimientos y normas que permiten ejecutar y controlar el mantenimiento mediante la realización de las siguientes actividades:

- Planificación e Inspección
- Ejecución
- Análisis y control



## 8. HIPÓTESIS

Con las mediciones y análisis de los resultados se espera encontrar dispositivos que están trabajando fuera de sus condiciones de operación; entre las variables a considerar están las siguientes:

- Potencia: en motores, resistencias, transformadores.
- Corrosión y falsos contactos en equipo eléctrico y electrónico.
- Temperatura: en paneles eléctricos, equipo electrónico, motores, motorreductores, transformadores, interruptores de potencia, paneles eléctricos, bujes, barras y cojinetes lineales.
- Desgaste: en todas las piezas en movimiento y cilindros neumáticos e hidráulicos.
- Niveles: de lubricantes y aceite hidráulico, fluctuantes por efectos de fugas.

Con el análisis de calidad de energía se podrá verificar que existe un mal aprovechamiento de la energía eléctrica que podrá ser corregido, y conseguir disminuir el consumo de energía eléctrica.

Los mantenimientos preventivos que se realizan no son programados o se realizan fuera de periodos recomendados; en ocasiones se realiza un gasto

innecesario en repuestos que aún están trabajando en buenas condiciones, aumentando el presupuesto o gastándolo en intervenciones no requeridas.



## **9. CONTENIDO DE TESIS**

El contenido de la presentación final del documento se desglosará así:

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

### **CAPÍTULO 1: CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO**

- 1.1. Técnicas de mantenimiento
- 1.2. Rutinas de mantenimiento
- 1.3. Mantenimiento a sistemas electrónicos
- 1.4. Mantenimiento a sistemas eléctricos
- 1.5. Mantenimiento a sistemas mecánicos
- 1.6. Mantenimiento a sistemas neumáticos e hidráulicos

### **CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE ACTIVOS Y TOMA DE DATOS**

- 2.1. Ficha técnica de máquinas de extrusión-soplado
- 2.2. Detalles técnicos y manuales de servicio
- 2.3. Generación de listado de puntos de inspección y recopilación de datos

## CAPÍTULO 3: RUTINAS DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN

- 3.1. Formatos para recopilación de datos
- 3.2. Análisis de datos y creación de límites de trabajo de los equipos
- 3.3. Rutinas de mantenimiento preventivo para la línea de máquinas extrusoras de plástico
- 3.4. Rutinas de inspección para la línea de máquinas extrusoras de plástico
- 3.5. Personal en el departamento de mantenimiento

## CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTOS DE INTERVENCIONES

- 4.1. Piezas sujetas a desgaste
- 4.2. Procedimientos de intervención en equipos convencionales
- 4.3. Procedimientos de intervención en equipos especiales

## CAPÍTULO 5: MANTENIMIENTO A EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL

- 5.1. Determinación del ambiente de trabajo de los equipos electrónicos
- 5.2. Consideraciones para mejora de ambiente de trabajo
- 5.3. Rutinas de mantenimiento e inspección en equipo electrónico y paneles eléctricos

## CAPÍTULO 6: MANTENIMIENTO MAYOR

- 6.1. Listado de actividades para mantenimiento mayor
- 6.2. Listado de repuestos y partes de recambio
- 6.3. Almacén de repuestos

## PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES  
RECOMENDACIONES  
BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS



## 10. METODOLOGÍA

Considerando que el problema se basa en la deficiencia de un mantenimiento que cumpla con los requerimientos necesarios para salvaguardar los equipos electrónicos, no comprometer el estado físico de las máquinas y por consiguiente el de la producción, y contemplando llevar el desarrollo actual a uno de nivel competitivo, se plantean las siguientes etapas:

- Primera etapa. Levantamiento de activos: recopilación de toda la información posible de las máquinas y del equipo electrónico de control de cada una de estas, de la literatura que se encuentre en la empresa y la que los proveedores puedan suministrar. En la mayoría de los casos, junto al manual proporcionado por el proveedor de los equipos, viene una sección dedicada al mantenimiento de los mismos; esta información es valiosa puesto que quienes más conocen los equipos son los que los han diseñado y creado.
- Segunda etapa. Rutinas de mantenimiento preventivo: realizar mediciones del estado actual de los equipos y estudio de los equipos, con base en la información ya recabada en el levantamiento de activos, para que luego de tener estas dos informaciones se puedan generar las rutinas de mantenimiento y de inspección, acordes a cada una de las máquinas. Esta fase es de suma importancia debido a que si los datos no son tomados con precaución, no se obtendrán los resultados requeridos o simplemente no se obtendrá algún resultado. Se dividirán en varias etapas, según el sistema al que corresponda cada elemento que componga al equipo; para

efectos prácticos se desglosará de la manera que a continuación se describe.

- Sistema electrónico: en esta sección se realizará un análisis del ambiente en el actualmente se encuentran laborando los equipos electrónicos, entre los parámetros significativos para una operación optima y bajo deterioro, se encuentra la temperatura, humedad en el ambiente, atmósfera corrosiva y falsos contactos en partes de potencia. Teniendo evaluado lo primero se procederá a considerar las mejoras para un mejor desempeño de estos equipos electrónicos y por último se presentan las rutinas de mantenimiento e inspección del equipo electrónico.
- Sistema eléctrico: en esta parte se incluirán datos de todas las partes eléctricas para formar una ficha técnica del equipo, placas de motores, marcas y modelos de PLC, variadores, pantalla, relés, termocoplas, transformadores, entre otros. También se realizarán mediciones eléctricas a cada componente que conforme el equipo, para tener una referencia de consumos eléctricos en motores, resistencias, cuchilla térmica, y cualquier otro equipo eléctrico. Además, se estudiarán las partes de desgaste en motores para tener conocimiento de estas, tales como cojinetes, acoples mecánicos, ventiladores, etc.
- Sistema neumático: se considerarán todos los dispositivos que formen parte de este sistema de equipos, tales como electroválvulas, cilindros neumáticos, válvulas de escape rápido, silenciadores y unidades de mantenimiento. El consumo de aire por máquina depende del envase que se esté formando, por esta razón solo se

formulará una manera rápida de realizar el cálculo y será presentada en este mismo trabajo.

- Sistema hidráulico: serán tomadas en cuenta la bomba y válvulas hidráulicas, cilindros hidráulicos, mangueras (forma y largo), sellos y empaques dentro de los equipos y se analizará la función de cada uno de ellos.
- Sistema mecánico: en esta parte serán tomadas mediciones mecánicas, tanto de desplazamiento como de las piezas sujetas a desgaste, retenedores, regímenes de lubricación, tipo de lubricantes, alineación de piezas, etc.
- Tercera etapa. Procedimiento de intervenciones: en esta etapa, con apoyo de la literatura sobre los equipos y la información proveniente de la segunda etapa, se generará la documentación que permita tener el soporte ante una intervención en los equipos, procedimientos como mantenimiento en paneles eléctricos, eliminación de falsos contactos, limpieza de intercambiadores de temperatura, cambio de rodamientos en motores y cajas reductoras, alineación y tensado de fajas y/o cadenas de transmisión de potencia, cambio de aceite hidráulico y de aceite en cajas reductoras, cambio de vejigas en acumuladores de nitrógeno, periodos y cantidades en lubricación de partes sujetas a desgaste, mantenimiento eléctrico a los dispositivos de potencia.
- Cuarta etapa. Análisis del personal requerido: cuando ya se cumplió con las primeras dos etapas, se puede determinar la cantidad y calidad de mano de obra que se requiere para realizar las actividades requeridas de la mejor manera posible; por eso en esta etapa se realizará un análisis del

personal que actualmente labora dentro del departamento de mantenimiento, para ver si se cubren los requerimientos o si es necesario capacitar al personal en los temas en los que existan deficiencia.

- Quinta etapa. Mantenimiento mayor: como parte final en este trabajo, basado en el estudio realizado de los equipos, se indicará un listado de actividades a realizar para un mantenimiento mayor en las máquinas, dentro de un año calendario; este puede ser tomado como base para un mantenimiento mayor durante un paro de producción o para ser llevado a cabo progresivamente durante un año transcurrido. Para que sea completo, se realizará el análisis de las piezas de recambio que serán utilizadas en este mantenimiento mayor y que pueden constituirse como la existencia mínima en el almacén de repuestos.



## 11. RECURSOS

Es preciso mencionar que el equipo que se va a utilizar es el que ya existe en la empresa, y la mano de obra de los técnicos será proporcionada por Plastimax, S.A.

### 11.1. Recursos físicos

Será necesario el empleo del personal del Departamento de Mantenimiento, 3 electricistas y 2 mecánicos, para la toma de muestras y mediciones. Estudiante y asesor, ambos con estudios de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.

Equipo de medición eléctrica tales como multímetro, amperímetro, etc. y equipo para mediciones mecánicas como vernier, metro, nivel de precisión, torquímetro, etc., y herramientas varias para montaje y desmontaje de equipos.

### 11.2. Recursos financieros

Tabla I. Presupuesto

Mano de obra	Hora	Total
Técnicos para toma de datos	Q20,00	Q6 900,00
Asesoría		Q2 000,00
Estudiante	Q100,00	Q24 000,00
Van		Q32 900,00

Continuación de la tabla I.

Vienen		Q32 900,00
Equipo		Valor
Multímetro		Q1 500,00
Amperímetro		Q3 500,00
Vernier		Q1 800,00
Metro		Q300,00
Nivel de precisión		Q450,00
Herramientas varias		Q1 000,00
Total		<b>Q41,450.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## 12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla II. Cronograma de actividades

Tiempo	2012							2013		
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	
<b>Actividades</b>										
Curso Seminario 2										
Estructuración de protocolo										
Planteamiento del problema, justificación										
Antecedentes, objetivos										
Alcances, hipótesis										
Revisión por catedrático, Seminario 2										
Recursos, resultados esperados										
Revisión por asesor de tesis										
Referencias, marco teórico										
Revisión por coordinador de área, postgrado										
Metodología, recursos										
Revisión por director de escuela de postgrado										
Contenido de tesis										
Revisión por especialista, área de lingüística										
Revisión final										

Fuente: elaboración propia.



### **13. RESULTADOS ESPERADOS**

- Estudio y propuesta de reducción del consumo energético.
- Mejor manejo del tiempo empleado y de los recursos utilizados en el desempeño del departamento de mantenimiento.
- Generar rutinas que permitan controlar y mantener los equipos en óptimas condiciones.
- Reducción de paros en equipos por fallas inesperadas y aminorar los daños que estas fallas provoquen.
- Ampliar tiempo de vida de equipos electrónicos y de la maquinaria en general.



## 14. BIBLIOGRAFÍA

1. Barrios, J. F. (1977). *Mantenimiento de equipo electrónico básico hospitalario*. (Tesis inédita de Ingeniería). USAC. Guatemala.
2. Bolaños, G. (2005). *El ABC del mantenimiento*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
3. Cabañas, M.F., García, M., Orcajo, G.A., Cano, J.M., Solares, J. (1998). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotatorias*. España: Marcombo boixareu editores.
4. Duffuaa, S.O., Raouf A., Campbell J.D. (2007). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. México: Limusa Wiley.
5. Massiah, J. (2010). *Estadística básica aplicada al mantenimiento*. [en línea]. [Consulta: noviembre de 2012]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos62/estadistica-aplicada-mantenimiento/estadistica-aplicada-mantenimiento.shtml>
6. Mosquera, G., Piedra, M., Armas R. (2000). *Las vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo*. Cuba: Universidad Central de Cuba, La Habana.
7. Navarro, J. (2004). *Técnicas de mantenimiento industrial*. [en línea]. [Consulta: noviembre de 2012]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/18358130/Libro-de-Mantenimiento-Industrial>

8. Noriega, F.G., Altamirano, F.L. (1988). *Equipos industriales: guía práctica para su reparación y mantenimiento*. México: McGraw-Hill.
9. Parra, C.A., Crespo, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. España: Ingeman.
10. Pérez, O., Company, R. (2011). *Cómo ser un buen profesional eléctrico: mantenimiento eléctrico y solución de averías*. Colombia: Ediciones de la U.
11. Quan, J. (2010). *Diagnóstico de fallas por medio de espectros de frecuencia con análisis de vibraciones como técnica de mantenimiento predictivo a ventilador de tiro inducido de caldera para incrementar su disponibilidad*. (Tesis inédita de maestría). USAC. Guatemala.
12. Sánchez, A.P. (mayo-agosto 2010). *La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento*. Revista de Ingeniería Mecánica, vol. 13, núm. 2. Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
13. Sánchez F.T., Pérez A., Sancho J.L., Rodríguez, P.J. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España: Universitat Jaume.
14. Smeaton, R.W., Altamirano, F.L., Noriega, F.G. (1991). *Motores eléctricos: selección, mantenimiento y reparación*. México: McGraw-Hill.
15. Velásquez, L.A. (2004). *Diagnóstico de problemas mediante análisis de vibraciones. Enfoque en bombas centrífugas del sistema de enfriamiento de motores de combustión interna de una planta de generación de energía eléctrica y ventiladores de tiros mecánicos de calderas*



*acuotubulares en un ingenio.* (Tesis inédita de ingeniería). USAC.  
Guatemala.

