

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINAS
SOPLADORAS DE ENVASES PET

MELCOM ANDRES BARROS NAVARRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINAS
SOPLADORAS DE ENVASES PET

MELCOM ANDRES BARROS NAVARRO

Trabajo de grado para optar el título de especialista en gerencia de mantenimiento

Director

PEDRO JOSE DIAZ GUERRERO

Magíster En Métodos Numéricos Aplicados Al Cálculo Y Construcción De
Elementos Triangulares De Tensión Y Deformación Plana Con KRATOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERA MECANICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

DEDICATORIA

A dios, por iluminarme y darme la sabiduría necesaria para sacar esta monografía adelante.

A mis padres Melcom y Rocio por apoyarme incondicionalmente.

A mi esposa por su colaboración, comprensión, paciencia y entrega.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	14
1.1. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA.....	14
1.2. UBICACIÓN.....	15
1.3. MISIÓN:.....	16
1.4. VISIÓN:	17
1.5. PROCESO:.....	17
2. OBJETIVOS.....	23
2.1. Objetivo General:.....	23
2.2. Objetivos Específicos:	23
3. MARCO TEORICO.....	24
3.1. Tipos de Mantenimiento.....	27
4. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	33
5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	34
6. SISTEMATIZACION.....	34
7. JUSTIFICACIÓN.....	35
8. IDENTIFICACION DEL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
9. IDENTIFICACION DEL CAMPO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
10. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESÍS.....	36
11. ANALISIS DE LITERATURA RECOPIADA.....	37
12. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	40
12.1. ETAPA 1. Capacitación del personal:.....	40
12.2. ETAPA 2. Estudio de máquinas y asignación de códigos:	51
12.4 ETAPA 4. Diseño del plan de mantenimiento o Planeación del mantenimiento preventivo.....	60
12.5 ETAPA 5. Proceso mantenimiento preventivo y planeado rápido:	66
13 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	79
14 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	80
15 RECOMENDACIONES.....	81

16 BIBLIOGRAFÍA.....82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Configuración e identificación de la empresa.....	42
Tabla 2. Rutas de inspección y criticidad.....	43
Tabla 3. Información sobre los equipos.	44
Tabla 4. Mantenimiento actual.	45
Tabla 5. Antecedentes de costos de mantenimiento.	46
Tabla 6. Efectividad del mantenimiento actual.....	47
Tabla 7. Nombre y códigos de las maquinas.	51
Tabla 8. Encuesta de análisis de criticidad.	54
Tabla 9. Criticidad de las maquinas.	55
Tabla 10. Lista de chequeo diario.	58
Tabla 11. Ficha técnica.....	63
Tabla 12. Orden de trabajo.	64
Tabla 13. Reporte de orden de trabajo.	65
Tabla 14. Modos de falla del sistema de seguridad.	66
Tabla 15. Modos de falla del sistema de lubricación.....	67
Tabla 16. Modos de fallas del sistema eléctrico.....	68
Tabla 17. Modos de falla del sistema mecánico.	69
Tabla 18. Modos de falla del sistema neumático.	71
Tabla 19. Modos de falla del sistema de control.	72
Tabla 20. Parámetros para la temperatura.	73
Tabla 21. Parámetros para soplado.....	76
Tabla 22. Cronograma de actividades.	79
Tabla 23. Presupuesto del proyecto.	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logotipo de la empresa.....	14
Figura 2. Fachada exterior.....	15
Figura 3. Mapa de ubicación.....	15
Figura 4. Foto desde el aire de las instalaciones.....	16
Figura 5. Productos.....	16
Figura 6. Preforma y envase.....	18
Figura 7. Secuencia de soplado.....	19
Figura 8. Horno calentador de preformas.....	20
Figura 9. Molde y su refrigeración.....	21
Figura 10. Maquinas.....	21
Figura 11. Plano de la empresa.....	40
Figura 12. Tabla de criticidad.....	55
Figura 13. Controladores de temperatura.....	68
Figura 14. Horno y velas del horno.....	69
Figura 15. Motor del horno.....	70
Figura 16. Bandeja porta molde.....	70
Figura 17. Mangueras neumáticas.....	71

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINAS SOPLADORAS DE ENVASES PET

AUTOR: MELCOM ANDRES BARROS NAVARRO.

PALABRAS CLAVES:

El mantenimiento preventivo es considerado como una actividad planeada, el cual tiene el propósito de mantener el equipo, instalaciones o plantas operando a su máxima eficiencia de trabajo, impidiendo que se produzcan paradas forzosas o imprevistas. Lo principal de este mantenimiento es inspeccionar equipos y detectar las fallas en el inicio para controlarlas y corregirlas de manera oportuna.

El presente trabajo de grado tiene como propósito diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa BOLTEN LTDA. Esta una empresa que produce envases plásticos de diferentes referencias, cuentan con 10 máquinas sopladoras, para cada una de estas se utilizan distintos moldes y proformas. Para comenzar se realizó un inventario y levantamiento técnico sobre la información de los equipos, con el objetivo de hacer un análisis para determinar la criticidad de los equipos y con estos resultados tomar decisiones de los equipos que se deben intervenir de forma inmediata y de los que no, ya que realizando un estudio en la producción se percató de la cantidad de envases que salían malos cuando no se establecían bien los parámetros ya sea porque la temperatura ingresada estaba errada y requería ser nuevamente calibrada o que los moldes y proformas no cumplían con las especificaciones requeridas.

La siguiente investigación pretende que la productividad de los equipos de la empresa aumente, para así ser más competitiva en el mercado a nivel nacional e internacional y describir las posibles variaciones que podrá tener la empresa BOLTEN LTDA para mejorar la calidad.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Pedro José Díaz, Ingeniero Mecánico

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR PACKAGING PET MACHINES

AUTHOR: MELCOM ANDRES BARROS NAVARRO

DESCRIPTION:

Preventive maintenance is considered a planned activity, which has the purpose of maintaining equipment, facilities or plants operating at maximum working efficiency, preventing forced or unforeseen stops. The main thing of this maintenance is to inspect equipment and detect failures in the beginning to control them and correct them in a timely manner.

The objective of this degree project is to design a preventive maintenance plan for the company BOLTEN LTDA. This company produces plastic products of different brands, has 10 blow molding machines, for each of these different molds and preforms. To begin, an inventory and technical survey was carried out on the information of the teams, with the objective of making an analysis to determine the criticism of the teams and the results of these, that must be intervened immediately and of those that do not. , since carrying out a study in the production was aware of the amount of packaging that went bad when the parameters of the sea were not well established because the entered temperature was wrong and required a new calibration or that the molds and forms were not complied with the required requirements.

The following research aims to increase the productivity of the company's equipment, in order to be more competitive in the national and international market and describe the possible variations that BOLTEN LTDA may have to improve quality.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Pedro José Díaz, Ingeniero Mecánico

INTRODUCCIÓN

Todas las empresas se componen de edificaciones, equipos e instalaciones, en donde se fabrican productos u ofrecen servicios. Con el tiempo en dichos elementos van apareciendo una serie de desgastes, causados tanto por el hombre como por el mismo ambiente en el que se encuentran; estos deterioros afectan la disponibilidad de las máquinas y estas a su vez afectan negativamente la productividad, incrementan los costos de mantenimiento y ponen en un riesgo la seguridad de los mismos operarios y trabajadores de la planta, de esta manera las empresas no cumplen con los objetivos por los cuales fue establecida la organización. Por eso todos los equipos y herramientas necesitan un uso adecuado y mantenimientos permanentes y que incrementen la vida útil de los mismos, para así poder cumplir con determinados parámetros que van a llevar a un producto o servicio de calidad. Por tal motivo el objetivo de este proyecto es el de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladoras de envases PET de la empresa BOLTEN LTDA., la cual se dedica a producir envases plásticos para cosméticos, perfumera, aseo personal, aseo del hogar, veterinaria entre otros, enfocada a prestar un excelente servicio y producir productos de excelente calidad.

A continuación, se presentará una propuesta de proyecto, en el que se busca implementar un plan de mantenimiento preventivo en máquinas sopladoras de envases PET en la planta de procesamiento de BOLTEN LTDA., con la finalidad de mejorar y prevenir algunos modos de fallas en las máquinas, para así extender su vida útil y contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales en instalaciones, equipos, sistemas de equipos, flotillas y otros activos.

Para esto se hace necesario planear algunas tareas, para evitar que las funciones

mencionadas anteriormente dejen de ejecutarse debido a imprevistos. De esta manera será más eficiente la producción debido a que aumentará la confiabilidad y disponibilidad en dichas máquinas.

Con este proyecto se mostrará de forma explícita cada uno de los pasos de la fabricación del plan de mantenimiento. Esta sucesión de procedimientos permitirá que se normalice y se mejore el funcionamiento de las máquinas de la planta procesadora de envases PET en BOLTEN LTDA.

Este plan de mantenimiento preventivo además de cumplir con su labor, que es mantener siempre en funcionamiento las máquinas en la empresa también funcionará como pieza clave para conservar la calidad en los productos en esta empresa, de esta manera será más eficaz la labor de los mecánicos, el ambiente laboral se tornará más agradable y trayendo como resultado la tranquilidad ya que se mostrará un trabajo más seguro.

1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA.

Figura 1. Logotipo de la empresa.



Fuente: La empresa.

BOLTEN LTDA. Es una empresa con 24 años de experiencia en el mercado de empaques para las industrias cosmética y perfumera, aseo personal, aseo del hogar, veterinaria, automotriz, entre otros. Nuestra empresa inició con la venta de bombas para productos líquidos y cremas, obteniendo en corto tiempo una alta penetración en el mercado nacional. Posteriormente se agregaron otras líneas de productos como envases Pet, empaques cosméticos, envases en vidrio, diferentes tipos de bombas dosificadoras y tapas, ampliando de esta manera el portafolio de productos que nos identifica en el mercado como una empresa innovadora en empaques.

1.1. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA.

Razón social:

- Bolten limitada.

Sector:

- Plástico.

Actividad económica:

- Empresa dedicada a la producción y distribución de envases plásticos para uso de empaques para la industria cosmética y perfumera, aseo personal, aseo del hogar, veterinaria, automotriz entre otras, ubicada en Barranquilla-Colombia.

1.2. UBICACIÓN.

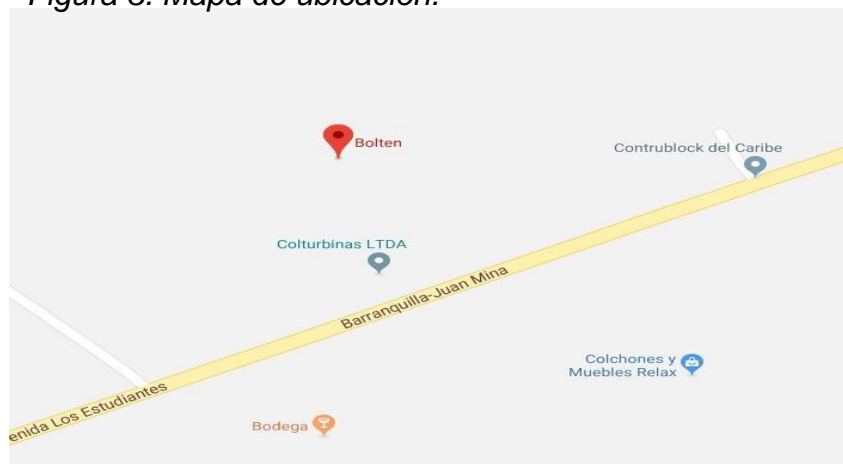
Barranquilla - Colombia

Vía Juan Mina km 5 margen derecho.

Figura 2. Fachada exterior.



Figura 3. Mapa de ubicación.



Fuente: Google maps 2018 disponible en internet: <<https://www.google.es/maps>>

Figura 4. Foto desde el aire de las instalaciones.



Figura 5. Productos.



Fuente: La empresa.

1.3. MISIÓN:

BOLTEN LIMITADA, es una empresa dedicada a desarrollar, fabricar, acondicionar y comercializar empaques especializados para el uso cosmético, aseo personal y hogar entre otros. Buscamos satisfacer las necesidades del cliente ofreciéndoles innovación, versatilidad y funcionalidad en nuestros

Empaques, asegurándonos de brindarles la mejor atención y asesoría mientras que velamos por el mejoramiento integral de nuestro recurso humano.

1.4. VISIÓN:

Para el año 2018 BOLTEN LIMITADA, se proyecta como una empresa líder en el mercado nacional e internacional en la comercialización de un amplio portafolio de productos innovadores, fabricados con alta tecnología y asegurando una excelente calidad, siempre cumpliendo la promesa de satisfacción con nuestros clientes.

1.5. PROCESO:

Las máquinas sopladoras¹ PET fabrican botellas que utilizamos día a día, por ejemplo, para tomar agua o nuestras bebidas favoritas. El Tereftalato de Polietileno, mejor conocido como PET, es uno de los tipos de plástico más usados en la actualidad. Su denominación técnica es polietilén tereftalato o politereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo.

Es comúnmente utilizado por las empresas dedicadas a proveer agua mineral, jugos, lácteos y químicos. Se calcula que al menos 12 millones de toneladas de PET se generan anualmente en el mundo y que cada año tiene un aumento porcentual de 6%.

Entre las ventajas de la fabricación de las botellas PET se encuentra su fuerte composición que las hace prácticamente irrompibles, la utilización de un material 100% reciclable, higiénico y sobre todo ligero, lo que permite su fácil trasportación. A estas ventajas se le une la transparencia del envase.

¹ <https://www.bmimachines.com/todo-sobre-las-maquinas-sopladoras-pet/>

El PET se fabrica mediante la combinación de un compuesto orgánico inodoro e incoloro llamado etilenglicol con ácido tereftálico.

La resina de PET se funde para crear una figura similar a la de un tubo de ensayo, diseñada con la capacidad de tomar cualquier forma o grosor. La apertura del cuello de la botella ya está presente en su forma final y recibe la tapa al culminar el proceso de fabricación. Este tubo se denomina preforma, es la primera figura y se produce mediante un proceso de alta velocidad llamado moldeado de inyección.

Figura 6. Preforma y envase.

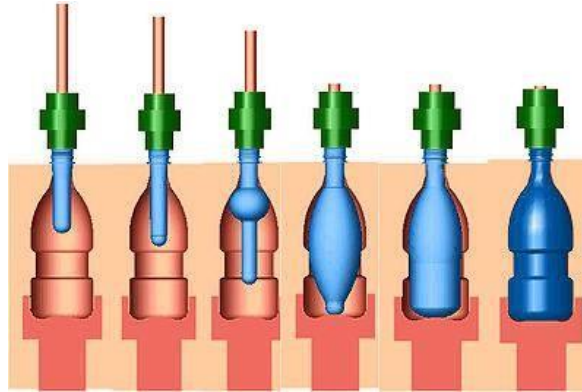


Esta preforma no se hace en la empresa, este producto se adquiere con proveedores.

Funcionamiento del moldeo por soplado, en general, todos los procesos de moldeo por soplado consisten en obtener una preforma, que es un elemento tubular o en forma de tubo de ensayo, fijarla dentro de un molde de soplado y, a una temperatura específica de cada material para que tenga consistencia suficiente, inyectar aire en su interior para que se adapte a las paredes del molde,

permitir su enfriamiento bajo presión y abrir el molde para extraerla cuando ha alcanzado suficiente consistencia.

Figura 7. Secuencia de soplado.



conceptos básicos del proceso, el moldeo por soplado ofrece una serie de ventajas sobre otros procesos de gran serie, como la inyección, en tanto que permite contrasalidas, posibilidad de variar el espesor de pared y, en función de las bajas presiones utilizadas (0,2-1,0 MPa), bajas tensiones residuales. Presenta, al mismo tiempo, factores de coste favorables.

El proceso permite utilizar plásticos con un peso molecular más elevado que, por ejemplo, la inyección, por lo que es posible obtener paredes más delgadas y resistencias más elevadas a igualdad de peso, y mejor comportamiento a los agentes ambientales y productos químicos que producen fisuración por tensiones. Básicamente, el proceso consiste en obtener una preforma (que tiene el aspecto de un tubo de ensayo o un tramo de tubo), situarla en un molde hueco en dos piezas que pinza o no uno o ambos extremos, inyectar aire a presión dentro de la preforma caliente para que conecte con las paredes del molde y tome su forma, permitir su enfriamiento y abrir el molde para retirar la pieza.

Los factores que inciden en la selección de los distintos materiales utilizables o de los procesos posibles de moldeo por soplado son los requisitos de rendimiento,

tamaño y forma de la pieza, cantidad a fabricar y consideraciones de coste. Cada proceso presenta ventajas e inconvenientes que deben tenerse en cuenta, al tiempo que debe considerarse la adecuación de cada material al proceso a utilizar.

Pasos para la producción de los envases en la empresa BOLTEN LIMITADA.:

Paso 1:

Se solicita la preforma en almacén dependiendo del pedido, teniendo en cuenta el molde, el tamaño, el color y la cantidad.

Paso 2:

Cada preforma se calienta en un horno a una temperatura de ya parametrizada en °C. El calentamiento ablanda la preforma y la hace elástica, lo que permite estirla y soplarla para que tome la forma del molde.

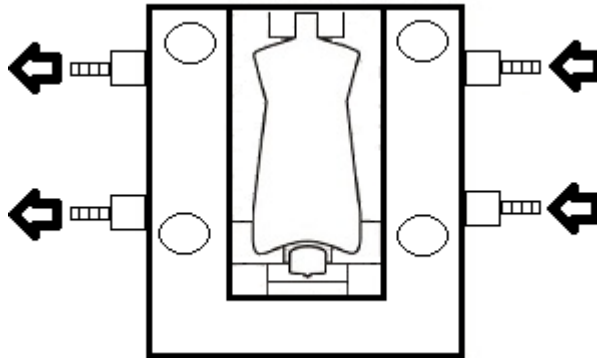
Figura 8. Horno calentador de preformas.



Paso 3:

Mientras se va soplando inmediatamente se enfría el envase por medio de la refrigeración del molde, para que este no pierda su forma.

Figura 9. Molde y su refrigeración.



Paso 4:

Luego, la botella de PET recién creada es colocada por el operador en una caja que se encuentra al costado de la máquina.

Figura 10. Maquinas.



Paso 5:

Otro operario recoge la caja y revisa rápidamente el envase para ver si está dentro de los parámetros exigidos por el cliente y posteriormente es puesta en una bolsa plástica y depositada en una canasta.

Paso 6:

Otro operario recoge la canasta y coloca otra, los envases empacados en las bolsas, son embalados en cierta cantidad en medio de cartón y un plástico especial.

Paso 7:

Cada paquete de envases es recogido por el personal de almacén para ser acopiado en un lugar específico, hasta que se termine de soplar el pedido para ser enviado al cliente.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General:

Optimizar el funcionamiento de las máquinas sopladoras de envases PET, por medio de un plan de mantenimiento preventivo que permita mejorar la calidad y desempeño de dichas máquinas y así poder satisfacer las necesidades del cliente a tiempo.

2.2. Objetivos Específicos:

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo a una máquina, para mejorar su desempeño, con todas las especificaciones pertinentes que permita tener una guía para el posterior proceso de implementación.

- Elaborar un manual de funciones, donde se describirá el desarrollo de la acción de mantenimiento ya sea de lubricación, electricidad o mecánica.

- Determinar criticidad en cada una de las áreas, para establecer a cuál se debe intervenir y saber sus modos de fallas.

3. MARCO TEORICO.

El Mantenimiento², es un conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios. Servicios de inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas.

Entendemos el mantenimiento industrial como el conjunto de técnicas y normas que se establecen para la correcta conservación de las instalaciones y la maquinaria en una planta industrial. Gracias a estas técnicas ya citadas se logra un mejor rendimiento de los equipos, que además podrán producir durante más horas y en un plazo más elevado de tiempo en buenas condiciones. Por tanto, como seguramente sabrás, el mantenimiento es un departamento clave en cualquier empresa.

Este mantenimiento se realiza con una frecuencia dependiendo de la criticidad del equipo. Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

Historia: Durante la segunda guerra mundial, el mantenimiento tiene un desarrollo importante debido a las aplicaciones militares, en esta evolución el mantenimiento preventivo consiste en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de funcionamiento.

² MOLINA, José. Mantenimiento y seguridad industrial. Maracaibo, 2003.

Características: Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc.

Ventajas:

✓ Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.

✓ El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

✓ Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.

✓ Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

Desventajas:

✓ Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.

✓ Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

✓ Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación pensable para el éxito del plan.

La finalidad del mantenimiento preventivo es: Encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios. Máquinas, equipos, vehículos, etc.

Antes de empezar a mencionar los pasos requeridos para establecer un programa de mantenimiento preventivo, es importante analizar sus componentes para que comencemos con una base de referencia común. Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó 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. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad, y un plan que fortalezca la

capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

Haciendo uso de los datos hacemos su planeación esperando con ello evitar los paros y obtener con ello una alta efectividad de la planta, los conceptos de este mantenimiento se agrupan en dos categorías: **Preventivo** y **Correctivo**.

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como; Reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc. Hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos. (Tiempos dirigidos).

3.1. Tipos de Mantenimiento.

Es básico que todo profesional conozca los tipos de mantenimiento industrial existentes. Solo de esta forma podrá descubrir los pros y contras de cada uno y establecer un plan de mantenimiento adecuado para su empresa, así como las acciones prioritarias y las que pueden esperar un poco más. No obstante, cualquier plan de mantenimiento contemplará acciones de los 3 tipos que vamos a ver a continuación.

Los tipos de mantenimiento que encontramos en cualquier industria son:

Mantenimiento Correctivo. El mantenimiento correctivo es aquel cuyo fin es corregir cualquier defecto que presente la maquinaria o equipo. Así pues, existen también dos tipologías dentro del correctivo, que son:

Mantenimiento correctivo no planificado: en este caso nos referimos al mantenimiento de emergencia. Es decir, cuando ocurre algún tipo de urgencia o imprevisto y se han de tomar decisiones para que la maquinaria vuelva a su

funcionamiento correcto lo antes posible. A veces pueden surgir por imperativos legales, como defectos de seguridad, aplicación de normas o asuntos de contaminación.

Mantenimiento industrial correctivo planificado: en este caso nos referimos al mantenimiento del que tenemos constancia con antelación, por lo que se puede preparar al personal, los repuestos y equipos técnicos necesarios, los documentos pertinentes, etc.

Ventajas del mantenimiento industrial correctivo

La verdad es que para este tipo de mantenimiento no es fácil encontrar ventajas, salvo que sea un correctivo planificado. De ser un mantenimiento correctivo sin planificar, por lo general es algo urgente porque la máquina está parada, hay prisas y las ventajas no aparecen por ningún lado.

Así pues, nos centramos en las ventajas de un correctivo planificado:

- Las instalaciones y los equipos se mantienen más tiempo trabajando, aunque a veces por debajo de su rendimiento normal por la avería.
- Los costes de las reparaciones suelen ser más reducidos, aunque no siempre, porque a veces una avería pequeña que se mantiene en funcionamiento genera una avería mayor, incrementando los costes.
- Se logra una mayor uniformidad en lo que respecta a carga de trabajo del personal encargado del mantenimiento, ya que la programación de actividades así lo facilita y lo promueve.

- Dado que el personal tiene que trabajar en buenas condiciones para que el mantenimiento sea efectivo, se logran conformar equipos muy fiables y de alta especialización en situación de fuertes medidas de seguridad.

Desventajas del mantenimiento industrial correctivo

En cuanto a los contras que presente el tipo de mantenimiento industrial correctivo, destacan:

- Se pueden producir algunos fallos en el momento de la ejecución, lo que podría provocar un retraso en la puesta en marcha correcta de todos los equipos.
- El precio de algunas reparaciones en concreto se podría elevar demasiado, algo que afecta a los presupuestos de la empresa. A veces hay que adquirir repuestos y equipos no planificados o con urgencia.
- No existe una garantía total del tiempo que pueda llevar la reparación de un fallo en concreto.
- Las roturas suelen venir en el momento más inoportuno y muchas veces en picos de producción, donde las máquinas trabajan deben trabajar a tope.

En lo que respecta al mantenimiento industrial preventivo, podemos definirlo como una técnica cuya eficacia se basa en un mantenimiento enfocado a la prevención de fallos en los equipos. Con este método se busca que las actividades estén siempre controladas para que el funcionamiento sea más fiable y eficiente, previendo los errores antes de que se produzcan.

Así pues, es muy útil en la gestión de proyectos, por ejemplo. Es decir, es una forma excelente de evitar posibles contingencias futuras que puedan costar un sobre coste elevado a la empresa.

Ventajas del mantenimiento industrial preventivo:

En cuanto a las ventajas del mantenimiento industrial preventivo, cabe destacar las siguientes:

- Sin duda, se reducen porcentualmente los riesgos de error y fugas, que son mucho menos probables.
- En comparación con otro tipo de mantenimiento, el coste es mucho menos elevado, especialmente frente a los fallos no planificados, que se reducen considerablemente con esta técnica.
- Se reducen los paros imprevistos, lo que aumenta la productividad y los tiempos de trabajo constante.
- Permite un mayor control sobre la producción y facilita la planificación de planes, instalación de nuevos dispositivos, aplicaciones de nuevas técnicas, etc.

Contras del mantenimiento industrial preventivo

En lo referente a las desventajas del tipo de mantenimiento industrial preventivo, destacamos:

- Es más complejo diagnosticar el nivel de desgaste que sufren las piezas que forman los diversos equipos.

- Se ha de buscar un personal mucho más especializado y las recomendaciones del fabricante cobran especial valor. De lo contrario, este tipo de mantenimiento será poco eficaz y muy costoso.

Mantenimiento industrial predictivo³, por último, destacamos el mantenimiento industrial predictivo. En este caso encontramos una técnica basada en el mantenimiento a través de inspecciones periódicas para determinar la operatividad y estado de los equipos. Se produce a través del conocimiento de las variables, que ayudan a descubrir el verdadero estado y la prevención de fallos. Este tipo de mantenimiento industrial basa su eficacia en la prevención de variables como vibración, presión, temperatura, etc., que actúan como indicio del estado de los equipos. Es muy técnico y requiere unos altos conocimientos de análisis, ya que se trabaja con equipos de elevada sofisticación.

Ventajas del mantenimiento industrial predictivo, veamos a continuación cuáles son las ventajas del mantenimiento industrial predictivo:

- La operatividad de la maquinaria es más continua, ya que las pausas en caso de error son breves al detectarse de forma temprana.
- Es muy fiable, ya que usa un personal muy cualificado que realiza cálculos de alta exactitud.
- La necesidad de personal es menor, por lo que se reducen los costes en contratación.

³ Mantenimiento predictivo. Disponible en internet: <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/> [citado el 13 de febrero de 201

- Los repuestos y equipos empleados tienen una alta durabilidad. Las revisiones se hacen en base a resultados, por lo que se buscan piezas que cumplan con lo estipulado.

Contras del mantenimiento industrial predictivo, pero también existen una serie de contras del mantenimiento industrial predictivo que merece la pena señalar para que sean tenidos en cuenta:

- Implica programación, por lo que una avería puede demorarse más tiempo en ser solucionada.

- Los equipos requeridos son más costosos, ya que son especiales, muy precisos, y, por tanto, de un presupuesto muy elevado.

- El personal, pese a ser menor en número, ha de tener una alta cualificación. Así pues, tiene que conocer muy bien su área, pero hay menos opciones de mercado para encontrar a colaboradores realmente cualificados.

- Implementar estos equipos de alta tecnología es muy caro, ya que, al funcionar por medio de programación, los inicios son muy complejos, por lo que de entrada la inversión es muy elevada.

Estos son brevemente los tipos de mantenimiento industrial y los pros y contras que cada uno de ellos implican. Ahora es decisión de cada quien saber por cuál se ha de decantar para optimizar los procesos de producción.

4. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

La planta de procesamiento de envases Pet, es el lugar donde se fabrican envases de plástico "Pet" por medio de máquinas electro-neumáticas sopladoras. El 50% de estas máquinas tienen más de 15 años de uso y servicio, es decir 5 máquinas, y el otro 50% son nuevas (4 años), de ninguna de los dos grupos se tienen hojas de vida, ni datos de fallas, tiempos de mantenimientos o alguna referencia de los detalles que se le hacen a las máquinas.

Lo anterior plantea para la empresa un importante problema ya que las máquinas nunca tienen mantenimientos preventivos, lo cual no se sabe en qué área o en que parte está fallando la máquina en determinado momento, esta falta de revisión moderada trae como consecuencia la parada de la producción por falla inesperada o imprevista. A pesar, de que los técnicos están pendientes y alertas a cualquier comportamiento irregular de las máquinas esto no es suficiente.

De continuar con este inconveniente descrito anteriormente, las paradas de las máquinas nunca acabarán. Puesto que, por más que los mecánicos intenten determinar por sus medios qué puede presentar la máquina no darán con el daño tan fácilmente. Es indudable que este mantenimiento no se implementó en esta institución porque no tienen conocimiento de esto o carecen de sentido de pertenencia con respecto a la maquinaria.

Es indudable que las fallas y daños en las máquinas sopladoras generados en esta empresa por el desgaste y falta de mantenimiento tiene un impacto en las actividades productivas. De no buscar una pronta solución las actividades que se realizan en este importante lugar se verán afectadas completamente.

Por todo lo anterior expuesto, se hace necesario el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, que mediante formatos y guías se llevará un

control y un seguimiento permanente, que refleje la mejora de la calidad en la producción.

5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo generaría un beneficio a las maquinas sopladoras de la empresa BOLTEN LIMITADA?

6. SISTEMATIZACION.

1. ¿Qué tipo de mantenimiento requieren las maquinas sopladoras?
2. ¿Cuál es el tiempo que puede durar una maquina sin hacerle mantenimiento?
3. ¿Qué tan seguros serán los mantenimientos?
4. ¿Qué gana la empresa haciendo estos mantenimientos?

7. JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad, en las industrias modernas es necesario el control del mantenimiento preventivo de los equipos y máquinas que permitan atender con eficiencia la productividad de la compañía y se genere disponibilidad y confiabilidad en las mismas.

El costo- beneficio de generar este proyecto a través del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladoras, es dirigido a aumentar la calidad de la producción basado en razones socio-económica ya que, al ser implementado, mejoraría la eficiencia en la producción, disminuyendo las paradas correctivas, generando indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad dentro de las metas planteadas por la compañía.

Por lo anterior y en búsqueda de un mejor desempeño en la producción de la empresa BOLTEN LTDA, se ha encontrado a través de mantenimientos programados, un plan que permite detectar fallas, desgastes e imprevistos en un futuro, logrando un mejor tiempo de vida en los equipos y el aumento de una producción con calidad en los productos.

8. IDENTIFICACION DEL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.

El plan de mantenimiento preventivo estará dirigido a la planta procesadora de envases PET en la empresa BOLTEN LIMITADA de Barranquilla atlántico en el año 2018

9. IDENTIFICACION DEL CAMPO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN.

El mantenimiento preventivo será el encargado de permitir encontrar fallas y observar el deterioro de los equipos o maquinaria evitando así posibles daños imprevistos o parada de las maquinas inesperadamente que afecten la producción, y generan pérdidas a la empresa e igualmente para evitar accidentes de trabajo.

10. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESÍS.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en la planta procesadora de envases PET reducirá un 35% el nivel de fallas inesperadas o no deseadas en las máquinas sopladoras.

11. ANALISIS DE LITERATURA RECOPIADA.

Para la realización de este proyecto se tomó como base, algunos otros parecidos, basados en el mantenimiento de las máquinas, y la reducción de tiempo al momento de la entrega de los envases; en los cuales también se dan capacitaciones al personal de ciertas empresas. A continuación, de manera breve serán explicados.

Daniel Aristizabal⁴, realizó el proyecto de Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa centrifugados concisos Ltda. En este proyecto se busca lograr la máxima eficacia de las maquinas debido a un adecuado mantenimiento que se les realice, se quiere mostrar que el uso correcto del plan de mantenimiento preventivo reduce las paradas intempestivas que conllevan a las pérdidas de tiempo, disminución de la calidad, promoción de la seguridad, preservación del medio ambiente entre otros factores, y aumento en lo que refiere al mejoramiento de los procesos tecnológicos de la empresa que la puedan llevar a unos niveles de competitividad elevados que ayudan a la empresa en el aumento de su, producción, reducción de costos y sobre todo calidad.

Este proyecto va dirigido a la empresa Centrifugados concisa Ltda. Ya que no se cuenta con un plan de mantenimiento que permita prevenir fallas inesperadas en el funcionamiento de sus equipos en el proceso de elaboración de productos en concreto, la ausencia de este se debe a que solo hay una sola persona encargada del mantenimiento, por lo tanto, el elige cuando y que debe realizarse a cada máquina, además no se ha visto la necesidad de plasmar en forma escrita la información requerida para desarrollar una tarea de mantenimiento.

⁴ ARISTIZABAL, Daniel. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa centrifugados concisa Ltda. Pereira, 2007.

Además, Walter Reynaldo, Fabián Grijalva⁵, propusieron un proyecto de Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble: Debido a la importancia que debe tener el mantenimiento dentro de la estructura de una empresa, el presente trabajo de graduación contiene un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble. El programa abarca las partes o áreas principales de una planta de café soluble, entre las que se puede mencionar: área de limpieza de café, área de tostado, área de molinos, área de extracción y el área de secado, sin olvidar otras áreas importantes como: el área de calderas, área de aglomerado y el área de empaque. El trabajo define cada una de las actividades a realizar en cada área, así también la frecuencia del mantenimiento y el personal que lo realiza, ya sea personal interno o externo a la empresa. También se determina la función del departamento de mantenimiento y del encargado del mismo, así como el personal necesario para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento que la empresa necesite.

Además, se diseñaron las hojas o fichas de control para llevar un detallado estudio sobre las actividades que se realiza en una determinada máquina o equipo, como, por ejemplo; ficha de control para un equipo, para una orden de trabajo, para una inspección, para control de órdenes de trabajo, para reporte de actividades, para el historial de un equipo. Por último, se hace mención al seguimiento que debe tener dicho programa y la forma que debe revisarse para no caer en un documento obsoleto.

Por último, Eddy Estuardo⁶, presento un proyecto de Implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motores de combustión interna

⁵ REYNALDO, Walter, GRIJALVA, Fabián. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble. Guatemala, 2003.

⁶ ESTUARDO, Eddy. Implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motores de combustión interna basado en la norma ISO 9001:2000. Guatemala, 2005.

basado en la norma ISO 9001:2000: El presente trabajo de graduación define una implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motores de combustión interna basado en la norma ISO 9001:2000. La mayor parte de información acerca del concepto de mantenimiento, el funcionamiento de una separadora de combustible la cual es utilizada en la mayoría de plantas de generación; y, la información acerca de las normas ISO se encuentra en el primer capítulo. La estructura de la implementación comienza en el segundo capítulo con la descripción de la planta, en general.

La propuesta del mantenimiento preventivo y la implementación que se pretende realizar se presentan en los capítulos tres y cuatro, respectivamente. Se tomó el área de mantenimiento, específicamente, la casa de separadoras de combustible para presentar algunos índices de mejora y algunas propuestas en lo que corresponda la norma ISO 9001:2000, para seguir el proceso de mejora continua, esto se encuentra en el quinto capítulo. Las recomendaciones y anexos complementan esta implementación. Elaborar la implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de la planta basado en la norma ISO 9001:2000 con el fin de tener una mejor eficiencia en las máquinas y cumplir con los requerimientos de la norma en el departamento de mantenimiento.

La empresa, en la cual se realizará el estudio, se dedica a la generación de energía eléctrica, genera distintas maneras y una de ellas se realiza por medio de motores de combustión interna, se tienen seis plantas de este tipo, instaladas en el país. Debido a que los motores de esta planta trabajan con bunker, es necesario que este combustible llegue lo más limpio posible al motor, para que, al realizar la combustión, ésta se realice de la manera más eficiente para evitar el daño de piezas internas y hacer que la energía transmitida al generador sea la máxima.

12. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Dada la problemática en la que se encuentra la empresa BOLTEN LTDA, por la falta de mantenimiento preventivo a las máquinas, se hace necesario implementar un plan de mantenimiento para detectar las fallas en las máquinas antes de que ocurran y así aminorarlas. Para la construcción del plan de mantenimiento se realizarán las siguientes etapas:

12.1. ETAPA 1. Capacitación del personal:

Para que la capacitación sea efectiva y tenga validez en la identificación de las falencias en el área de mantenimiento se deben cumplir con unas sub-etapas previas las cuales serán especificadas a continuación.

SUB-ETAPA 1. Reconocimiento del lugar: Se debe hacer un reconocimiento de las instalaciones para que el capacitador tenga una idea clara de cómo opera el mantenimiento actual de la empresa, lo que debe incluir la planta en sí, los lugares donde se realiza el mantenimiento y el personal involucrado.

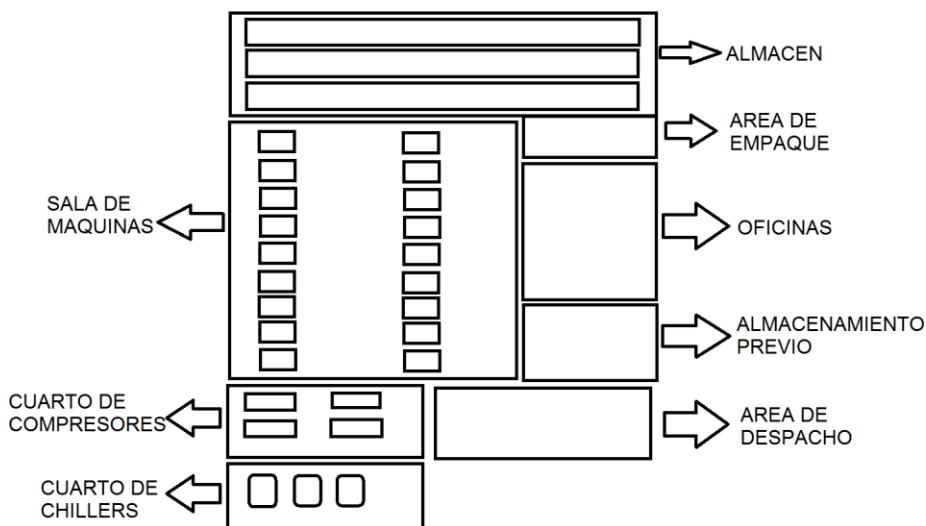


Figura 11. Plano de la empresa.

SUB-ETAPA 2. Entrevistas: Es necesario realizar entrevistas con las personas involucradas con el área de mantenimiento, desde el que se encarga de la ejecución hasta el área de compras, esto contribuirá a minimizar los errores en el análisis de los resultados.

SUB-ETAPA 3. Recolección de datos: La información obtenida representa la continuación del proceso de mejora en el departamento de mantenimiento (de manera preventiva), debido a que se contaba con pocos registros y además los procesos de esta área eran en mayoría correctivos.

SUB-ETAPA 4. Sistema de mantenimiento: De acuerdo a los procedimientos a plantear es necesario crear hojas de vida de cada uno de los equipos, ordenes de trabajo y fichas técnicas, con las que pueda contar cualquier persona del área de mantenimiento sea directa o indirecta.

De esta manera se podrá realizar cada labor siguiendo unos direccionamientos o guías que permitirán una ejecución adecuada de las labores de mantenimiento preventivo que se harán en cada equipo de la empresa.

SUB-ETAPA 5. Compilación y análisis: Luego de recoger toda la información, se procede a organizarla y tabularla, con lo que se obtendrán unas graficas que permitan visualizar las debilidades, es de vital importancia mencionar que las opiniones recogidas variaron un poco de acuerdo a la persona entrevistada y fue necesario complementarlas, con lo que se obtuvo una idea global en cuanto a las mejoras a realizar. Dichas mejoras serán hechas basándose en las falencias encontradas y permitirán fortalecer todo el departamento de mantenimiento.

SUB-ETAPA 6. Implementación de la capacitación: Para obtener un resultado fiable, se hizo necesario contar con la persona encargada del mantenimiento en la empresa, Jaime Cardozo el cual se entrevistó.

Al hacer dicha entrevista se pudo evidenciar las falencias que presentaba el área de mantenimiento, la encuesta se muestra a continuación, luego de hacer una comparación entre las respuestas obtenidas por los directa e indirectamente involucrados en el área de mantenimiento, se realizó una encuesta final que mostraba las deficiencias que se presentaban en la empresa en ese departamento.

Tabla 1. Configuración e identificación de la empresa.

NOMBRE DE LA EMPRESA:	BOLTEN LIMITADA			
FECHA DE LA ENTREVISTA:	02/02/2018			
NOMBRE DEL ENTREVISTADOR:	Melcom Andres Barros Navarro			
NOMBRE DEL ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO:	Jaime Cardozo			
1. ¿Qué tipo de equipos y cuantos son?	DISEÑO ESPECIAL	ESTANDAR	ESPECIFICO	TOTAL
	2	10		12
2. ¿hay departamento de mantenimiento?	SI	NO		
	X			
3. ¿Cuántos turnos maneja la empresa?	2			
4. ¿Cuántos tecnicos hay en cada turno?	TURNO DIA	TURNO NOCHE	TOTAL	
	1	1	2	
5. ¿dependencia del departamento de mantencion?	PROPIA	PRODUCCION	NO TIENE	
	X			
6. ¿Quién realiza el mantenimiento?	CONTRATISTA	ESPECIALISTA	OPERARIOS	
		X		
7. ¿Qué tipo de mantenimiento realizan?	PREVENTIVO	CORRECTIVO	PREDICTIVO	
		X		
8. ¿tienen almacen de repuestos?	SI	NO		
		X		

Tabla 2. Rutas de inspección y criticidad.

1. ¿tiene las areas de produccion separadas por algun criterio?	Ninguna	Parcialmente	Todas
		X	
2. ¿Tiene identificado por algun codigo sus equipos?	Ninguno	Parcialmente	Todos
	X		
3. ¿Tiene clasificados sus equipos por su criticidad?	Ninguno	Parcialmente	Todos
	X		
4. ¿Puede cuantificar la incidencia de falla de un equipo sobre otro?	NO	Parcialmente	SI
	X		
5. ¿Tiene mapa o diagrama de planta que identifique y describa todos los equipos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
6. ¿Tiene lineas en paralelo en un sistema de produccion?	NO	Parcialmente	SI
			X
7. ¿Tiene identificadas las lineas según su criticidad en el proceso?	NO	Parcialmente	SI
	X		
8. ¿Algun equipo produce cuello de botella?	NO	Parcialmente	SI
			X
9. ¿Tiene identificado para cada equipo los riesgos para el operario?	NO	Parcialmente	SI
		X	
10. ¿Sabe cuanto tiempo toma cada proceso de la linea de produccion?	NO	Parcialmente	SI
		X	
11. ¿Tiene estipulado tiempos estandares para el mantenimiento de equipos?	NO	Parcialmente	SI
		X	
12. ¿Tiene calculado el volumen de trabajo de mantencion que pueden hacer?	NO	Parcialmente	SI
	X		

Tabla 3. Información sobre los equipos.

1. ¿Capacitan a sus empleados?	NO	Parcialmente	SI
	X		
2. ¿Tiene información precisa para llevar un control de eficiencia?	NO	Parcialmente	SI
	X		
3. ¿Tiene conocimiento de que operario trabaja en cada equipo?	Ninguno	Parcialmente	Todos
		X	
4. ¿Sabe cual es la tasa de fallas de cada equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
5. ¿Cada equipo tiene su programa de mantenimiento?	NO	Parcialmente	SI
	X		
6. ¿Puede determinar la confiabilidad de cada equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
7. ¿Tiene registros de los mantenimientos y cambios de referencias para cada equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
8. ¿Tiene catalogos e información técnica de todos los equipos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
9. ¿Tiene fichas de inventario para cada equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
10. ¿Tiene procedimientos de trabajos de mantenimiento y cambio de referencias establecidos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
11. ¿Tiene registrado que implementos se usan en cada mantenimiento y cambio de referencia?	NO	Parcialmente	SI
	X		
12. ¿Tiene clasificado un stock de repuestos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
13. ¿Tiene clasificados a los proveedores de partes y piezas?	Ninguno	Parcialmente	Todos
		X	

Tabla 4. Mantenimiento actual.

1. ¿Se realizan inspecciones diarias a los equipos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
2. ¿Los operadores de los equipos realizan tareas simples de mantenimiento?	NO	Parcialmente	SI
		X	
3. ¿Se tiene una rutina de chequeos diarias?	NO	Parcialmente	SI
	X		
4. ¿Se tiene una bitacora de inspecciones diarias?	NO	Parcialmente	SI
	X		
5. ¿se sabe cuanto tiempo se requiere para hacer el diagnostico de una falla o parametrizacion?	NO	Parcialmente	SI
	X		
6. ¿Hacen horas extras diarias para terminar trabajos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
7. ¿Tiene algun criterio para dar prioridad a la ejecucion de trabajos?	NO	Parcialmente	SI
			X
8. ¿Tiene algun registro de trabajos de emergencia y programados?	NO	Parcialmente	SI
	X		
9. ¿Tiene cuantificado el tiempo de produccion perdido por fallas o cambio de referencia?	NO	Parcialmente	SI
	X		
10. ¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora para hacer un mantenimiento o cambio de referencia?	NO	Parcialmente	SI
	X		
11. ¿Tiene un control del tiempo empleado en reparaciones o cambio de referencias?	NO	Parcialmente	SI
		X	

Tabla 5. Antecedentes de costos de mantenimiento.

1. ¿Sabe en que año se adquirieron los equipos?	NO	Parcialmente	SI
			X
2. ¿Sabe el valor de cada equipo al momento en que fue adquirido?	NO	Parcialmente	SI
			X
3. ¿Manejan una tasa de depreciacion de cada equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
4. ¿Sabe cuanto cuesta cada repuesto en cada equipo?	NO	Parcialmente	SI
		X	
5. ¿sabe cuanto se paga con exactitud por la mano de obra de mantenimiento y cambio de referencia?	NO	Parcialmente	SI
	X		
6. ¿Sabe cuanto se pierde al no producir por el cambio de referencia o mantenimiento?	NO	Parcialmente	SI
		X	
7. ¿Ah estudiado la posibilidad de reemplazar sus equipos?	NO	Parcialmente	SI
	X		
8. ¿Sabe la relacion de costos entre mantenimiento y costo total del producto?	NO	Parcialmente	SI
		X	
9. ¿Tiene relacion de cantidad entre personal de mantenimiento y produccion?	NO	Parcialmente	SI
	X		
10. ¿Controla los gastos de mantenimiento por equipo?	NO	Parcialmente	SI
		X	
11. ¿Tiene un control del tiempo empleado en reparaciones o cambio de referencias?	NO	Parcialmente	SI
		X	

Tabla 6. Efectividad del mantenimiento actual.

1. ¿Tienen un programa de mantenimiento planeado?	NO	Parcialmente	SI
	X		
2. ¿Se cumple el programa de trabajos programados de mantenimiento?	NO	Parcialmente	SI
	X		
3. ¿Tiene relacion de cantidad entre personal de mantenimiento y produccion?	NO	Parcialmente	SI
	X		
4. ¿Cómo es la actitud de la administracion superior hacia el mantenimiento?	MALA	REGULAR	BUENA
		X	
5. ¿Colaboran los demas departamentos al area de mantenimiento?	NO	Parcialmente	SI
		X	
6. ¿Cómo es la relacion entre la gente de operación o produccion y la gente de mantenimiento?	MALA	REGULAR	BUENA
			X
7. ¿Considera que el nivel de capacitacion es acorde a la tecnologia del equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
8. ¿Son suficientes las herramientas y equipos de trabajo para el mantenimiento?	NO	Parcialmente	SI
	X		
9. ¿Sabe cual es la relacion entre trabajos pendientes y trabajos programados?	NO	Parcialmente	SI
	X		
10. ¿Manejan ordenes de trabajo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
11. ¿Conoce el lapso de tiempo entre la falla o el cambio de referencia y la intervencion del equipo?	NO	Parcialmente	SI
	X		
12. ¿Tiene definidos los procedimientos para enfrentar el mantenimiento preventivo?	NO	Parcialmente	SI
		X	
13. ¿Tiene definidos los procedimientos para enfrentar el mantenimiento correctivo?	NO	Parcialmente	SI
		X	

Con estos resultados arrojados por las encuestas se apreció las falencias y se tendrán en cuenta muchas cosas a la hora de capacitar al personal de la empresa BOLTEN LTDA. En general (técnicos y operadores) para que apoyen en sus tiempos muertos, teniendo en cuenta que los técnicos se basan únicamente en sus estudios básicos y empíricos. Ya que hoy en día resulta imprescindible que las empresas inviertan en la capacitación de su personal para cumplir con los objetivos y las metas trazadas, y así lograr la rentabilidad y éxito que esperan dentro del mercado global.

El departamento de mantenimiento es uno de los sectores a los que las compañías deben apostarle, pues si no fuera por la labor de este personal que está presto a reparar cualquier falla en las máquinas, los procesos productivos se interrumpirían una y otra vez, generando grandes e inesperados costos para las empresas.

Una de las herramientas claves para contar con el personal idóneo en el sector de mantenimiento es la capacitación. Esta técnica permite formar a los empleados con los conocimientos más actuales relacionados al mercado global, instruyéndolos en el uso de las nuevas tecnologías como base para alcanzar los objetivos de la empresa.

Estas capacitaciones deben ser constantes y tienen que ir de la mano con los cambios que van afectando al mercado. Los objetivos que persigue la empresa con esta herramienta son los siguientes:

- Garantizar la durabilidad de sus activos materiales, a manera de sacarles el máximo provecho en los procesos de producción.

- Disminuir la inoperatividad por fallas en los equipos utilizados en los distintos departamentos que la componen.

- Mejorar el funcionamiento de la maquinaria o los equipos productivos que se utilizan en la planta, para que la producción sea más rápida.

- Cumplir con los distintos reglamentos relacionados a la seguridad del trabajador y del medio ambiente.

Capacitaciones para el sector de mantenimiento. Una capacitación no debe ser tomada a la ligera, el empleador debe hacer estudios del comportamiento del trabajador y de su nivel de productividad, para así detectar en qué está fallando y tratar de corregir esos aspectos con la formación adecuada.

Esta herramienta está muy lejos de ser un gasto para las empresas, ya que, aunque tienen que desembolsar cierta cantidad de dinero para preparar a su personal, éste regresa a sus manos a través de la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en ellas, pues incrementan los índices de productividad en su planta generando más ganancias.

Algunas de las capacitaciones ideales para el sector de mantenimiento son aquellas que refuercen sus conocimientos en el manejo de nuevas tecnologías aplicadas a su campo de trabajo, entre éstas se puede mencionar:

- El departamento de mantenimiento no solo repara equipos si no también debe saber administrar su propio recurso humano y material para ejecutar sus funciones.

- Tipos de mantenimiento que pueden darse en las empresas.
- Procesos de mantenimiento y reparación de las distintas materias primas.
- Interpretación de planos, manuales e información numérica del equipo.
- Detección y análisis de fallas mecánicas presentadas en máquinas y sistemas.
- Generación, transporte y distribución de energía eléctrica.
- Uso y reparación de máquinas estáticas.

Es importante saber que los bienes que conforman el sistema de producción de una determinada planta industrial están expuestos a fallas o deterioros provocados por el transcurso del tiempo o por el uso continuo de los mismos, por lo que el departamento de mantenimiento conserva productivos tales bienes, procurando que siempre estén en correcto funcionamiento.

Con la capacitación en el personal de este sector, las empresas optimizarán estos recursos, además reforzarán conocimientos en la planificación, análisis y control de la diferente maquinaria de la planta, esto permitirá reducir el tiempo de inoperatividad de un determinado equipo o herramienta.

Esto con el fin de enseñarles mejores técnicas de trabajo y a realizar la labor de una manera perfecta, para no seguir teniendo como resultado la gran cantidad de fallas que se obtienen normalmente, y que de tal manera se vea reflejado este proceso en la reducción de costos de la empresa.

12.2. ETAPA 2. Estudio de máquinas y asignación de códigos:

Revisar los manuales o las hojas de vida de cada máquina, para ver que daños tuvo anteriormente, para así tomar la decisión adecuada de hacer mantenimiento o cambiar la pieza si ya es muy antigua y sufrió mucho desgaste, con esto se puede descartar o diagnosticar el problema en un futuro, y determinar el rendimiento de la máquina. Se tiene en cuenta el año de adquisición de cada máquina. Hay algunos aspectos básicos que debe incluir un plan de mantenimiento preventivo básico, independientemente de si utilizas software o sistemas más rudimentarios:

Tabla 7. Nombre y códigos de las maquinas.

NOMBRE	CODIGO	UBICACIÓN DE IZQUIERDA A DERECHA
MAQUINA 1	MAQ 1	1
HORNO 1	HOR 1	2
MAQUINA2	MAQ 2	3
HORNO 2	HOR 2	4
MAQUINA 3	MAQ 3	5
HORNO 3	HOR 3	6
MAQUINA 4	MAQ 4	7
HORNO 4	HOR 4	8
MAQUINA 5	MAQ 5	9
HORNO 5	HOR 5	10
FRENTE A LAS ANTERIORES		
MAQUINA 6	MAQ 6	1
HORNO 6	HOR 6	2
MAQUINA 7	MAQ 7	3
HORNO 7	HOR 7	4
MAQUINA 8	MAQ 8	5
HORNO 8	HOR 8	6
MAQUINA 9	MAQ 9	7
HORNO 9	HOR 9	8
MAQUINA 10	MAQ 10	9
HORNO 10	HOR 10	10
EQUIPOS QUE LE HACEN MANTENIMIENTO CONTRATISTAS		
COMPRESOR 1	COM 1	CUARTO 1
COMPRESOR 2	COM2	CUARTO 1
CHILLERS 1	CHI 1	CUARTO2
CHILLERS 2	CHI 2	CUARTO 2
BOMBA 1	BOM 1	CUARTO 2
BOMBA 2	BOM 2	CUARTO 2

Desglose de activos: Deben localizarse todas las máquinas e instalaciones que van a ser objeto del plan de mantenimiento preventivo. En esta empresa resultara más cómodo, ya que cuenta con varias unidades del mismo modelo, y es más útil asignar un código único a cada una. Así es más fácil identificarlas.

Procedimientos: Hay que definir cada procedimiento preventivo, como lo son trabajos a realizar, materiales y herramientas necesarias, medidas de seguridad específicas, etc. Se trata de tener toda la información relevante para agilizar el trabajo y evitar errores.

Planificación de las acciones: Es necesario planificar las acciones preventivas, para definir de qué forma van a repetirse, y cuándo toca la siguiente operación. Así la planificación se hace mucho más simple, y se organizaran siguiendo varios indicadores:

- **Tiempo natural**, repitiendo la acción cuando ha transcurrido un tiempo determinado desde la última acción, y se planea la otra intervención.
- **Tiempo de trabajo**, contando las horas de trabajo de la máquina, se llevarán contadas las horas de trabajo por medio de los turnos trabajados, este la maquina en marcha o en reposo. Con este sistema el tiempo contado guarda mayor relación con el desgaste de la máquina.
- **Ciclos de trabajo**, estas máquinas cuentan los ciclos de trabajo por la cantidad de envases producidos en el turno, por eso se utilizará este factor.

12.3 ETAPA 3. Análisis de las máquinas para determinar criticidad:

Se realizará un análisis en la planta de producción de la empresa, para descubrir cuáles son las áreas específicas que presentan mayor deterioro y la cantidad de partes y repuestos que están desgastados, que necesitan cambios, para luego ser reemplazados o en su defecto repararlos.

Para iniciar es necesario definir los modos de falla donde se refiere a cualquier evento que pueda causar la falla de un equipo, instalación o activo.

La recolección de la información para aplicar criticidad se elaboró con encuestas realizadas a los operarios de los equipos, técnicos y encargados del mantenimiento de estos.

La criticidad se expresa como:

$$\text{criticidad} = (\text{frecuencia de falla}) * (\text{consecuencia})$$

donde:

$$\text{consecuencia} = ((\text{imp. Oper} * \text{tiempodefallas})) + \$Mto + \text{imp seg y Amb}$$

Donde la frecuencia de falla está relacionada con la cantidad de fallas por año que presenta la máquina y la consecuencia está relacionada con: el impacto en la operación, tiempos de fallas, costos de mantenimiento e impacto en la seguridad y medio ambiente.

Se muestra en la tabla 8; la encuesta consta de cinco preguntas, cada una de ellas cuenta con una ponderación diferente dependiendo del impacto que tenga en la organización. Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados se presentan dentro de la misma encuesta.

Después de realizar dicha encuesta al personal de la planta, se plasman los resultados en una hoja de cálculo, donde se obtiene el valor de criticidad para cada máquina. A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo de criticidad para maquina 1, aplicando la ecuación mencionada anteriormente:

$$\text{Criticidad: } (2) * ((4*3) + 6+3) = 42$$

Se clasifican los equipos de alta y mediana criticidad a los cuales se centrarán las tareas del mantenimiento preventivo.

Tabla 8. Encuesta de análisis de criticidad.

ENCUESTA ANALISIS DE CRITICIDAD EN LA EMPRESA BOLTEN LIMITADA			
OPERARIO			
EQUIPO	MAQUINA 1	CODIGO DE EQUIPO	MAQ 1
FECHA	ENERO DE 2018		
1. FRECUENCIA DE FALLA			
PROMEDIO MAYOR A 10 FALLOS POR AÑO			
PROMEDIO ENTRE 6-10 FALLAS POR AÑO			
PROMEDIO ENTRE 2-6 FALLAS POR AÑO			2
MENOS DE DOS FALLAS POR AÑO			
2. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION			
PERDIDA DE TODA LA PRODUCCION			
PARADA DEL SISTEMA O SUBSISTEMA Y TIENE REPERCUSION EN OTROS SISTEMAS			
IMPACTO DE NIVELES DE INVENTARIO O CALIDAD			4
NO GENERA NINGUN EFECTO SIGNIFICATIVO SOBRE OPERACIONES Y PRODUCCION			
3. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR LA FALLA			
MENOS DE UNA HORA			
PROMEDIO ENTRE 1-2 HORAS			3
PROMEDIO ENTRE 2-5 HORAS			
MAS DE 5 HORAS			
4. COSTOS DE MANTENIMIENTO			
MENOS DE \$ 350.000 PESOS			
ENTRE \$ 350.000 Y \$ 800.000 PESOS			
ENTRE \$ 800.000 Y \$ 1.200.000 PESOS			6
ENTRE \$ 1.200.000 Y \$ 2.000.000 PESOS			
5. IMPACTO EN SEGURIDAD Y AMBIENTE			
AFECTA LA SEGURIDAD HUMANA TANTO EXTERNA COMO INTERNA			
AFECTA EL AMBIENTE/INSTALACIONES			
AFECTA LAS INSTALACIONES CAUSANDO DAÑOS SEVEROS			
PROVOCA DAÑOS MENORES (AMBIENTE-SEGURIDAD)			3
NO PROVOCA NINGUN TIP DE DAÑO A PERSONA, INSTALACIONES O AL AMBIENTE			

Figura 12. Tabla de criticidad.

NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 4
NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 4
NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3
NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 2

Resultados de análisis de criticidad.

Tabla 9. Criticidad de las maquinas.

CODIGO	NOMBRE	PREGUNTAS [(1)*(2*3)+4+5]	CRITICIDAD TOTAL
COM 1	COMPRESOR 1	$(3) * ((5 * 5) + 6 + 3)$	102
BOM 1	BOMBA 1	$(3) * ((5 * 5) + 6 + 3)$	102
CHI 1	CHILLERS 1	$(3) * ((5 * 4) + 5 + 3)$	84
CHI 2	CHILLERS 2	$(2) * ((5 * 4) + 6 + 3)$	58
COM 2	COMPRESOR 2	$(2) * ((5 * 4) + 6 + 3)$	58
BOM 2	BOMBA 2	$(2) * ((5 * 4) + 6 + 3)$	58
MAQ 1	MAQUINA 1	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
HOR 1	HORNO 1	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
MAQ 2	MAQUINA 2	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
HOR 2	HORNO 2	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
MAQ 3	MAQUINA 3	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
HOR 3	HORNO 3	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
MAQ 4	MAQUINA 4	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
HOR 4	HORNO 4	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
MAQ 5	MAQUINA 5	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
HOR 5	HORNO 5	$(2) * ((4 * 3) + 6 + 3)$	42
MAQ 6	MAQUINA 6	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
HOR 6	HORNO 6	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
MAQ 7	MAQUINA 7	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
HOR 7	HORNO 7	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
MAQ 8	MAQUINA 8	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
HOR 8	HORNO 8	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
MAQ 9	MAQUINA 9	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
HOR 9	HORNO 9	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
MAQ 10	MAQUINA 10	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30
HOR 10	HORNO 10	$(2) * ((3 * 3) + 4 + 2)$	30

Conclusión de los datos. En la tabla se muestra la puntuación que se obtuvo por cada equipo, los de color rojo los equipos más críticos o de nivel 4, los de color naranja críticos o de nivel 3, los de color amarillo semi-críticos o de nivel 2 y verde los no críticos o nivel 1.

Del análisis se concluyó que las máquinas o equipos más críticos de la empresa son las siguientes COM 1, BOM1, CHI 1 y CHI 2, y los críticos son COM 2 y BOM 2, los semi-criticos MAQ 1, HOR 1, MAQ 2, HOR 2, MAQ 3, HOR 3, MAQ 4, HOR 4, MAQ 5 y HOR 5.

Para iniciar es necesario definir los modos de falla donde se refiere a cualquier evento que pueda causar la falla de un equipo, instalación o activo.

Actividades de mantenimiento realizadas actualmente. El mantenimiento que se está realizando actualmente es básico, en su mayoría son reparaciones de los equipos y mantenimiento correctivo.

La información que se maneja para la gerencia y para producción es en su mayoría de manera informal, es decir cada operador reporta por medio de hojas de reporte las actividades realizadas durante el día o los envases sopladados, esta información solo es almacenada y no se tiene en cuenta en un futuro.

Las actividades de mantenimiento que se realizan en las máquinas en su gran mayoría son de carácter correctivo, debido al deficiente control y seguimiento de los mantenimientos realizados anteriormente.

Las fallas a prevenir serian: Todas las formas de desgaste normales como lo son la fatiga, la corrosión, la abrasión, la erosión, etc. Que se denominaría deterioro.

Fallas de lubricación ya sea por falta de lubricante o porque el lubricante que se usa es el incorrecto.

Los errores humanos que generan una reducción en la capacidad de los equipos y se hace necesario enfocarse en que es lo que causo el error, en lugar de quien fue el que lo causó, ya que este tipo de fallas se refiere a los elementos que son operados manualmente.

También el polvo y la suciedad pueden causar un impacto considerable en los equipos o instalaciones ya que este hace interferencia haciendo que se atasquen, se obstruyan o se traben y están directamente relacionados con la apariencia del equipo.


Cuando el funcionamiento de la máquina se eleva por encima de la capacidad inicial o sobrecarga intencional contaste que en muchísimas industrias es común ya que los usuarios o propietarios caen en la tentación de exigirle más a los equipos para incrementar la producción y así ganar más dinero, esto influye también en el procesamiento muchas veces en el procesamiento presentan fallas por el manejo inadecuado de las materias primas que se encuentran fuera de las especificaciones.

La planificación de las rutas diarias suele ser sencilla, y como su nombre lo indica se realizará diariamente con el siguiente formato, se establecerá una hora fija de

realización de esta, la cual será al entrar a cada turno y el responsable de llevarla a cabo en primera instancia será el operario de cada máquina, si nota alguna anomalía este dará aviso inmediato al técnico o ingeniero de turno.

Para esta etapa se hará una inspección básica de máquina por máquina para verificar el estado de cada una.

Tabla 10. Lista de chequeo diario.

	LISTA DE CHEQUEO DE MAQUINAS SOPLADORAS		
REALIZADO POR:	FECHA:		MAQUINA N°:
DESCREPCION	CONFORME	NO CONFORME	OBSERVACIONES
VALVULAS DE PRESION DE AIRE			
PRESION DEL AIRE			
ESTADO DE EMBOLOS			
ESTADO DE LAS BARILLAS			
TABLERO DE MANDOS			
PULSADORES DE STAR			
VALVULAS DE REFRIGERACION			
MANGUERAS DE REFRIGERACION			
AJUSTE DEL CUERPO MOVIL			
TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO			
MOTOR DEL HORNO			
ENGRANES DE LAS CADENAS			
PULSADORES DE STOP			
VELAS DE CALENTAMIENTO DEL HORNO			
REJILLAS DE SEGURIDAD REMOVIBLES			
REJILLAS DE SEGURIDAD FIJAS			
ACTUADORES NEUMATICOS			
MOLDE			
TOPITOS PORTA PROFORMA			

Daños secundarios y efectos en la producción. La descripción de los efectos de falla debe aportar la máxima claridad para determinar cuáles son las consecuencias operacionales y no operacionales de las fallas, para esto es necesario indicar cuanto tiempo queda afectada la producción, si es afectada y generalmente tiene que ver con el tiempo de parada de la máquina.

Las consecuencias más serias generalmente son causadas por las paradas más largas, el tiempo muerto que se registra en el formato de información debe basarse en el peor de los casos. Es posible reducir las consecuencias si se ataca este tiempo muerto, lo más común para hacer esta reducción es disminuir el tiempo que tarda en conseguir los repuestos.

Las fallas pueden afectar las operaciones de varias maneras, afectando el volumen de producción total y se evidencia cuando el equipo deja de trabajar o simplemente reduce su capacidad a un límite muy bajo y esto incrementa el estado de costo; afectando la calidad del producto en caso de que la máquina no mantenga las tolerancias especificadas para algún producto; afectando el servicio al cliente ya que se producen demoras en la entrega del producto el préstamo del servicio y por último afecta incrementando el costo operacional sumado al costo de reparación.

La función primaria de la mayoría de los equipos industriales se vincula directamente en la producción para la que se diseñaron, a su vez se generan ingresos a la organización o apoyan las actividades económicas, las fallas que afecten las funciones principales de los activos físicos generan un descenso en la producción y por consiguiente la generación de ingresos de la compañía.

Los operarios y técnicos usan frecuentemente sus sentidos para determinar la condición de un equipo o una instalación, el objetivo de la inspección es determinar una falla inminente de modo que pueda que pueda planearse, programarse o completarse minimizando el impacto de la operación y el costo de reparación, la dificultad de usar los sentidos humanos es la subjetividad en la recopilación de los datos y el análisis. Para esto se pueden usar equipos de análisis de vibraciones, de lubricantes, termografía, ultrasonido, emisiones acústicas, monitoreo de efectos eléctricos y ensayos no destructivos (NDT).

12.4 ETAPA 4. Diseño del plan de mantenimiento o Planeación del mantenimiento preventivo.

Comenzando con la planeación de este mantenimiento es necesario identificar los recursos para ejecutar la tarea, todo esto antes de que se inicie el trabajo, para orientarnos a determinar la hora o el momento específico, las etapas necesarias de los trabajos planeados juntos con las ordenes a efectuar el trabajo, además tiene en cuenta el monitoreo, el control y el reporte del avance del trabajo.

Dicha planeación se hace para mejorar los siguientes aspectos:

- Mejorar la calidad del mantenimiento al utilizar métodos más óptimos, reduciendo costos de mantenimiento, al minimizar el uso de los recursos necesarios para la operación y a su vez mantener los equipos de producción en un nivel adecuado para satisfacer necesidades tanto de clientes como del área de calidad
- Minimiza el tiempo desperdiciado o de ocio de los trabajadores del área de mantenimiento, maximizando el tiempo de trabajo eficiente.

Esta planeación incluye:

- Desarrollar un plan de trabajo, primero haciendo un estudio al sitio de operación organizando la secuencia de las actividades del trabajo a realizar y mejorando los métodos ya implementados como se dijo anteriormente.
- Determinar el recurso humano capacitado para el desarrollo del trabajo.
- Solicitar las piezas y los materiales requeridos, verificar el uso de equipos y herramientas especiales para gestionar su obtención con tiempo, teniendo en cuenta los protocolos de seguridad.
- Determinar las prioridades en todo el trabajo de mantenimiento como lo son: emergencia, urgente, rutina y programado.
- Revisar los trabajos pendientes y desarrollar los planes para el control de los mismos para completar la orden de trabajo.

Para asegurar éxito inicial en instrumentación de un programa de mantenimiento preventivo es necesario que se adelanten algunos trabajos técnicos-administrativos, contestándonos estas preguntas.

¿Cuáles son los equipos a mantener?

¿En qué estado se encuentran?

¿Qué tareas de mantenimiento hay que realizar?

Pasos:

- El primer paso para desarrollar el programa, se reúne una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan, asignando de manera adecuada a cada trabajador su labor.

- Se identifica el inventario de las instalaciones y se genera un listado con lo que se cuenta y lo que no, incluyendo todas las piezas del sitio.
- Se identifica cada una de las piezas del equipo y codifican respectivamente, indicamos la ubicación, tipo y numero de máquina.
- Registramos las instalaciones en un archivo que contenga los detalles técnicos de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento, incluirá el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexión, detalles de cimentación, dimensiones generales, tolerancias, intercambiabilidad con otras unidades, etc.
- Se elaborara un programa específico de mantenimiento para cada uno de los equipos, el cual es un listado de tareas que se le realizaran a cada equipo, incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, numero de referencia del programa, el listado de tareas que se deben llevar a cabo como inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos, tipo de personal requerido para realizarlas, tiempo de ejecución de cada tarea, las herramientas necesarias para ejecutarla, los materiales y demás detalles necesarios para la ejecución de cada tarea.
- Se especificara el trabajo en un documento donde se describe el procedimiento que se debe llevar para la ejecución de una tarea, indicara el número de identificación de la pieza, la ubicación, la referencia del programa de mantenimiento, el número de referencia del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de personal requerido para el desarrollo de la tarea, detalles generales de la tarea a realizar, los componentes que serán reemplazados, herramientas y equipos

necesario, manuales y procedimientos de seguridad.

- Se hará una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a periodos de tiempo específicos, existir una coordinación con el propósito de balancear las cargas de trabajo y además no desestabilizar el proceso de producción, aquí se realiza la programación del mantenimiento previamente planeado para su ejecución.
- Se controlará la planeación del mantenimiento estando pendiente de la forma como se está llevando acabo.

Tabla 11. Ficha técnica.

FICHA TECNICA DE LA MAQUINARIA	
DESCRIPCION	PARTES Y ACCESORIOS
PROCESO	
MAQUINA	
MARCA	
SERIAL	
MODELO	
ORIGEN	
PRESION	
VOLTAJE	
ANCHO	
PESO	
DIMENSIONES	
PRODUCCION	
VELOCIDAD	
FABRICACION	
CARACTERISTICAS	

Tabla 12. Orden de trabajo.

Bolten Ltda.		REPORTE DE ORDEN DE TRABAJO		FORMATO N°	
				VERSION N°	
AREA				EQUIPO:	
COMPONENTE:					
HORA INICIO		HORA FINALIZACION		HOROMETRO	
FECHA	NOMBRE DEL SOLICITANTE DEL TRABAJO			CARGO	
DD / MM / AA					
TIPO DE MANTENIMIENTO					
ELECTRICO	<input type="checkbox"/>	MECANICO	<input type="checkbox"/>	METALMECANICO	<input type="checkbox"/>
CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	MEJORA	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>
FABRICACION	<input type="checkbox"/>	PREDICTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCION DE LA FALLA (CAUSAS)					
TAREAS REALIZADAS					
DESCRIPCION DE MATERIALES		CANTIDAD	UNIDADES	OBSERVACIONES	
NOMBRE DE QUIEN REALIZO EL MANTENIMIENTO		CARGO:		FIRMA:	
NOMBRE DE QUIEN LO RECIBE		CARGO:		FIRMA:	

Tabla 13. Reporte de orden de trabajo.

Bolten Ltda.		ORDEN DE TRABAJO		FORMATO N°	
				VERSION N°	
				ORDEN N°	
AREA			EQUIPO:		
HORA INICIO		HORA FINALIZACION		HOROMETRO	
FECHA	NOMBRE DEL SOLICITANTE DEL TRABAJO			CARGO	
DD / MM / AA					
TIPO DE MANTENIMIENTO					
ELECTRICO	<input type="checkbox"/>	MECANICO	<input type="checkbox"/>	PROGRAMADO	<input type="checkbox"/>
CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	MEJORA	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>
FABRICACION	<input type="checkbox"/>	PREDICTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
TAREAS A EJECUTAR					
DESCRIPCION DE MATERIALES		CANTIDAD	UNIDADES	OBSERVACIONES	
MEDIDAS DE SEGURIDAD			OBSERVACIONES		
NOMBRE DE QUIEN REALIZO EL MANTENIMIENTO		CARGO:		FIRMA:	
NOMBRE DE QUIEN LO SOLICITA		CARGO:		FIRMA:	

12.5 ETAPA 5. Proceso mantenimiento preventivo y planeado rápido:

Después de haber identificado las áreas específicas que presentan mayor deterioro y la cantidad de partes y repuestos que están desgastados, que se encuentren apartadas por no cumplir con ciertas reglas necesarias del producto, estén dañadas, pero se pueden mandar arreglar para luego reutilizarlas, se pretende, recopilar todas las piezas en mal estado, y todos los elementos que utilicen para la producción de envases PET, y sustituirlos o cambiarlos para un mejor desempeño de la máquina.

En la mayoría de ocasiones no hay tiempo para hacer el estudio de los modos de falla para cada uno de los equipos, y por esto se crea el plan de mantenimiento con mucha rapidez, por esto es más fácil hacer un estudio dividiendo los equipos por sistemas de la siguiente manera y se mencionaran sus posibles modos de falla y sus respectivos mantenimientos y el tiempo en que se realizan:

Sistema de seguridad: Son los elementos que proporcionan seguridad al operador de la máquina y que minimice los riesgos de accidente, en estas máquinas están los sensores de cierre de la compuerta del molde, perilla de paro de emergencia, rejillas de protección de dos tipos fijas y móviles.

Modos de falla:

Tabla 14. Modos de falla del sistema de seguridad.

FALLA	POSIBLES CAUSAS	ACCION CORRECTIVA
SENSORES DE PROXIMIDAD HUMEDOS	MAL USO DEL OPERARIO, AMBIENTE	LIMPIAR
PUERTAS BARANDAS AVERIADAS	MAL USO DEL OPERARIO Y TECNICOS, CUMPLIO SU VIDA UTIL	ENDEREZAR, LIJAR, PINTAR, O EN SU DEFECTO MANDARLA HACER Y CAMBIAR

Mantenimiento: Cada 6 meses:

- Desenergizar la máquina.
- Verificar estado de las puertas y barandas (corrosión, flojas)
- Energizar la máquina.
- Medir continuidad y verificar funcionamiento de los sensores.

Sistema de lubricación: Son los elementos encargados del abastecimiento del lubricante en las partes móviles, en estos equipos están las graseras únicamente.

Modos de falla:

Tabla 15. Modos de falla del sistema de lubricación.

FALLA	POSIBLES CAUSAS	ACCION CORRECTIVA
GRASERAS ACHATADAS	MAL AJUSTE DE LOS TECNICOS O SON GOLPEADAS EN UN CAMBIO DE REFERENCIA	CAMBIO

Mantenimiento: Cada 6 meses:

- Verificar cada una de las graseras.
- Solicitar las que sean para cambio.
- Cambiar las graseras.

Sistema eléctrico: Elementos encargados de conducir la energía eléctrica o de transformarla, acá encontramos los tableros eléctricos, cables, interruptores, relés, temporizadores.

Modos de falla:

Tabla 16. Modos de fallas del sistema eléctrico.

FALLA	POSIBLES CAUSAS	ACCION CORRECTIVA
QUEMA DE UNA VELA DEL HORNO	TEMPERATURA INADECUADA, CUMPLIO TIEMPO DE VIDA UTIL	CAMBIO DE VELA POR UNA NUEVA
DAÑO EN LA TERMOCUPLA	CAMBIO BRUSCO DE TEMPERATURA	CAMBIO DE TERMOCUPLA
MOTOR DEL HORNO GIRA LENTAMENTE	CARGA O TENSION INSUFICIENTE	VERIFICAR QUE LAS CONEXIONES ESTEN EN CORRECTO ESTADO
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	MALA CONEXIÓN, CUMPLIO TIEMPO DE VID UTIL	VERIFICAR QUE LAS CONEXIONES ESTEN EN CORRECTO ESTADO O CAMBIAR
FALLO EN LOS SENSORES	SENSORES HUMEDECIDOS, RUPTURA DE CONEXIONES	LIMPIAR, MEDIR CONTINUIDAD

Mantenimiento: Cada 3 meses:

- Desenergizar la máquina.
- Revisar las líneas de potencia del tablero, que se encuentren bien ajustados y los cables a temperatura recomendables. (baja temperatura).
- Que estén haciendo optimo contacto y en buen estado todas las conexiones y los fusibles a temperatura ambiente.
- Revisar los componentes de la tarjeta y limpiar con limpiador electrónico.
- Limpiar el gabinete con limpiador electrónico.
- Encender el equipo y comprobar su funcionamiento.

Figura 13. Controladores de temperatura.



Figura 14. Horno y velas del horno.



Sistema mecánico: Elementos mecánicos destinados a la transmisión de movimientos, encontramos motores, acoplamientos, bombas, reductores, transmisiones, ejes, correas, cadenas, engranajes.

Modos de falla:

Tabla 17. Modos de falla del sistema mecánico.

FALLA	POSIBLES CAUSAS	ACCION CORRECTIVA
DESAJUSTE O APERTURA Y CIERRE DE MOLDE ERRADO	ATASCAMIENTO POR MALA CALIBRACION	MEDIR TODOS LOS BRASOS DEL PORTA MOLDE Y CENTRARLO
RECALENTAMIENTO DEL MOTOR DEL HORNO	SOBRE CARGA POR TENSION EN LAS CADENAS	VERIFICAR QUE NO HAYA PREFORMAS EN LOS ENGRANES
DESGASTE DE PASADORES	CUMPLIO SU VIDA UTIL, MALA CALIBRACION DE AJUSTE CONTINUAMENTE	CAMBIAR LOS PASADORES
DESGATE DE BRAZOS DE LA BANDEJA	CUMPLIO SU VIDA UTIL, MALA CALIBRACION DE AJUSTE CONTINUAMENTE	CAMBIAR LOS PASADORES

Mantenimiento: Cada 6 meses:

- Tomar medidas de la bandeja porta molde para comprobar que este centrado.
- Verificar que todos los eslabones de las cadenas estén en correcto estado.
- Lubricar los pasadores y los brazos de la bandeja por sus respectivas graseras.
- Verificar los piñones de conexión del motor.

Figura 15. Motor del horno.



Figura 16. Bandeja porta molde.



Sistema neumático: Elementos destinados a conducir aire comprimido o transformar la energía neumática en energía mecánica, tenemos actuadores neumáticos, válvulas, filtros, reguladores.

Modos de falla:

Tabla 18. Modos de falla del sistema neumático.

FALLA	POSIBLES CAUSAS	ACCION CORRECTIVA
DESGASTE DE LOS SELLOS DEL CILINDRO	CUMPLIO SU VIDA UTIL, MALA CALIBRACION DE AJUSTE CONTINUAMENTE	CAMBIAR LOS SELLOS
DESGASTE DEL VASTAGO	CUMPLIO SU VIDA UTIL, MALA CALIBRACION DE AJUSTE CONTINUAMENTE	MANDAR A REPARAR CON UN CONTRATISTA
FUGA EN LAS MANGUERAS	ROCE CON OTRA PIEZA DE LA MAQUINA, CRISTALIZADA POR TEMPERATURA	CAMBIO DE LA MANGUERA
BAJA PRESION	TUBERIA OBSTRUIDA, MANGUERAS EN MAL ESTADO	VERIFICAR PRESION DEL COMPRESOR, LIMPIAR TUBERIA EN VACIO

Mantenimiento: Cada 2 meses:

- Verificar presión de los compresores.
- Comprobar que las mangueras no tengan fuga y que las válvulas estén totalmente abiertas.
- Analizar los cilindros que no estén flojos y si es así ajustarlos.

Figura 17. Mangueras neumáticas.



Sistema de control: Elementos destinados a realizar controles de las funciones de los equipos estos son sensores, tablero eléctrico, actuadores, relés, PLC.

Modos de falla:

Tabla 19. Modos de falla del sistema de control.

FALLA	POSIBLES CAUSAS	ACCION CORRECTIVA
PULSADORES DAÑADOS	MAL USO DEL OPERARIO, CABLES DESCONECTADOS	VERIFICAR CONTINUIDAD, CAMBIAR SI ESTAN MALOS O AJUSTAR
BOTONES DEL TABLERO DAÑADOS	MAL USO DEL OPERARIO O CUMPLIO SU VIDA UTIL	CAMBIAR
TARJETA NO MANDA LAS SEÑALES	HUMEDAD, MAL USO DEL OPERARIO, CABLE DESCONECTADOS	LIMPIAR, MANDAR A REPARAR

Mantenimiento: Cada 6 meses:

- Desenergizar la máquina.
- Verificar conexiones y pulsadores.
- Encender la maquina comprobar continuidad.

Se establecerán los parámetros para cada referencia de moldes los cuales se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 20. Parámetros para la temperatura.

REFERENCIA	VELA 1	VELA 2	VELA 3	VELA 4	
ALLURE 120	200	110	45		
ALLURE 260	220	120	85	135	
ALLURE 420	225	90	100	145	
APPLE 300	245	120	100	120	
BALA 120	200	80	60		
BALA 20	220	70			
BALA 250	210	100	80	35	
BALA 30	230	80			
BALA 500	210	120	80	55	
BALA 60	220	80	35		
BAMBU 100	230	100	20		
BOLITA 300	235	120	110	90	
CAMPANA 500	275	135	95	190	65
CAPRI 250	230	120	90	90	
CAPRI 500	235	125	75	100	45
CHAMPAGNE 260	245	155	60	175	
CONICO 285	220	135	90	180	
COOPER 35	220	70			
CORAZON 140	220	95	80		
DIAMANTE 40	220	75			
DIAMOND 180	220	110	75	25	
DIVA 250	230	155	75	160	
DIVA 380	225	120	60	70	15
ENSUEÑO 1000	285	155	80	90	90
ENSUEÑO 130	220	80	60		
ENSUEÑO 250	245	125	65	155	
ENSUEÑO 500	240	145	85	95	90
ESCADA 160	220	80	65		

ESPUMERO 80	220	80	55		
FAMILE	220	75			
FLOR 130	220	60	90		
FLOR 30	230	85			
FLOR 60	220	83			
FORZA 210	225	100	110	85	
FOX 40	215	77			
GLITTER 135	215	80	45		
GOTA 410	245	135	90	95	15
JABONERO 300	235	125	90	80	
JAR 200	200	185	90	135	
JORDY 130	215	90	35		
JORDY 275	245	155	45	110	
KARINA 500	245	145	65	85	45
KITTY 35	225	75			
LADDER 35	230	65			
LADY 85	215	85	25		
LAGRIMA 380	220	120	90	90	
LEFEM 110	230	80	35		
MILK 440	245	130	65	90	35
MULTIUSO 400	230	140	45	100	
NOVA 120	220	90	45		
OMBLIGO 70	220	90			
OSO YOGUI 230	215	190	100	85	
OVAL 250	230	90	100	135	
OVAL 440	235	125	20	95	25
PARFUM 55	180	90	60		
PERLIER 330	200	190	80	180	
PIRAMIDAL 220	225	160	110	135	
PRINCESA 80	195	80	45		

PURE 160	230	85	60		
PYRAMIDAL 55	200	80	15		
ROUND 30	220	45			
RUBY 230	200	135	85	120	
SECRET 250	230	100	120	110	
SIRENA 130	220	80	45		
SPA 300	225	135	100	145	
TESORO 65	215	75	15		
TRIANGULAR 150	200	100	75		
TRIANGULAR 250	220	150	145	90	
VODKA 260	220	175	100	80	
ZARA 180	190	85	75	45	
ZIPA 260	220	150	85	85	
ZIPA 90	220	80	35		

Tabla 21. *Parámetros para soplado.*

REFERENCIA	PRE- SOPLADO	SOPLADO	LLENADO	ENFRIAMIENTO
ALLURE 120	2.0	1.5	0.5	0.5
ALLURE 260	3.0	1.7	0.6	0.6
ALLURE 420	3.4	2.0	1.0	1.0
APPLE 300	3.1	1.8	0.7	0.7
BALA 120	2.0	1.5	0.5	0.5
BALA 20	1.0	1.0	0.2	0.2
BALA 250	3.0	1.7	0.6	0.6
BALA 30	1.0	1.0	0.2	0.2
BALA 500	3.8	2.4	1.3	1.3
BALA 60	1.1	1.1	0.7	0.7
BAMBU 100	1.8	1.5	0.5	0.5
BOLITA 300	3.1	1.8	0.7	0.7
CAMPANA 500	3.8	2.4	1.3	1.3
CAPRI 250	3.0	1.7	0.6	0.6
CAPRI 500	3.8	2.4	1.3	1.3
CHAMPAGNE 260	3.0	1.7	0.6	0.6
CONICO 285	3.0	1.7	0.6	0.6
COOPER 35	1.1	1.1	0.7	0.7
CORAZON 140	2.1	1.6	0.5	0.5
DIAMANTE 40	1.1	1.1	0.7	0.7
DIAMOND 180	2.1	1.7	0.6	0.6
DIVA 250	3.0	1.7	0.6	0.6
DIVA 380	3.4	2.0	1.0	1.0
ENSUEÑO 1000	4.4	2.8	1.5	1.5
ENSUEÑO 130	2.1	1.6	0.5	0.5
ENSUEÑO 250	3.0	1.7	0.6	0.6
ENSUEÑO 500	3.8	2.4	1.3	1.3
ESCADA 160	2.1	1.7	0.6	0.6

ESPUMERO 80	1.1	1.2	0.7	0.7
FAMILE 60	1.1	1.1	0.7	0.7
FLOR 130	2.0	1.6	0.6	0.5
FLOR 30	1.0	1.0	0.6	0.6
FLOR 60	1.1	1.1	0.7	0.7
FORZA 210	2.9	1.6	0.6	0.6
FOX 40	1.1	1.1	0.7	0.7
GLITTER 135	2.0	1.5	0.5	0.5
GOTA 410	3.4	2.0	1.0	1.0
JABONERO 300	3.0	1.7	0.6	0.6
JAR 200	2.9	1.6	0.6	0.6
JORDY 130	2.0	1.6	0.6	0.5
JORDY 275	3.0	1.7	0.6	0.6
KARINA 500	3.8	2.4	1.3	1.3
KITTY 35	1.1	1.1	0.7	0.7
LADDER 35	1.1	1.1	0.7	0.7
LADY 85	1.3	1.2	0.7	0.7
LAGRIMA 380	3.4	2.0	1.0	1.0
LEFEM 110	2.0	1.5	0.5	0.5
MILK 440	3.4	2.0	1.0	1.0
MULTIUSO 400	3.4	2.0	1.0	1.0
NOVA 120	2.0	1.5	0.5	0.5
OMBLIGO 70	1.2	1.2	0.7	0.7
OSO YOGUI 230	2.9	1.6	0.6	0.6
OVAL 250	3.0	1.7	0.6	0.6
OVAL 440	3.4	2.0	1.0	1.0
PARFUM 55	1.2	1.1	0.7	0.7
PERLIER 330	3.1	1.7	0.7	0.6
PIRAMIDAL 220	2.8	1.5	0.6	0.5
PRINCESA 80	1.3	1.2	0.7	0.7

PURE 160	2.1	1.5	0.6	0.5
PYRAMIDAL 55	1.2	1.1	0.7	0.7
ROUND 30	1.1	1.1	0.7	0.7
RUBY 230	3.0	1.6	0.6	0.6
SECRET 250	3.0	1.7	0.6	0.6
SIRENA 130	2.0	1.6	0.6	0.5
SPA 300	3.0	1.8	0.7	0.6
TESORO 65	1.2	1.2	0.7	0.7
TRIANGULAR 150	2.1	1.5	0.6	0.5
TRIANGULAR 250	3.0	1.7	0.6	0.6
VODKA 260	3.0	1.7	0.6	0.6
ZARA 180	2.1	1.7	0.6	0.6
ZIPA 260	3.0	1.7	0.6	0.6
ZIPA 90	1.3	1.2	0.7	0.7

13 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se muestra el cronograma de actividades el cual se procedió desde el inicio del proyecto hasta su respectiva culminación como se evidencia en la tabla.

Tabla 22. Cronograma de actividades.

AÑO	2017																				2018																	
MES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL					
TAREAS / SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
RECOPILACION DE INFORMACION	■	■	■	■																																		
ESTUDIO DE LA INFORMACION					■	■	■	■																														
DETERMINAR EQUIPOS CRITICOS								■	■	■	■																											
ANALIZAR DISPONIBILIDAD													■	■	■	■																						
MATRIZ AMEF																	■	■	■	■																		
CRITICIDAD SEGÚN AMEF																																						
ASESORIA											■	■																										
DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO																																						
ANALISIS DEL PRESUPUESTO																																						
VIABILIDAD																																						
REDACCION																																						

14 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

A continuación, se presenta un presupuesto de gastos para el desarrollo del proyecto.

Tabla 23. Presupuesto del proyecto.

Concepto	Presupuesto
Gastos generales	\$ 350.000
Papelería y útiles de escritorio (Fotocopias)	\$ 350.000
Gastos de Oficina	\$ 3.290.000
Horas de Computador	\$ 600.000
Libros, revistas y periódicos	\$ 450.000
Portes, fletes y acarreos	\$ 180.000
Viáticos	
Gastos de viaje	\$ 1.400.000
	\$ 1.200.000
Gastos de personal	\$ 13.034.181
Profesionales del Proyecto, dedicación parcial	\$ 7.600.000
Profesional de apoyo al Proyecto, dedicación parcial	\$ 4.400.000
Técnico de apoyo	\$ 1.034.181
Valor Total	\$ 17.214.000

15 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda a la empresa BOLTEN LIMITADA, que ponga en práctica el plan de mantenimiento preventivo, realizando las rutinas del plan, siguiendo todos los pasos que se indican, sin dejar pasar por alto ningún punto.
- Se hace necesario que todas las personas se comprometan y se apropien con los trabajos propuestos, siendo responsables y cumpliendo a cabalidad cada punto planteado anteriormente, tanto mantenimiento como producción.
- Cuando ingrese una persona nueva al área de mantenimiento o de producción, es importante capacitarlo, para seguir con lo propuesto y que no se pierda la cadena de progreso.
- Se recomienda implementar políticas que faciliten la cultura del mantenimiento preventivo dentro del ámbito laboral de la empresa, así mismo de la actualización por lo menos de cada año de todos los formatos con los que se administra el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Especialización gerencia de mantenimiento UIS. 162P.

HALMUT, Ruder. Electrónica industrial. 1ed. Madrid: Reverte. (1997). 145p. ISBN: 429134360.

MOLINA, José. Mantenimiento y seguridad industrial. Maracaibo, 2003.

RAMÍREZ ORTIZ, Jhon Jairo. JOLY BURGOS, María Helena. Diseño de un plan maestro de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos de Fervill Ltda. Programa de administración industrial. Universidad de Cartagena. Año 2005.