



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PRÁCTICA PROFESIONAL

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINA

EMBOTELLADORA AUTOMÁTICA, SEMVASA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21241097

MIGUEL ABRAHAM RIVERA PINEDA

ASESOR: ING. JAVIER VILLANUEVA

CAMPUS: SAN PEDRO SULA

ABRIL, 2018

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)

SAN PEDRO SULA

Estimados Señores:

La presentación del documento de práctica profesional forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Yo, MIGUEL ABRAHAM RIVERA PINEDA de San Pedro Sula, autor del trabajo de grado titulado: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINA EMBOTELLADORA AUTOMÁTICA, presentado y aprobado en el año 2018, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Mecatrónico, autorizo a:

Las bibliotecas de los Centros de Recursos para el aprendizaje y la investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, ETC., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de los derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de los cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 22 días del mes de diciembre de dos mil diecisiete.

[Fecha de Defensa]

Miguel Abraham Rivera Pineda

21241097

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Javier Villanueva

Asesor UNITEC

UNITEC

Ing. Javier Villanueva

Jefe Académico de Ingenierías| UNITEC

RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesis, se basa, en la implementación de un Sistema de Mantenimiento industrial, que agrupa ciclo de vida, personas, instalaciones, entre otros elementos.

El tema de estudio tiene como fundamento teórico la Norma UNE-EN13460, la cual aún no tiene un documento similar del tipo NTP en nuestro país, la adecuación de esta norma en principios de Gestión para el Mantenimiento Industrial, para nuestra realidad, es una tarea de todos aquellos profesionales involucrados en el tema.

De acuerdo a la información recopilada y la realización de un análisis de la realidad del Mantenimiento Industrial en nuestro país para la PYME; se realizan recomendaciones para una adecuada gestión del mantenimiento de equipos con los que cuenta la empresa Servicios Múltiples del Valle S.A. de C.V.

El resultado de una correcta y adecuada implementación de un Sistema de Mantenimiento Industrial, basado en términos de calidad, seguridad, conservación del medio ambiente y confiabilidad, está reflejada en la disminución del coste del mantenimiento, pues esta así demostrado en otros países.

El rápido e importante desarrollo que refleja nuestra industria, nos obliga a pensar que se deberán tomar metodologías como la sustentada en esta tesis; estas metodologías nos muestran los primeros indicadores a tomar en cuenta para la correcta implementación de un Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial, basándonos en las experiencias de otros países como los europeos.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.1.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
2.2.	DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD.....	2
2.3.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.	OBJETIVOS.....	3
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	3
III.	MARCO TEÓRICO.....	4
4.1.	MOTOR ELECTRICO TRIFASICOS.....	4
4.2.	VARIADORES DE FRECUENCIA.....	6
4.2.1.	FUNCIONAMIENTO.....	7
4.3.	NEUMÁTICA.....	8
4.4.	CINTAS TRANSPORTADORAS.....	10
4.5.	SENSORES DE PROXIMIDAD.....	13
4.5.1.	INTERRUPTORES DE POSICIÓN.....	13
4.5.2.	CAPACITIVOS.....	13
4.5.3.	INDUCTIVOS.....	13
4.5.4.	FOTOELÉCTRICOS.....	14
4.5.5.	ULTRASÓNICO.....	14
4.5.6.	MAGNÉTICO.....	14
4.6.	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS.....	15
4.7.	MANTENIMIENTO.....	19
4.7.1.	OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO.....	20

4.7.2.	TIPOS DE MANTENIMIENTO	21
4.7.3.	TIPOS DE MANTENIMIENTO	22
IV.	METODOLOGÍA.....	23
5.1.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	23
5.2.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO APLICADOS	23
5.2.1.	LEVANTAMIENTO DE INVENTARIO FÍSICO	23
5.2.2.	CATEGORIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE LAS MAQUINAS.....	25
5.2.3.	DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO.....	26
5.2.4.	DETERMINACIÓN DE LAS PERIODICIDADES DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO.....	29
5.2.5.	DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL MANTENIMIENTO.....	32
5.3.	FUENTES DE INFORMACIÓN	32
5.4.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	32
5.5.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	34
V.	RESULTADOS.....	36
6.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	36
6.2.	ELABORACIÓN DEL PFMEA	38
VI.	APORTACIONES	39
VII.	CONCLUSIONES.....	40
VIII.	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFÍA.....	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: MOTOR TRIFÁSICO CON REDUCTOR DE VELOCIDAD.....	4
---	---

ILUSTRACIÓN 2: VOLTAJE DE LAS FASES DE UN SISTEMA TRIFÁSICO EQUILIBRADO. ENTRE CADA UNA DE LAS FASES HAY UN DESFASE DE 120°	6
ILUSTRACIÓN 3: VARIADOR DE FRECUENCIA UTILIZADO PARA REGULAR LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS ACOPLADOS A LAS BANDAS TRANSPORTADORAS.....	7
ILUSTRACIÓN 4: PISTONES NEUMÁTICOS UTILIZADOS EN MAQUINA EMBOTELLADORA DE AGUA.	9
ILUSTRACIÓN 5: ELEMENTOS DEL CIRCUITO Y FINALMENTE GENERAR AUTOMATISMOS SECUENCIALES	10
ILUSTRACIÓN 6: BANDA TRANSPORTADORA UTILIZADA PARA MOVILIZAR LOS BOTELLONES SANITIZADOS AL ÁREA DE LLENADO	11
ILUSTRACIÓN 7: DIFERENTES TIPOS DE SENSORES DE PROXIMIDAD.	15
ILUSTRACIÓN 8: ESQUEMA DEL INVENTARIO FÍSICO	25
ILUSTRACIÓN 9: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN Y PONDERACIÓN	26
TABLA 2: TAREAS DE MANTENIMIENTO.....	27
TABLA 3: SECCION DEL PFMEA REALIZADO	38

GLOSARIO

Plan de mantenimiento: Conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos.

Frecuencia de tareas: Criterio que determina la periodicidad con la que hay que realizar cada una de las tareas que componen un plan de mantenimiento.

Especialidad requerida: Criterio que nos permite diferenciar las tareas que realizan unos profesionales u otros, de forma que al generar las órdenes de trabajo correspondientes no se envíe al especialista eléctrico lo que debe realizar el especialista mecánico y viceversa.

Duración de tareas: Criterio que determina el periodo de tiempo aproximado que toma realizar de manera eficaz las tareas en un plan de mantenimiento.

Estado de producción: Criterio que determina si para llevar a cabo una tarea de terminada puede ser conveniente que el equipo, el sistema al que pertenece o incluso toda la planta estén paradas o en marcha.

AMFE: Un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

I. INTRODUCCIÓN

Recientemente, las organizaciones manufactureras y de servicios se han visto sometidas a una enorme presión para ser competitivas y ofrecer una entrega oportuna de productos de calidad. Este nuevo entorno ha obligado a los gerentes e ingenieros a optimizar todos los sistemas que intervienen en sus organizaciones.

El mantenimiento, como un sistema, tiene una función clave en el logro de las metas y objetivos de la empresa, contribuyendo a reducir los costos, minimizar el tiempo muerto de los equipos, mejorar la calidad, incrementar la productividad y contar con un equipo confiable para lograr la entrega oportuna de las órdenes a los clientes.

Existiendo varios tipos de mantenimiento, es el preventivo el que más se adapta a las anteriores características, siendo así el enfoque preferido para la administración de activos y garantía de la calidad del producto final, ya que puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia, reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias.

En atención a lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta el deber ser empresarial y de producción, vale acotar que la problemática que sustentó la formulación del presente trabajo se derivó de la insuficiente información que contienen las máquinas de *Servicios Múltiples del Valle S.A. de C.V.*, de manera que cuando interrumpe la producción por fallas inesperadas se generan pérdidas de dinero y tiempo. Por consiguiente, la disponibilidad de un manual de mantenimiento proveería a los operadores y técnicos información puntual y precisa al momento de ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo planificadas por el departamento encargado. Generalidades de la Empresa

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Servicios Múltiples del Valle S.A. de C.V. (SEMVASA), es una empresa fundada en enero del 2010 especializada en el tratamiento, embotellamiento y distribución de agua bajo los más rigurosos estándares de calidad. SEMVASA principalmente embotella agua en envases de 5 galones (18.9271 L), comúnmente denominados como “botellones”, para el mercado local, distribuyendo sus productos a nivel departamental. Actualmente la empresa tiene una producción mensual de +50,000 botellones. Para lograr esta masiva producción y distribución de botellones con agua, SEMVASA cuenta con sistema riguroso de tratamiento compuesto de varios subsistemas automatizados de purificación.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

El departamento bajo el cual se desarrolló el presente proyecto de creación de una red virtual privada para un medio industrial es el departamento de desarrollo e implementación de proyectos. En este, se llevan a cabo las tareas de planificación de presupuesto, diseño de prototipos para distintas configuraciones de instalación para equipos de automatización, elaboración de diagramas eléctricos, desarrollo de sistemas para supervisión y adquisición de datos, creación de la topología de red para la comunicación de dispositivos y la conexión de la red eléctrica y de comunicación de todos los equipos necesarios para un proyecto.

2.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de los volúmenes de producción en SEMVASA resulta crucial el buen funcionamiento de los equipos automatizados para la purificación y embotellamiento del agua. Los paros no programados resultan en horas extras laborales y en riesgo de no completar la producción necesaria para abastecer la demanda. Actualmente SEMVASA incurre en un mantenimiento correctivo y almacena algunos repuestos que presentan fallas con mayor ocurrencia. El ahorro al implementar un plan de mantenimiento preventivo sería de gran beneficio para las operaciones de SEMVASA y su crecimiento periódico en capacidad de producción para suplir la creciente demanda de agua tratada para el consumo diario de la población de la zona norte.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ante la necesidad de tener procesos de producción confiables es indispensable la implementación de un plan de mantenimiento que prevenga los modos de falla más habituales que se presentan durante el funcionamiento prolongado de las maquinas embotelladoras de SEMVASA.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Crear un plan de mantenimiento, el cual incluya un estudio profundo de los modos de falla más frecuentes y/o de mayor impacto para los procesos de SEMVASA y que permita procesos más confiables, reducción de costos por paros no programados y mayores capacidades de producción.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar los modos de fallas de mayor ocurrencia y/o mayor impacto para la realización de un AMFE.
- 2) Calcular predicciones en ahorro de tiempo y costos operativos al implementarse correctamente el plan de mantenimiento desarrollado en esta tesis.
- 3) Entrenar al personal en tareas básicas de mantenimiento para el equipo de control.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La implementación de un plan de mantenimiento en los procesos productivos de SEMVASA permitirá tener una mayor confianza en la capacidad de producción real de la empresa, permitiéndole satisfacer la creciente demanda de sus productos. Así mismo una se justifica este proyecto gracias a los ahorros de tiempo y costos operativos gracias a la disminución de paros no programados

III. MARCO TEÓRICO

4.1. MOTOR ELECTRICO TRIFASICOS

Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator (o parte fija del motor).



Ilustración 1: Motor trifásico con reductor de velocidad.

FUENTE: (SEMVASA)

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que, al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par en el motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica. (Augie Hand, 2002).

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que, si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor. (Rex Miller, 2007).

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

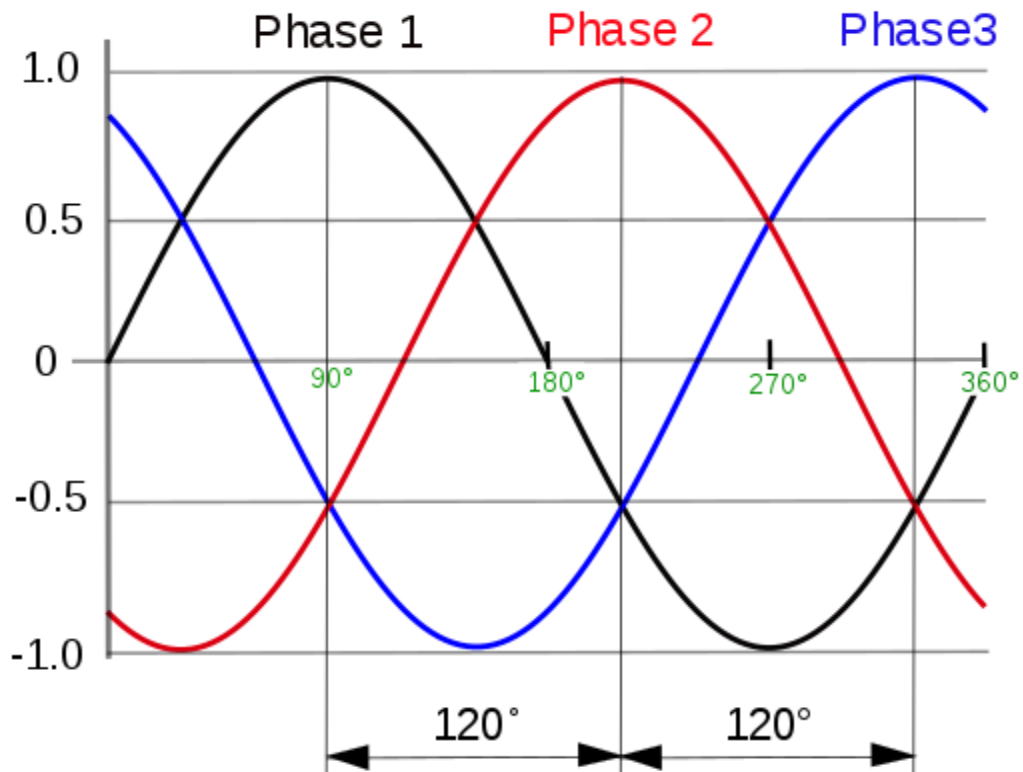


Ilustración 2: Voltaje de las fases de un sistema trifásico equilibrado. Entre cada una de las fases hay un desfase de 120°.

FUENTE: (MESSERLY, 2008)

4.2. VARIADORES DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia). (Fraiela Mora, Jesus, 2008).



Ilustración 3: Variador de frecuencia utilizado para regular la velocidad de los motores trifásicos acoplados a las bandas transportadoras.

FUENTE: (SEMVASA)

4.2.1. FUNCIONAMIENTO

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación:

Ecuación 1: Función para encontrar la Relación de revoluciones por minutos a partir de la frecuencia y el número de polos de un motor eléctrico.

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde RPM = Revoluciones por minuto, f = frecuencia de suministro AC (Hercio), p = Número de polos

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3600 RPM, 1800 RPM, 1200 RPM y 900 RPM respectivamente para motores sincrónicos

únicamente y a la frecuencia de 60 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de tener par en los momentos en los que alcanzase al campo magnético).

La forma de variar la frecuencia básicamente consta de cambiar el ciclo de trabajo (tiempo ON y tiempo OFF en un período) de una onda cuadrada periódica, de tal forma que el valor medio de la tensión (el promedio) a lo largo del tiempo varíe entre V máximo y V mínimo. (ver figura a su derecha). La velocidad con que variamos el ciclo de trabajo, o sea su valor medio, será la frecuencia de variación del valor medio.

Esto físicamente se logra a través de "llaves electrónicas" de conmutación que son los IGBT (transistores bipolares de compuerta aislada) que actúan como interruptores que al cerrarse y abrirse por medio de un software específico conforman la onda cuadrada, que permite obtener la señal sinusoidal.

4.3. NEUMÁTICA

La neumática es la tecnología que emplea un gas, normalmente aire comprimido, como elemento de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar diferentes mecanismos. Los procesos consisten en disponer de la presión de aire y a hacer que esta energía acumulada actúe sobre los elementos del circuito neumático (por ejemplo, los cilindros) para que estos efectúen un trabajo útil. Como se dijo anteriormente, por lo general el gas utilizado es el aire comprimido, pero para aplicaciones especiales puede usarse el nitrógeno u incluso otros gases inertes.

Dicho de otra forma, la neumática utiliza aire comprimido que hacemos circular por tuberías hacia donde nos va bien y esta energía de la que dispone el aire comprimido se

utiliza para mover, abrir, cerrar, etc. elementos del circuito y finalmente generar automatismos secuenciales.



Ilustración 4: Pistones neumáticos utilizados en maquina embotelladora de agua.

FUENTE: (SEMVASA)

La facilidad de uso del aire comprimido y el hecho de que pueda ser generado localmente, hacen que tenga múltiples aplicaciones. Como fuente de energía, para el uso en movimiento de maquinaria, actuadores, soplado, sistemas de frenos, elevación, etc.

Como aire acumulado, para los sistemas de respiración humana, soplado, ventilación, procesos biológicos, etc. Los circuitos neumáticos básicos están formados por una serie de elementos que tienen la función de la generación de aire comprimido, su almacenamiento, distribución y control para efectuar un trabajo útil por medio de unos actuadores llamados cilindros.



Ilustración 5: Elementos del circuito y finalmente generar automatismos secuenciales

FUENTE: (SONEIRA, 2017)

La neumática hoy en día, tiene infinidad de aplicaciones como pueden ser la apertura o cierre de puertas en trenes o autobuses, levantamiento de grandes pesos, accionamientos para mover determinados elementos en los procesos productivos, etc. (Akers, Gassman, Smith, 2006)

El control del cilindro, para que realice lo que nosotros deseamos, se hace mediante válvulas. Estas válvulas, si lo comparamos con la electricidad, hacen el mismo trabajo que los interruptores, pulsadores, conmutadores, etc. y mediante tubos conductores por los que circula el fluido (equivalente a los conductores eléctricos) se transmite la energía de un sitio a otro. Neumática e hidráulica prácticamente solo se diferencia en el fluido, en uno es aire y en el otro agua o aceite.

4.4. CINTAS TRANSPORTADORAS

Una cinta transportadora o banda transportadora o transportador de banda o cintas francas es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores.



Ilustración 6: Banda transportadora utilizada para movilizar los botellones sanitizados al área de llenado

FUENTE: (SEMVASA)

Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, que a la vez este es accionado por su motor. Esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora, habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores. Denominados rodillos de soporte.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad y/o de la inercia.

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias).

A menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés.

Las cintas transportadoras ligeras, se usan como componentes en las cadenas de montaje, como extracción en procesos de fabricación, como enlace y fundamentalmente como ayuda en el transporte de cargas. Asimismo, son utilizadas en distribución y almacenaje automatizados.

Combinados con equipos informatizados de manejo de palés (normalmente transportados por caminos de rodillos), permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Esta misma tecnología se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas y escaleras mecánica y en muchas cadenas de montaje industriales. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos comprados. Las estaciones de esquí también usan cintas transportadoras para remontar a los esquiadores.

Los transportadores se utilizan como componentes en la distribución automatizada y almacenamiento. En combinación con manejo equipos computarizados para tarimas permiten que se realice eficientemente el almacenamiento, manufactura y distribución de materiales en la industria.

Además, se considera que minimiza el trabajo y que permite el movimiento de grandes volúmenes rápidamente; permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores y con un menor gasto. El uso de cintas transportadoras está indicado especialmente en el procesamiento de productos

industriales, agroindustriales, agrícolas, mineros, automotrices, navales o farmacéuticos; en general, cualquier tipo de material que se traslade a granel.

Las cintas transportadoras pueden trabajar con movimiento vertical, horizontal o inclinado, dependiendo de los materiales que se quieran transportar.

4.5. SENSORES DE PROXIMIDAD

Un sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. (Maloney, Timothy J., 2006).

Según su principio físico de funcionamiento, los podemos clasificar en las siguientes categorías:

4.5.1. INTERRUPTORES DE POSICIÓN

El final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. (Antonio Serna, 2010).

4.5.2. CAPACITIVOS

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector. (Antonio Serna, 2010).

4.5.3. INDUCTIVOS

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal

y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF".

4.5.4. FOTOELÉCTRICOS

El receptor de rayos infrarrojos suele ser un fototransistor o un fotodiodo. El circuito de salida utiliza la señal del receptor para amplificarla y adaptarla a una salida que el sistema pueda entender. La señal enviada por el emisor puede ser codificada para distinguirla de otra y así identificar varios sensores a la vez. (W. Bolton, 2013).

4.5.5. ULTRASÓNICO

Los sensores de ultrasonidos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8m. El sensor emite impulsos ultrasónicos. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración.

Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo, han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco. (Maloney, Timothy J., 2006).

4.5.6. MAGNÉTICO

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto.

(W. Bolton, 2013).



Ilustración 7: Diferentes tipos de sensores de proximidad.

FUENTE: (ANTONIO SERNA, 2010)

4.6. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

Un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

Es utilizado habitualmente por empresas manufactureras en varias fases del ciclo de vida del producto, y recientemente se está utilizando también en la industria de servicios. Las causas de los fallos pueden ser cualquier error o defecto en los procesos o diseño, especialmente aquellos que afectan a los consumidores, y pueden ser potenciales o reales. El término análisis de efectos hace referencia al estudio de las consecuencias de esos fallos.

En un AMFE, se otorga una prioridad a los fallos dependiendo de cuan serias sean sus consecuencias, la frecuencia con la que ocurren y con qué dificultad pueden ser localizadas. Un AMFE también documenta el conocimiento existente y las acciones sobre riesgos o fallos que deben ser utilizadas para lograr una mejora continua. El AMFE se utiliza durante la fase de diseño para evitar fallos futuros. Posteriormente es utilizado en las fases de control de procesos, antes y durante estos procesos. Idealmente, un AMFE

empieza durante los primeros niveles conceptuales del proyecto y continúa a lo largo de la vida del producto o servicio.

La finalidad de un AMFE es eliminar o reducir los fallos, comenzando por aquellos con una prioridad más alta. Puede ser también utilizado para evaluar las prioridades de la gestión del riesgo. El AMFE ayuda a seleccionar soluciones que reducen los impactos acumulativos de las consecuencias del ciclo de vida (riesgos) del fallo de un sistema (fallo).

AMFE puede ofrecer un enfoque analítico al gestionar los modos de fallos potenciales y sus causas asociadas. Al tener en cuenta posibles fallos en el diseño de seguridad, coste, rendimiento, calidad o resistencia, un ingeniero puede obtener una gran cantidad de información sobre como alterar los procesos de fabricación para evitar estos fallos.

AMFE otorga una herramienta sencilla para determinar qué riesgo es el más importante, y por lo tanto que acción es necesaria para prevenir el problema antes de que ocurra. El desarrollo de estas especificaciones asegura que el producto cumplirá los requisitos definidos.

- Paso 1: Severidad o Gravedad

Determinar todos los modos de fallos basados en los requerimientos funcionales y sus efectos. Ejemplos de modos de fallos son: cortocircuitos eléctricos, corrosiones o deformaciones.

Es importante apuntar que un fallo en un componente puede llevar a un fallo en otro componente. El modo de fallos debe ser listado en términos técnicos y por función. Así, el efecto final de cada modo de fallo debe tenerse en cuenta. Un efecto de fallo se define como el resultado de un modo de fallo en la función del sistema percibida por el usuario. Por lo tanto, es necesario dejar constancia por escrito de estos efectos tal como los verá o experimentará el usuario. Ejemplos de efectos de fallos son: rendimiento bajo, ruido y daños a un usuario. Cada efecto recibe un número de severidad (S) que va desde el 1 (sin peligro) hasta el 10 (crítico). Estos números ayudarán a los ingenieros a priorizar los modos de fallo y sus efectos. Si la severidad de un efecto tiene un grado 9 o 10, se debe considerar cambiar el diseño eliminando el modo de fallo o protegiendo al usuario de su

efecto. Un grado 9 o 10 está reservado para aquellos efectos que causarían daño al usuario.

- Paso 2: Ocurrencia o Frecuencia

En este paso es necesario observar la causa del fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Esto puede lograrse mediante la observación de productos o procesos similares y la documentación de sus fallos. La causa de un fallo está vista como un punto débil del diseño. Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica. Ejemplos de causas son: algoritmos erróneos, voltaje excesivo o condiciones de funcionamiento inadecuadas.

Un modo de fallos recibe un número de probabilidad (O) que puede ir del 1 al 10. Las acciones deben desarrollarse si la incidencia es alta (>4 para fallos no relacionados con la seguridad y >1 cuando el número de severidad del paso 1 es de 9 o 10). Este paso se conoce como el desarrollo detallado del proceso del AMFE. La incidencia puede ser definida también como un porcentaje. Si un problema no relacionado con la seguridad tiene una incidencia de menos del 1% se le puede dar una cifra de 1; dependiendo del producto y las especificaciones de usuario.

- Paso 3: Detección

Cuando las acciones adecuadas se han determinado, es necesario comprobar su eficiencia y realizar una verificación del diseño. Debe seleccionarse el método de inspección adecuado. En primer lugar, un ingeniero debe observar los controles actuales del sistema que impidan los modos de fallos o bien que lo detecten antes de que alcance al consumidor.

Posteriormente deben identificarse técnicas de testeo, análisis y monitorización que hayan sido utilizadas en sistemas similares para detectar fallos. De estos controles, un ingeniero puede conocer qué posibilidad hay de que ocurran fallos y como detectarlos. Cada combinación de los dos pasos anteriores recibe un número de detección (D). Este número representa la capacidad de las pruebas planificados y las inspecciones de eliminar los defectos y detectar modos de fallos.

Tras estos tres pasos básicos se calculan los números de prioridad del riesgo conocido como (RPN).

Los números de prioridad del riesgo no son una parte importante de los criterios de selección de un plan de acción contra los modos de fallo. Son más bien un parámetro de ayuda en la evaluación de estas acciones. Después de evaluar la severidad, incidencia y detectabilidad los números de prioridad del riesgo se pueden calcular multiplicando estos tres números: $RPN = S \times O \times D$. Esto debe realizarse para todo el proceso o diseño. Una vez está calculado, es fácil determinar las áreas que deben ser de mayor preocupación. Los modos de fallo que tengan un mayor número de prioridad del riesgo deben ser los que reciban la mayor prioridad para desarrollar acciones correctivas. Esto significa que no son siempre los modos de fallo con los números de severidad más altos los que deben ser solucionados primero. Pueden existir fallos menos graves, pero que ocurran más a menudo y sean menos detectables. Tras asignar estos valores se recomiendan una serie de acciones con un objetivo, se reparten responsabilidades y se definen las fechas de implementación. Estas acciones pueden incluir inspecciones específicas, testeo, pruebas de calidad, rediseño, etc. Tras implementar las acciones en el diseño o proceso, debe comprobarse de nuevo el número de prioridad del riesgo para confirmar las mejoras. Estas pruebas se representan normalmente de forma gráfica para una fácil visualización. Siempre que se realicen cambios en un proceso o diseño, debe actualizarse el AMFE. Deben tenerse en cuenta algunos puntos obvios pero importantes:

- Intentar eliminar el modo de fallos (algunos fallos son más evitables que otros)
- Reducir la incidencia del modo de fallos
- Mejorar la detección

Nota: No se puede "Minimizar la severidad del fallo" dado que la severidad mide la gravedad del efecto (un hecho). Por ejemplo, si el efecto de un fallo es "posible muerte de un usuario", la severidad es "10" - se minimice o no la frecuencia del fallo.

4.7. MANTENIMIENTO

Debido a que a medida va pasando el tiempo el equipo mecánico en una planta se va degradando, se debe designar un grupo de personas que realicen el mantenimiento de las mismas. Estas actividades de mantenimiento consisten en cuidar y restaurar hasta un nivel económico, todos y cada uno de los medios de producción existentes en una planta (Grimaldi & Simond, 1996).

Para tener un concepto más amplio sobre el mantenimiento, este se puede definir como: "El conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad, y con el máximo rendimiento". (Garrida, 2009)

A medida que se presentaron los avances tecnológicos a finales del siglo XIX, el mantenimiento ha tenido que adaptarse a las nuevas tecnologías para lo cual ha pasado varias etapas. En los comienzos de la revolución industrial, el mantenimiento era realizado por el operario, el cual se encargaba de las reparaciones de las máquinas. Con el tiempo las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba. Por esta razón, se crearon los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Se puede hacer énfasis en que las tareas en estas épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a reparar las fallas que se producían en los equipos. (Garrida, 2003)

El mayor cambio se dio a partir de la Primera Guerra Mundial, y aún más, de la Segunda. Es aquí cuando aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento se enfocan en solucionar las fallas que se producen en equipos y en prevenirlas. Esto dio origen a otra cualidad que se le atribuye a los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. (Garrida, 2003)

Al darle prioridad a la prevención de fallas producidas en el equipo, el personal indirecto que no está involucrado directamente en la realización de producción aumenta, y con él los costes de mantenimiento. No obstante, se busca aumentar de manera fiable la producción, disminuir pérdidas por averías y sus costes asociados. A partir de esto

aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se puede decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica. (Garrida, 2003)

4.7.1. OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO

En la actualidad, el departamento de mantenimiento de una industria ya no tiene como objetivo central la reparación de falla, si no tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Asegurar disponibilidad. Asegurar que la instalación o el equipo estará en condiciones óptimas para producir un mínimo de horas determinado del año es el objetivo más importante del mantenimiento. Es erróneo considerar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la máxima disponibilidad posible, como decir un 100%. Esto se debe a que puede llegar a ser muy caro, improductivo. Por lo tanto, obtener un objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es generalmente considerado suficiente.
- Asegurar fiabilidad. A través de la fiabilidad se puede medir la capacidad de cumplir un plan de producción previsto de una planta. El cumplimiento de la producción planificada está comprometido generalmente con los clientes; por lo cual un incumplimiento del plan de producción puede llegar a resultar en penalizaciones económicas. De esto deriva la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación. (Garrida, 2009)
- Asegurar una larga vida útil de la instalación de acuerdo con el plazo de amortización de la planta. Las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Atenerse al presupuesto. Un departamento de mantenimiento debe conseguir todo lo expuesto anteriormente ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación. (Carvajal, 2016)

4.7.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Luego de los avances tecnológicos ocurridos después de las Guerras Mundiales, se desarrollaron nuevos métodos de trabajo que hicieron avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes (Perez Cuarta, 2008):

- **Mantenimiento Correctivo:** En "Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial" Alejandro Tovar (2009) describe al mantenimiento correctivo como: "Corrección tras fallo". Es el modelo más sencillo del mantenimiento, se encuentra incluso dentro del mantenimiento preventivo; pues, aunque se trabaje con el mejor plan de mantenimiento preventivo siempre se está expuesto a una falla.
- **Mantenimiento Preventivo:** este mantenimiento tiene como objetivo principal mantener un nivel de servicio en los equipos, el cual consiste en la programación de inspecciones en sus puntos más vulnerables en el momento más oportuno o antes que ocurran las fallas. Por medio del mantenimiento preventivo es posible garantizar el buen funcionamiento de los equipos ya que este tipo de mantenimiento se ocupa primordialmente de realizar las revisiones y reparaciones que impidan que en el equipo se produzca una avería (Tovar, 2009).
- **Mantenimiento Predictivo** o basado en la condición, consiste en anticiparse a la ocurrencia de fallas, evalúa el estado de la máquina y recomienda intervenir o no, lo cual crea considerables ahorros al momento del mantenimiento. Es una modalidad superior al mantenimiento preventivo y correctivo, no obstante, es una inversión considerable en tecnología que permite conocer el estado de funcionamiento de máquinas y equipos en operación, mediante mediciones no destructivas. Las herramientas que se usan para tal fin son sofisticadas, por ello se consideran para maquinaria de alto costo, o que formen parte de un proceso vital (Tovar, 2009).
- **Mantenimiento Proactivo:** es un tipo de mantenimiento que está dirigido principalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que resultan en fallas en la maquinaria, es decir eliminar las fallas antes de que ocurran. Después de localizar las causas de desgaste, se realizan las actividades para controlarlos en la maquinaria ya que de seguir presente en las máquinas su vida útil y desempeño se reducirían. El control del desgaste depende de que los parámetros de causas de falla trabajen dentro límites aceptables, corrigiéndolos si se muestra un desvío de los parámetros aceptables (Trujillo, 2002).
- **Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM):** éste se basa en el análisis de fallos, desde los fallos que ya han ocurrido o fallos potenciales, fallos que tienen una alta probabilidad

de ocurrir. El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se podría afirmar que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica (Garrida, 2003).

- **Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador** o también llamado Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador, es un mantenimiento que se basa en el uso de la informática para gestionar todos los datos que actualmente se usan en el mantenimiento. Algunos ejemplos son: órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, control de costes, etc. Se busca tratar todos estos datos y convertirlos en información útil para la toma de decisiones (Garrida, 2009).
- **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** es un concepto de mantenimiento, en el cual la mayoría de las actividades de mantenimiento son planeadas y realizadas por los operadores de las máquinas. Es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. (SAP, 2006)

4.7.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

(Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013) definen la ingeniería de mantenimiento como:

“La mejora continua del proceso de gestión del mantenimiento mediante la incorporación de conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan de apoyo a la toma de decisiones en el área del mantenimiento, orientadas a favorecer el resultado económico y operacional global.”(p. 126)

Utilizando el análisis y modelado de los resultados del equipo en la ejecución de mantenimiento, la ingeniería de mantenimiento permite renovar continuamente y justificadamente la estrategia, la programación y planificación de actividades de mantenimiento para garantizar la producción y resultados económicos dentro de un mínimo costo global.

La ejecución del mantenimiento no es un proceso aislado que solo se limita a la corrección de fallas, sino que es un sistema linealmente dependiente de factores propiamente ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y

externos a la organización. De hecho, la situación más deseable es la completa integración de la gestión del mantenimiento dentro del sistema de operación de una instalación industrial. (Garrida, 2009)

El Ciclo Habitual de Mantenimiento o bien ciclo de trabajo estándar, explica la secuencia lógica del proceso táctico-operativo de las actividades de mantenimiento, las cuales son: planificación, programación, asignación de tareas/trabajo y la ejecución correspondiente.

IV. METODOLOGÍA

5.1. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

5.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Maquinas seleccionadas para la realización del estudio e implementación de un plan de mantenimiento industrial.

5.1.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Posibles modos de falla perteneciente al equipo seleccionado para el estudio.
- Criterios pertenecientes a los posibles modos de falla.

5.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTO APLICADOS

Para llevar a cabo con éxito esta propuesta del plan de mantenimiento de la maquina automática embotelladora de agua utilizada en SEMVASA se utilizó la siguiente metodología:

5.2.1. LEVANTAMIENTO DE INVENTARIO FÍSICO

Este inventario se construye como el registro de todas las maquinas usadas en los procesos de producción de la empresa. Simplemente podemos afirmar que es un listado de las mismas con la adición de la información que se considera de importancia para planear el mantenimiento del equipo. La importancia de este protocolo radica en que

permite conocer toda la maquinaria de la empresa y tenerla presente al momento de programar el mantenimiento de la misma. En este formato se pueden registrar características importantes o de información técnica de las distintas máquinas como:

- Código y tipo de máquina.
- Marca, modelo y número de serie.
- Estado del equipo y toda la información que la empresa considere pertinente para el programa de mantenimiento.

Para realizar el inventario técnico, se ha seleccionado la principal máquina embotelladora utilizada en SEMAVASA, manteniendo el siguiente esquema:

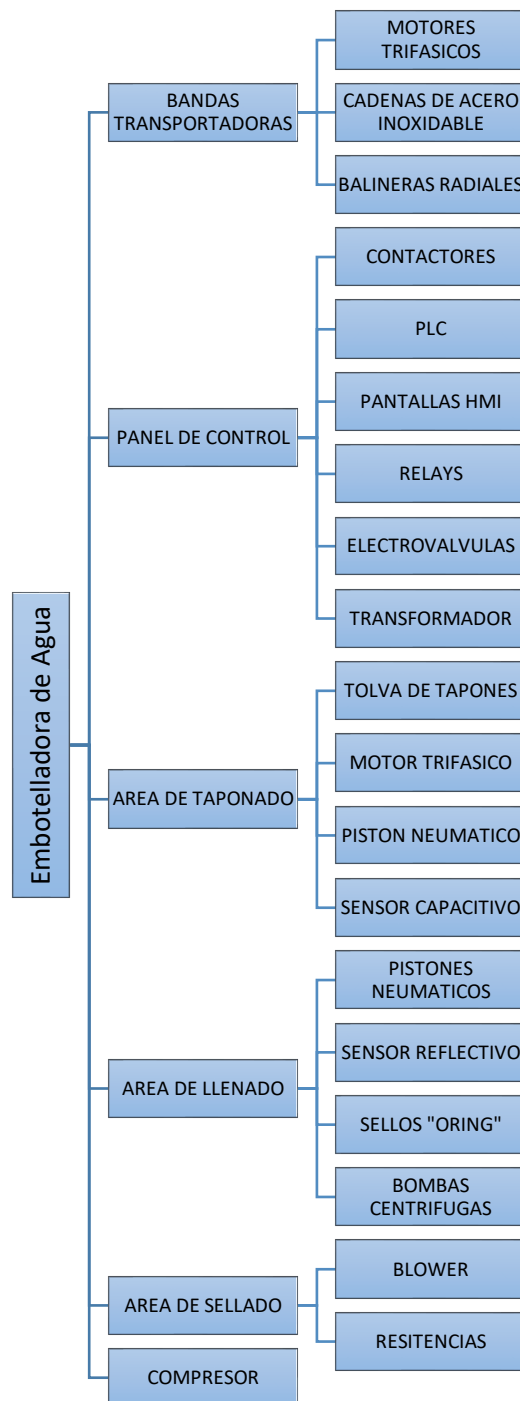


Ilustración 8: Esquema del Inventario Físico

FUENTE: (MIGUEL RIVERA, 2018)

5.2.2. CATEGORIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE LAS MAQUINAS

La categorización y diferenciación se ha realizado a la maquina de mayor importancia por su nivel de producción.

La ponderación de los parámetros de evaluación de las maquinas se la ha realizado con la siguiente matriz:

Tabla 1: Parámetros de Evaluación y Ponderación

#	Parámetros de Evaluación	Ponderación
1	Intercambiabilidad de Función	1.85
2	Niveles de Utilización	1.69
3	Régimen de Operación	1.54
4	Parámetros Característicos	1.38
5	Mantenibilidad	1.23
6	Conservabilidad	1.08
7	Grado de automatización	0.92
8	Valor Actual del Activo	0.77
9	Aprovisionamiento Físico	0.46
10	Seguridad Operacional	0.46
11	Condiciones de Explotación	0.46
12	Afectación al Medio Ambiente	0.15
Total:		12

FUENTE: (MIGUEL RIVERA, 2018)

5.2.3. DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Las acciones de mantenimiento, también conocidas como tareas de mantenimiento, se han determinado de acuerdo al inventario técnico obtenido en la sección 5.2.1.

Por cada elemento o pieza de cada maquina se genera una tarea de mantenimiento.

Tabla 2: Tareas de Mantenimiento.

Maquina	Sección	Parte	Tarea de mantenimiento
Embotelladora de Agua	Bandas Transportadoras	Motores Trifásicos	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso. Cambios de Aceite.
		Cadenas de Acero	Alineación, limpieza y engrasado.
		Balineras Radiales	Revisión, limpieza y engrasado.
	Estructura de Acero Inoxidable	Estructura de Acero Inoxidable	Remoción de oxido.
	Panel de Control	Contactores	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.
		PLC	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.
		Pantallas HMI	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.
		Relays	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación,

		continuidad y conexiones.
	Electroválvulas	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.
	Transformador	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.
Área de Taponado	Tolva de Tapones	Revisión de funcionamiento y limpieza.
	Motor Trifásico	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso. Cambios de Aceite.
	Pistón Neumático	Revisión de resortes y tubería.
	Sensor Capacitivo	Revisión del funcionamiento apropiado, voltajes de operación y accionamiento.
	Pistones Neumáticos	Revisión de resortes y tubería.
Área de Llenado	Sensor Reflectivo	Revisión del funcionamiento apropiado, voltajes de operación y accionamiento.

	Sellos "ORING"	Revisión del sellado en las boquillas de llenado. Identificación de fugas.
	Bombas Centrifugas	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso. Cambios de Aceite.
AREA DE SELLADO	BLOWER	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso.
	RESISTENCIAS	Revisión de temperatura alcanzada y controles PID.
COMPRESOR	COMPRESOR Y TUBERIAS	Cambios de Aceite., presiones alcanzadas, búsqueda de fugas y ruidos extraños al funcionamiento normal.

FUENTE: (MIGUEL RIVERA, 2018)

5.2.4. DETERMINACIÓN DE LAS PERIODICIDADES DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Las periodicidades de las acciones de mantenimiento se determinaron de acuerdo a la recurrencia con la que suelen presentarse los desperfectos en las partes de cada máquina.

Esta información se extrae de la experiencia de los operadores de las maquinarias, ya que, son ellos quienes día a día trabajan con ellas. Y conocen los fallos más frecuentes.

Maquina	Sección	Parte	Tarea de mantenimiento	Frecuencia (Días)	
Embote	Iladora	Bandas Transportadoras	Motores Trifásicos	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso.	30

		Cambios de Aceite.	
	Cadenas de Acero	Alineación, limpieza y engrasado.	7
	Balinas Radiales	Revisión, limpieza y engrasado.	7
Estructura de Acero Inoxidable	Estructura de Acero Inoxidable	Remoción de oxido.	3
Panel de Control	Contactores	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.	15
	PLC	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.	15
	Pantallas HMI	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.	15
	Relays	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.	15
	Electroválvulas	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.	15

	Transformador	Revisión del funcionamiento, voltajes de operación, continuidad y conexiones.	15
Área de Taponado	Tolva de Tapones	Revisión de funcionamiento y limpieza.	1
	Motor Trifásico	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso. Cambios de Aceite.	30
	Pistón Neumático	Revisión de resortes y tubería.	7
	Sensor Capacitivo	Revisión del funcionamiento apropiado, voltajes de operación y accionamiento.	7
Área de Llenado	Pistones Neumáticos	Revisión de resortes y tubería.	7
	Sensor Reflectivo	Revisión del funcionamiento apropiado, voltajes de operación y accionamiento.	7
	Sellos "ORING"	Revisión del sellado en las boquillas de llenado. Identificación de fugas.	7
	Bombas Centrifugas	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso. Cambios de Aceite.	15

AREA DE SELLADO	BLOWER	Revisión de desgaste, vibraciones no deseadas o ruidos extraños al proceso.	30
	RESISTENCIAS	Revisión de temperatura alcanzada y controles PID.	7
COMPRESOR	COMPRESOR Y TUBERIAS	Cambios de Aceite., presiones alcanzadas, búsqueda de fugas y ruidos extraños al funcionamiento normal.	60

FUENTE: (MIGUEL RIVERA, 2018)

5.2.5. DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL MANTENIMIENTO

Para determinar los Recursos Humanos del mantenimiento, primero se debe conocer el tiempo anual y mensual necesario para realizar todas las acciones de mantenimiento. También se debe clasificar las acciones por el tipo de trabajo, es decir, si es de tipo mecánico o eléctrico.

Para obtener el tiempo anual de realización de una tarea se divide 365 días entre la frecuencia de las tareas y se multiplica por el tiempo necesario para realizar cada tarea.

5.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para complementar este plan de mantenimiento, se utilizó información de la Norma UNE-EN 13460:2009, cuyo título es "Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento".

5.4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Con el fin de completar los objetivos de esta investigación se trabajó bajo el siguiente esquema, durante diez por semana en horario de 8:00 am a 5:00 pm.

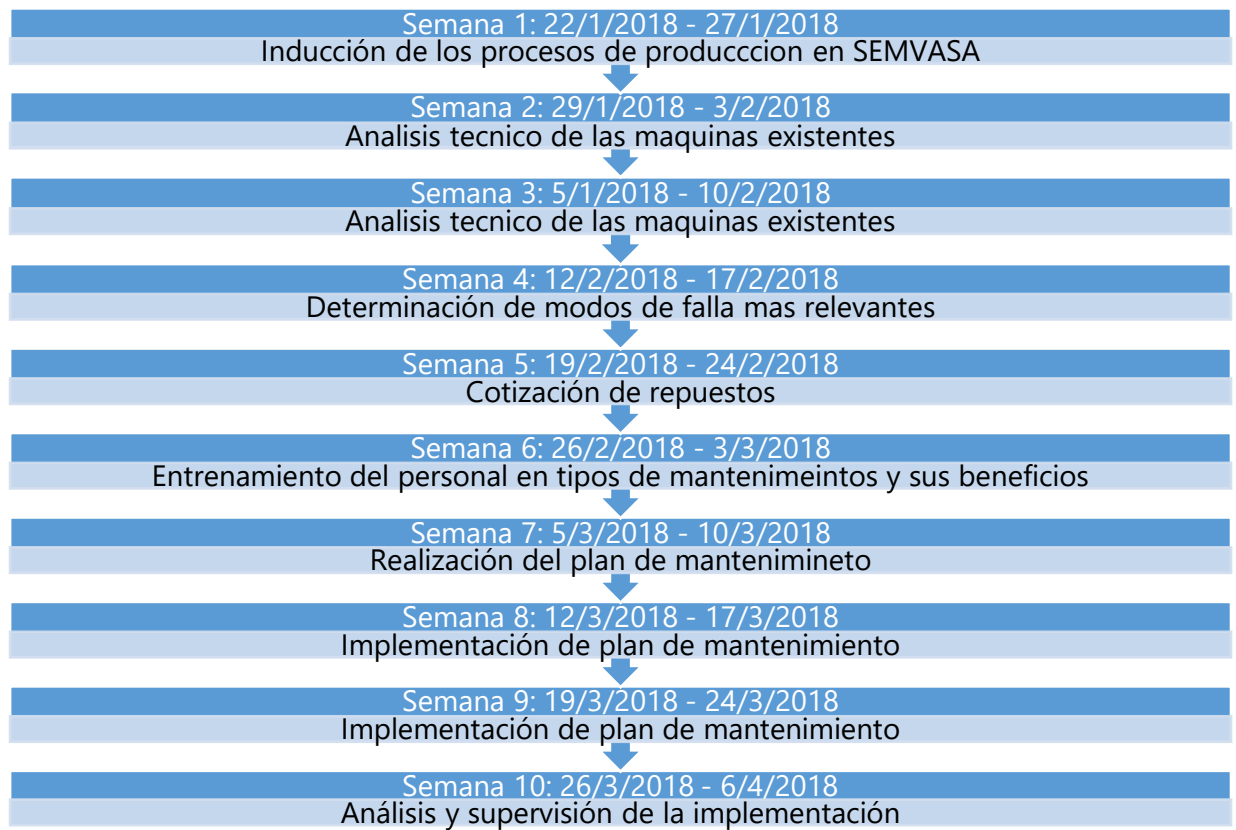


Ilustración 9: Cronograma de Actividades

FUENTE: (MIGUEL RIVERA, 2018)

5.5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

SEMANA 1: 22/1/2018 - 27/1/2018: Durante esta semana se recibió una inducción en los procesos de producción de SEMVASA, aprendiendo todo el proceso de tratamiento del agua y la logística de distribución de la empresa.

SEMANA 2: 29/1/2018 - 3/2/2018: Teniendo un mapa mental del proceso, procedimos en esta semana a realizar un análisis técnico de las maquinas utilizadas en SEMVASA el tratamiento de agua, envasado y embolsado. Esto para obtener un mejor entendimiento de su operación. Se enlistaron así los componentes que estas poseen para seguidamente empezar el análisis de modos de falla.

SEMANA 3: 5/1/2018 - 10/2/2018: En esta semana se continuo el proceso de análisis técnico del as maquinas restantes (Maquina lavadora automática de botellones, llenadora automática y maquina embolsadora)

SEMANA 4: 12/2/2018 - 17/2/2018: Ya con los componentes enlistados de las máquinas y un entendimiento claro de la función de cada uno se procedió a consultar a los operadores cuales eran los modos de falla que por experiencia ellos han experimentado hasta la fecha. Estos se enlistaron y se aportaron mas según los componentes de la maquina llenadora de botellones.

SEMANA 5: 19/2/2018 - 24/2/2018: Al tener los modos de fallas más relevantes para esta máquina seleccionada se procedió a buscar y cotizar los repuestos que pudiera ocupar en un futuro cercano por el desgaste de la maquina normal al uso prolongado. Esto para determinar que repuestos convenían estar en bodega según su frecuencia de uso y costo.

SEMANA 6: 26/2/2018 - 3/3/2018: Durante esta semana se realizó un entrenamiento al personal seleccionado por SEMVASA para realizar el mantenimiento preventivo al equipo de Control de la maquina automática llenadora de botellones. Se les instruyo en electricidad básica y el uso del multímetro para medir voltajes y continuidad en diferentes partes de los componentes encontrados en los paneles de control.

SEMANA 7: 5/3/2018 - 10/3/2018: Seguidamente se procedió a la formulación de las tareas de mantenimiento necesarias para los distintos componentes enlistados pertenecientes a la maquina llenadora de botellones. Un mínimo de una tarea por

componente. Y se fijo una frecuencia para realizar cada una de ellas según la naturaleza de la misma.

SEMANA 8: 12/3/2018 - 17/3/2018: Teniendo ya un plan de mantenimiento adecuado a las características técnicas de la maquina llenadora de botellones se procedió a la rigurosa implementación de la misma en conjunto con el personal selecto por SEMVASA de los diferentes equipos. Desde la revisión del aceite del compresor al buen funcionamiento de los sensores de proximidad pertenecientes al a máquina.

SEMANA 9: 19/3/2018 - 24/3/2018: Esta semana fue continuación de la semana pasada culminando con el mantenimiento para área de sellado y taponado.

SEMANA 10: 26/3/2018 - 6/4/2018: Finalmente, en esta semana se monitoreo las tareas de mantenimiento con periodicidad menor a dos semanas o 14 días. Tratando de reforzar las metodologías enseñadas al personal.

V. RESULTADOS

6.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Se logro proporcionar a SEMVASA un plan de mantenimiento adecuado a las necesidades de la empresa. El cual describe los elementos mas relevantes del equipo seleccionado para el estudio de esta tesis.

En dicho proceso se determinaron las siguientes debilidades:

1. Se realizan pruebas de revisión de funcionamiento en los sensores durante los mantenimientos programados y mantenimiento correctivo hasta que el sensor falla.
2. Carecen de algunos componentes críticos en bodega.
3. Las compras de los componentes se realizan de manera local usando el número de parte de fabricante y solo se mantienen repuestos de los componentes más comunes.
4. Se evidenció un doble trabajo ya que a veces se reemplazan los componentes dañados por componentes usados los cuales se tienen que cambiar posteriormente en un Mantenimiento Planeado.
5. No hay registro para cambios de los componentes de las máquinas, lo cual evita tener una idea de tiempo de cambio de los mismos.
6. No existen pautas de mantenimiento para los Paneles Eléctricos de todas las máquinas.

Otras debilidades son:

1. Las pautas tienen frecuencia de cambio de repuestos importantes, pero no tienen frecuencia de cambio de partes tales como balineras, rodamientos, rodos, bandas, engranajes, etc. En general partes que se desgastan con una frecuencia mayor a 500 horas.
2. No se realizan cambios de filtros en los paneles eléctricos y las máquinas, tampoco existe una pauta de mantenimiento que indique el reemplazo o repuestos en existencia.
3. La mayoría de las actividades en las pautas son de revisión y la validación del estado de las partes de la maquinaria, el cambio de partes se deja a criterio de los soportes, lo cual puede causar que no se reemplace una pieza a punto de colapsar.
4. Las pautas indican la revisión de partes de fácil desgaste no obstante qué es lo que se debe revisar, los valores como distancia de desgaste o ausencia de movimiento.
5. Existen instrucciones duplicadas en las pautas debido a que se nombra de diferentes maneras a una misma sección de las máquinas.

6. Se evidenció grandes debilidades en bodega, debido a la ausencia de piezas críticas. Esto conlleva a que, en casos de quiebres en módulos importantes, piezas de otras máquinas de módulos con menor criticidad sean removidas y utilizadas como repuestos momentáneos o en el peor de los casos paros de producción por tiempos prolongados.

Al identificar estas debilidades se pudo observar que mayoría del mantenimiento realizado en SEMVASA es correctivo. También es notable que el sistema de trabajo en el mantenimiento comprende en revisar los componentes y cambiarlos hasta que se demuestre un desgaste evidente o hasta que el mismo falla, lo cual aumenta las posibilidades de paros durante el tiempo de producción y aumenta el trabajo dentro del área de mantenimiento.

Para optimizar las pautas de mantenimiento se planteó que las actividades de las pautas debían contener lo siguiente:

1. Uniformidad de nombres de las secciones de la máquina
2. Si se debe realizar una validación, colocar los materiales necesarios para las mismas y los valores que se deben validar o aspectos que se deben observar en una inspección visual, obtenidos de los manuales técnicos de las máquinas.
3. Cantidad de piezas necesarias según sección con su número de parte de fábrica, para la posterior búsqueda o creación del código interno.
4. Indicar si son necesarias herramientas para realización de mantenimiento y/o lubricantes.
5. Proporcionar documento: Las pautas mostraran el código de una lección de un solo punto (OPL), en actividades de mayor complejidad, los cuales son manuales que describen detalladamente los pasos de las actividades a realizar, mejorando el procedimiento disponible para eliminar o prevenir un tipo de falla en específico.
6. Eliminación de actividades duplicadas.
7. Intervalos de cambios de repuestos. Estos intervalos fueron definidos por los manuales de partes y también por las hojas técnicas de los materiales las cuales fueron solicitadas por medio de las casas fabricantes de las máquinas.

6.2. ELABORACIÓN DEL PFMEA

Se realizó la primera revisión del PFMEA correspondiente a la maquinaria de llenado automática de botellones. Siendo esto una herramienta útil para la calendarización del mantenimiento y requisito auditable para certificaciones futuras.

System		Llenadora automática de botellones		Potential Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA)				FMEA Number		0					
Subsystem		---		Key Date				Prepared By		M. RIVERA					
Component		---						FMEA Date		13/3/18					
Design Lead		---						Revision Date		13/3/18					
Core Team		Antonio Perez, Miguel Rivera, Rene Feria						Page		of					
Item / Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	S e v	P o t e n t i a l Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	P r o b	C u r r e n t Design Controls	D e t e c t	R e p a r	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results				
											Actions Taken	Not Started	In Progress	Completed	Not Done
Compresor	Falta de aceite	Malfuncionamiento del compresor.	8	Fuga en tanque de aceite, falta de relleno periódico	4	Ninguno	6	192	Checklist calendarizado para revision y cambio de aceite.	R. Feria 13/4/18					0
PLC	Fallo electrico	Incapacidad de operar la maquina	10	Sobre voltaje o corto circuito por mala insulacion	3	Ninguno	7	210	Colocar un regulador de voltaje junto un transformador estabilizador.	A. Perez 13/4/18					0
Bombas centrifugas	Fallo operacional	Incapacidad de propulsar el agua tratada al aire de llenado	10	Funcionamiento en vacio.	7	Ninguno	3	210	Sensor de nivel en tanques de agua tratada.	A. Perez 13/5/18					0
Bandas transportadoras	Contaminacion en cadenas	Contaminacion indirecta del producto envasado	7	Falta de limpieza periodica	5	Inspeccion pre-produccion por jefe de planta	3	105	Checklist calendarizado para revision y cambio de aceite.	R. Feria 13/4/18					0
Sensores de proximidad	Comportamiento erroneo de los sensores	Incapacidad parcial de operar la maquina	6	Falta de limpieza de los reflectores o fallo electrico de	5	Ninguno	4	120	Limpieza periodica e inspeccion con multimetro.	A. Perez 13/4/18					0

TABLA 3: SECCION DEL PFMEA REALIZADO

FUENTE: (MIGUEL RIVERA, 2018)

VI. APORTACIONES

El principal beneficio que este proyecto deja a la empresa es un plan de mantenimiento preventivo que al ser capaz de ejecutarlo disciplinadamente prolongara la vida útil de la maquina principal embotelladora de Agua en SEMVASA. No está de más mencionar la reducción en pérdidas por las horas perdidas en los paros no programados.

A su vez esta documentación será de gran aporte para futuras certificaciones cuyos requisitos incluyan dicho plan de mantenimiento y otros.

VII. CONCLUSIONES

- Se logro crear un plan de mantenimiento para la maquina automática embotelladora de agua de SEMVASA y permitiendo procesos más confiables, reducción de costos por paros no programados y mayores capacidades de producción.
- A través de la recopilación de información en la planta se pudo identificar varios factores que evitan que las actividades de mantenimiento no sean realizadas eficazmente. Entre los cuales se identificaron como los más importantes: la falta de frecuencia de cambio de partes en las máquinas, falta de instrucciones de validación en las pautas y falta de relación de códigos piezas de repuestos y cantidad de las mismas con las actividades de mantenimiento
- Según los cálculos se prevé un ahorro de 80 horas productivas al año al implementarse correctamente el plan de mantenimiento desarrollado en esta tesis.
- Se entreno al personal seleccionado de SEMVASA para realizar el mantenimiento necesario en equipo de control de la maquina embotelladora de agua.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a SEMVASA, el dar seguimiento a este trabajo inicial. Una de las mejoras a efectuarse es poder realizar el análisis en mayor cantidad de máquinas y a partir de esto realizar un plan de mantenimiento global de la planta.
- Las frecuencias para las tareas de mantenimiento proporcionadas en este trabajo deberán ser estrictamente respetadas para garantizar los beneficios propuestos anteriormente en este trabajo.
- Debido a la creciente competitividad en el campo de la ingeniería y ciencias, se recomienda a la universidad incluir dentro del plan de estudios, una metodología más exhaustiva para la enseñanza en la operación de maquinaria industrial y el buen mantenimiento del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma UNE-EN 13306: 2002 Terminología del mantenimiento.
2. Norma UNE-EN 13460: 2003 Documentos para el Mantenimiento.
3. Norma UNE-EN 13460: 2009 Documentos para el Mantenimiento.
4. Norma UNE-EN 13306: 2003 Contratos de mantenimiento.
5. "Contratación Avanzada del Mantenimiento", Francisco Javier González Fernández.
6. "Mantenimiento de Instalaciones Eléctricas", José Roldán Viloria
7. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), (Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio)
8. Carvajal. (2016, agosto 9). Los Objetivos Principales del Mantenimiento. Recuperado a partir de <http://www.reporteroindustrial.com/blogs/Los-principales-objetivos-del-mantenimiento+114923>
9. Montaña Larios J. (2003), ISO 9001:2000-Guía práctica de normas para implantarlas en la empresa, 1ra Ed., Editorial Trillas S.A., México DF.
10. Norma Internacional ISO 9001:2000 "Sistemas de Gestión de la Calidad y Requisitos.
11. Tabla Guevara G. (1998), Guía para implantar la norma ISO 9000 para empresas de todo tipo y tamaño, 1ra Ed., Editorial MC Graw-Hill Interamericana editores S.A., México DF.
12. Sendle A., Stoll G. (1995), Calidad total y normalización-ISO 9000 las normas para la calidad en la práctica, 2da Ed., Ediciones gestión 2000 S.A. Madrid, España.
13. Galindo, M. (2016). Historia TAHSA.
14. Garrida, S. (2003). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Díaz Santos.
15. Garrida, S. (2009). Ingeniería del Mantenimiento. Madrid: Renovetec.
16. Grimaldi, J., & Simond, R. (1996). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento (2.a ed.). México: Alfaomega.

17. Hernandez Sampieri, R., Fernandez-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación (Cuarta). México: McGrawHill.
18. Hurtado León, I., & Toro Garrido, J. (2001). Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio. Valencia, Carabobo, Venezuela: Episteme Consultores Asociados.
19. Métodos y técnicas de la investigación científica. (s. f.). Recuperado a partir de http://biblioteca.ucv.cl/site/servicios/documentos/metodologias_investigacion.pdf
20. Perez Cuarta, L. (2008). Mantenimiento Industrial. Recuperado a partir de http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf