



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECATRONICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

PROPUESTA TECNICA DE MEJORA A LOS SISTEMAS

ENFRIADORES DE AGUA EN PLANTA DE INYECCION, CORONA PLIHSA Y

IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO AUTONOMO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21311195 ANGELO ANTONIO CERRATO BAQUEDANO

ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNANDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

Abril 2018

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

A lo largo de mi vida he contado con el apoyo incondicional y desinteresado por parte de dos personas las cuales les estoy muy agradecido, ya que ellos han realizado un gran sacrificio para que yo pueda cumplir uno de mis sueños que es graduarme, no solo me ayudaron económicamente también me ayudaron a ser una mejor persona estas dos personas han sido claves en mi vida para poder seguir adelante con este capítulo que a pesar de todas las dificultades e inconvenientes hemos podido superarlos juntos como familia y con la ayuda de Dios que nunca nos dejó de la mano y estoy muy satisfecho con lo logrado ya que mis padres verán que todo el sacrificio al final tiene su recompensa.

A mis seres queridos

A todas esas personas que me han brindado su apoyo para que pueda seguir adelante con este largo y difícil camino, también en el transcurso del camino conocí personas que se volvieron parte de mi vida y podría decir que se volvieron más que mis amigos , también conocí una a persona que ahora es muy importante en mi vida que me motivo, apoyo y aconsejo a realizar las cosas de la mejor forma posible y nunca dejo de motivarme en los momentos más difíciles y llenarme de ganas para poder seguir adelante. En esta etapa de mi vida conocí grandes personas las cuales les estoy agradecido por brindarme su apoyo y que me han brindado la oportunidad de ser su amigo.

A mis maestros

Agradezco a todos los maestros, licenciados, ingenieros que Dios puso en mi camino para que me guiaran en este capítulo de mi vida ya que gracias a ellos pude tener otro enfoque de como ver las cosas, son personas que me sirvieron como ejemplo, agradezco todo el tiempo que nos transmitieron su conocimiento , gracias por todos esos buenos consejos que a lo largo de este camino fueron importantes para poder sobrellevarlo de la mejor manera posible y que me han enseñado a vivir como una mejor persona todos los días.

INDICE

I.	Glosario	
II.	Introducción	1
III.	Planteamiento del problema	2
	3.1 Antecedentes	2
	3.2 Definición del problema	3
	3.3 Preguntas de investigación	4
	3.4 Objetivos	4
	3.4.1 Objetivo General	4
	3.4.2 Objetivo Especifico	5
	3.5 Justificación	5
IV.	Marco teórico	6
	4.1 Metodología	6
	4.2 Mantenimiento productivo total	7
	4.3 Objetivos del TPM	10
	4.4 6 Principales perdidas en el TPM	11
	4.4.1 Pérdida por averías	11
	4.4.2 Pérdida de reparación y ajuste	11
	4.4.3 Pérdida por tiempos muertos y paradas pequeñas	12
	4.4.4 Pérdida por reducción de velocidad	12
	4.4.5 Defectos de calidad y trabajo rehechos	13
	4.4.6 Pérdida por arranque	13

4.5 Características del TPM.....	14
4.6 Pilares de mantenimiento.....	15
4.6.1 Primer pilar-Mejoras enfocadas o kobetsu kaizen.....	15
4.6.2 Segundo Pilar – Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen... 	15
4.6.3 Tercer Pilar- Mantenimiento Planificado.....	16
4.6.4 Cuarto Pilar- Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen.....	16
4.6.5 Quinto Pilar- Prevención Del Mantenimiento.....	16
4.6.6 Sexto pilar- Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo.....	17
4.6.7 Séptimo Pilar-Formación y Adiestramiento.....	17
4.6.8 Octavo Pilar-Gestión De Seguridad y Entorno.....	17
4.7 Importancia de 5'S en la aplicación del TPM.....	17
4.7.1 Seiri (Organizar o clasificar)	18
4.7.2 Seiton (Ordenar).....	19
4.7.3 Seiso (Limpiar).....	19
4.7.4 Seiketsu (Estandarizar).....	20
4.7.5 Shitsuke (Disciplina).....	21
4.8 Beneficios y barreras de la implementación del TPM	23
4.8.1 Calidad mejorada.....	23
4.8.2 Productividad mejorada.....	23
4.8.3 Mejoras en entrega.....	24
4.8.4 Mejora la satisfacción de los miembros del equipo de trabajo.....	24
4.9 Beneficios económicos en la aplicación del TPM.....	24
4.10 Maquinas a trabajar.....	26

V. Metodología.....	29
5.1 Variables independientes.....	29
5.2 Variables dependientes.....	29
5.3 Enfoque y método.....	30
VI. Análisis y resultado.....	31
6.1 Análisis actual de la empresa.....	31
6.2 Análisis después del TPM.....	39
VII. Conclusiones.....	46
VIII. Recomendaciones.....	47
IX. Bibliografía.....	48
X. Anexos.....	51

I. Glosario

Aislante Térmico: es aquel material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica, estableciendo una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.

Autónomo: es un tipo de trabajador que realiza una actividad económica a título lucrativo de forma habitual y por su propia cuenta. A los autónomos también se les denomina trabajadores por cuenta propia o empresarios individuales.

Bomba de vacío: es un equipo diseñado para extraer gases del interior de recipientes, redes de tuberías o en cualquier proceso donde se requiera reducir la presión interior de un sistema, a valores inferiores a la atmosférica.

Compresor: es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases.

Condensador Eléctrico: es un dispositivo capaz de almacenar carga eléctrica y está compuesto por dos placas metálicas que no llegan a tocarse (de ahí su símbolo circuital) y entre las que se existe un elemento dieléctrico (una sustancia que conduce mal la electricidad), lo que genera una diferencia de voltaje entre ambas placas.

Contactador: es un interruptor accionado o gobernado a distancia por un electroimán, su principio de funcionamiento es la inducción electromagnética.

Eficiencia: analiza el volumen de recursos gastados para alcanzar las metas. Una actividad eficiente hace un uso óptimo de los recursos y, por tanto, tiene el menor costo posible.

Electrolisis: proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad. Ciertas sustancias, (ácidos, hidróxidos, sales y algunos óxidos metálicos disueltos o fundidos) son conductores de electricidad al mismo tiempo que se descomponen al paso de la corriente eléctrica, a estas sustancias se les llama electrolitos.

Encoder: es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica sirve para indicar la posición angular de un eje, velocidad y aceleración del rotor de un motor.

Manómetro: es un indicador analógico utilizado para medir la presión de un gas o líquido, como agua, aceite o aire. A diferencia de los transductores de presión tradicionales, estos son dispositivos analógicos con un dial circular y un puntero accionado mecánicamente que han estado en uso durante décadas.

Mantenimiento Correctivo: se denomina aquel que se realiza con la finalidad de reparar fallos o defectos que se presenten en equipos y maquinarias.

Mantenimiento predictivo: es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Megger: es un instrumento que sirve para medir la resistencia de aislamiento de: cables y bobinados; puede ser respecto a tierra o entre fases, con el Megger también podrá hallar el índice de polarización.

Refrigeración: Proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja.

Refrigerante: Es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Rendimiento: Resultado de una inversión, que comprende la suma de los intereses o dividendos obtenidos más la revalorización o depreciación

experimentada por su precio en mercado. Si la depreciación es significativa puede registrarse un rendimiento negativo.

Salmuera: Solución formada por altas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl), sal común, en agua (H₂O). Se puede encontrar en condiciones naturales como lagos, ríos y mares donde la evaporación o congelación hace que aumente la concentración de esta sal.

Servomotor: son dispositivos electromecánicos que consisten en un motor eléctrico, un juego de engranes y una tarjeta de control, todo confinado dentro de una carcasa de plástico.

II. INTRODUCCION

El problema presentado por PLIHSA y motivo del presente análisis, son los enfriadores de agua más conocidas como chillers en el área de inyección, (QuimiNet.com, 2014) "Un chiller es capaz de enfriar el ambiente usando la misma operación de refrigeración que los aires acondicionados o deshumidificadores, enfría el agua, aceite o cualquier otro fluido. Esta solución enfriada puede ser usada en un amplio rango de operaciones".

El proyecto a realizar consiste en la instalación de diferentes equipos al chiller para mejorar su rendimiento ya que estos presentan varios problemas tales como no poder controlar el nivel de agua que poseen en el reservorio, no cuenta con alarmas que hagan saber al supervisor de planta que el chiller necesita que le suministren agua, también se realizara una programación para alternar el arranque de los compresores ya que uno realiza más trabaja que el otro y se mejorara la apariencia de los paneles de control.

Es importante mejorar el rendimiento de lo chillers para que la producción sea la mejor y obtener mejores resultados, ya que cuando un chiller se arruina se para la producción y la empresa empieza a perder dinero por minutos ya que un ciclo de una caja sale aproximadamente en 1 minuto, entonces propuse un plan donde se le realizaran cambios y así poder obtener un mejor desempeño y alargar la vida útil de esta.

También cabe mencionar que los chillers comprados por la empresa (PLIHSA) no son los adecuados, ya que estos están diseñados solo para trabajar 8 horas al día, mientras tanto ellos trabajan las 24 horas del día eso quiere decir que su vida útil se reduce ya que se están siendo utilizados 16 horas más de lo que deberían trabajar, con la instalación de nuevos accesorios al equipo se espera reducir los problemas que estos sufren a diario.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Antecedentes

Plásticos Industriales Hondureños S.A (PLIHSA), cuenta con una línea de barniz para placas de acero de 17 mm, otra línea de pintura, luego las placas pasan a dos líneas de troquelado para dar forma a la tapa corona que envían la tapa a las embozadoras para dar forma al anillo que se pone en la botella y por último las moldeadoras que aplican el sello plástico para la hermeticidad de la tapa junto con el empaquetado manual. También en PLIHSA se producen más productos hay 7 máquinas inyectoras de diferentes marcas que sirven para dar productos plásticos de diferente categoría como: sillas, cubetas, tapas para cubeta, cajas para refresco de diferentes presentaciones, cajas agrícolas y canastas industriales. Otro producto por parte de la empresa es concentrado de banana y uva para la marca tropical de Coca-Cola y el último producto que se produce en la compañía son sustancias de limpieza para industria por medio de una máquina que realiza una electrolisis con salmuera.

Las personas que suelen trabajar en estas máquinas no cuentan con un plan de mantenimiento adecuado, en el caso de las maquinas enfriadores industriales en la planta de inyección estas máquinas suelen tener problemas con el nivel de agua en los reservorios y al momento en que estos se quedan sin agua se apagan bruscamente, porque estas son máquinas que no pueden trabajar en seco para que estas máquinas funcionen es necesario y de suma importancia que su reservorio contenga agua ya que cuando se quedan en seco suelen dañar componentes esenciales los cuales necesita para que este trabaje de manera eficiente , y en el transcurso de los tiempos han tenido problemas con dichos enfriadores ya que no son los adecuados para este tipo de trabajo, estos enfriadores industriales se les han hecho algunas mejoras para que puedan realizar el trabajo que se necesita en la planta.

(Serycoin, 2017) "Una inversión acertada en los presupuestos de mantenimiento, se verá reflejado en el uso de herramientas cada vez más inteligentes, capaces de actuar en condiciones complicadas y evitar pérdidas económicas por deterioro o desgaste".

3.2 Definición del problema

El área de inyección y corona de la compañía no está produciendo de manera óptima debido a la cantidad de paros que se producen en las maquinas causados por problemas que tienen raíz en la falta de mantenimiento, también al mal funcionamiento que tienen los chillers ya que los supervisores no se dan cuenta cuando estos necesitan que les suministren agua ,otro de los problemas en la planta de inyección es que estos sistemas de enfriamiento no cuentan con un mantenimiento preventivo, y al presentar problema uno de estos chillers la inyectora tiende a conectarse a la torre de enfriamiento pero esta usualmente se utiliza cuando un chiller se arruina esta se conecta y se puede empezar a trabajar de nuevo el problema de utilizar la torre es que no suele llegar a la temperatura deseada y empiezan a salir cajas mal formadas por ende estas no pueden ser tomadas para la venta, entonces la empresa empieza a tener pérdidas, entonces se trata de reparar el chiller lo más rápido posible y no se le puede dar un mantenimiento adecuado, claro todos estos problemas se pueden haber controlado con organización en el mantenimiento preventivo y predictivo.

3.3 Preguntas de investigación

¿Cómo mejorar los procesos de mantenimiento de los enfriadores de agua?

¿Cómo evitar que las máquinas fallen de manera tan frecuente?

¿Cómo mejorar el rendimiento de los enfriadores de agua?

¿Cómo mejorar el sistema de alertas para que el personal se dé cuenta que hay un problema en las máquinas enfriadoras?

3.4 Objetivos

(Piqueras, 2014) "La fase de definición del objetivo es crucial, porque nos ayudará a hacer posible el objetivo. En esa fase estamos definiendo, ya en nuestra neurología, es decir entre los caminos que se trazan entre las neuronas de nuestro cerebro, la forma que tendrá el futuro. Es, por lo tanto, una fase de vital importancia, cuya culminación generalmente nos deja con un buen sabor de boca y la sensación de que podremos conseguir nuestro objetivo. Para conseguir un objetivo, no sólo es necesario saber lo que queremos, sino que además tendremos que definir con la mayor precisión los detalles del mismo".

3.4.1 Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento autónomo para el funcionamiento de la planta con el objeto de obtener indicadores de mejora en el desempeño de los enfriadores de agua.

3.4.2 Objetivos específicos

- Definir el modelo adecuado de mantenimiento autónomo para que aumente el rendimiento de los enfriadores de agua y de tal manera aumentar su vida útil.
- Establecer un sistema de alertas en los enfriadores para que supervisores y operadores estén al tanto que hay un problema y alertar al técnico.
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo para los enfriadores de agua.
- Operacionalizar un reordenamiento de paneles eléctricos, de tal manera que estos queden señalizados con sus respectivos nombres y así saber qué es lo que contiene cada panel.

3.5 Justificación

El motivo por el cual se a realizar este fortalecimiento en el pilar de mantenimiento es para aumentar la confiabilidad , la vida útil y el rendimiento de los enfriadores de agua (CHILLERS),ya que estos necesitan un mejor plan de mantenimiento porque son máquinas que fueron diseñadas para trabajar solamente 8 horas y en dicha planta trabajan 24 horas al día entonces por eso se necesita fortalecer este pilar ,por lo tanto al mejorar este plan se obtuvieron resultados bastante provechosos ya que se elaboró un producto de excelente calidad haciendo a PLIHSA una compañía de calidad mundial.

(Meyer, 2010) "La productividad nunca es un accidente. Es siempre el resultado de un compromiso con la excelencia, la planificación inteligente y centrada en el esfuerzo".

IV. Marco Teórico

4.1 Metodología

El proyecto se desarrolla con el fin de proponer la implementación de un mantenimiento autónomo en donde las partes (Empresa y empleado) contribuyen al desarrollo de la propuesta.

Para realizar de dicho proyecto se adoptará la siguiente metodología de TPM enfocada solo al pilar de mantenimiento autónomo hacia los chillers:

Primera Etapa: Evaluación del estado actual del mantenimiento que se les brinda a los chillers.

Segunda etapa: Lanzamiento de la campaña de mantenimiento

Tercera etapa: Aplicar un mantenimiento para prevenir fallas

Cuarta etapa: Creación y divulgación de estándares de mantenimiento autónomo

Quinta etapa: Evaluar al personal encargado que realizara el mantenimiento de las maquinas

Sexta etapa: Instalación de nuevos equipos en las maquinas

Séptima etapa: Seguimiento del programa de mantenimiento a través de auditorias

Tabla 1. Actividades a realizar.

Actividades a realizar
1. Evaluación del equipo a que se le realizara mantenimiento autónomo
2. Capacitación de lo que es el TPM
3. Capacitaciones a los técnicos encargados a realizar los mantenimientos
4. Capacitaciones de solución de problemas
5. Capacitaciones de análisis de fallas
6. Evaluación TPM
7. Implementación de estándares en las maquinas
8. Instalación de nuevo equipo
9. Auditoria TPM

Fuente. Elaboración propia. 2018

4.2 Mantenimiento productivo total

(Arias, 2009) El Mantenimiento Productivo Total "TPM", en inglés "Total Productive Maintenance", es una estrategia o sistema industrial japonés desarrollado principalmente en la década de los 70's que surge por la necesidad de mejorar los productos y servicios en las empresas, promoviendo la interacción del operario, la máquina y la compañía. El TPM busca la integración de todo el personal de la compañía con el propósito de obtener una mejora en el proceso de producción a través de la eliminación de pérdidas, buscando aumentar la productividad del personal, de los equipos y de la planta en general.

El mantenimiento productivo total es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM y es la acción más difícil y que más tiempo lleva en realizar, por lo difícil de dejar la forma habitual de trabajo.

Lo difícil de implementar este tipo de sistema es que las personas a realizar el mantenimiento no tienen un plan de cómo realizarlo y ya tienen su forma de trabajar

entonces esta es una de las actividades más difíciles ya que la persona debe adaptarse a la nueva forma de trabajo que se está implementando.

La falta de actividades de inspección del equipo productivo, reajuste, limpieza, remoción de polvo, remoción de la rebaba del plástico con el que se trabaja en las inyectoras, lubricación promueven las causas de corrosión, paros de máquinas y pérdidas en la calidad de producto.

(NAKAJIMA, 1971) " Crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa".

(Gotoh, 1992) el Mantenimiento Autónomo tiene dos significados:

- Desde una perspectiva humana es desarrollar del conocimiento de los operarios en beneficio de sus actividades definidas en sus roles de trabajo.
- Desde la perspectiva del equipamiento es establecer una ordenada área de trabajo donde algún departamento que labore en condiciones normales pueda detectar los defectos.

Lo que Fumio Gotoh es que el mantenimiento autónomo visto desde una perspectiva humana es desarrollar conocimiento y concientizar a los operarios o personas que emplean el mantenimiento de lo importante es realizar las tareas asignadas de una forma ordenada y con un plan de acción establecido, mientras si lo tomamos de la perspectiva del equipamiento es establecer un área ordenada de trabajo donde todo lo que se pueda necesitar esté al alcance del operario o técnico ya que al establecer este orden podríamos identificar y detectar problemas que surjan en las máquinas de una manera más eficiente, para tener un mejor enfoque del orden también podríamos establecer las 5'S ya que es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al "Mantenimiento Integral" de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

(Radhi, 1997) lograr que el operario sea capaz de hacerse cargo de su propio equipo de trabajo, llevando a cabo las actividades de limpieza, inspección y lubricación de manera habitual.

El operador es una parte del capital para desarrollar el mantenimiento autónomo, el conocimiento que posee acerca del equipo no quiere decir que él pueda repararlo tan bien como lo haría el técnico pero lo que logramos con esto es que el operario se dé cuenta de lo que está sucediendo y de un aviso al técnico de turno para poder realizar el respectivo mantenimiento lo que se logra con esto es reparar el equipo antes de que este se pare y sea más grande la falla ya que cuando estos equipos no se arreglan a tiempo suelen causar daños en otros componentes de las máquinas.

El área de trabajo ordenada orientada al concepto cero:

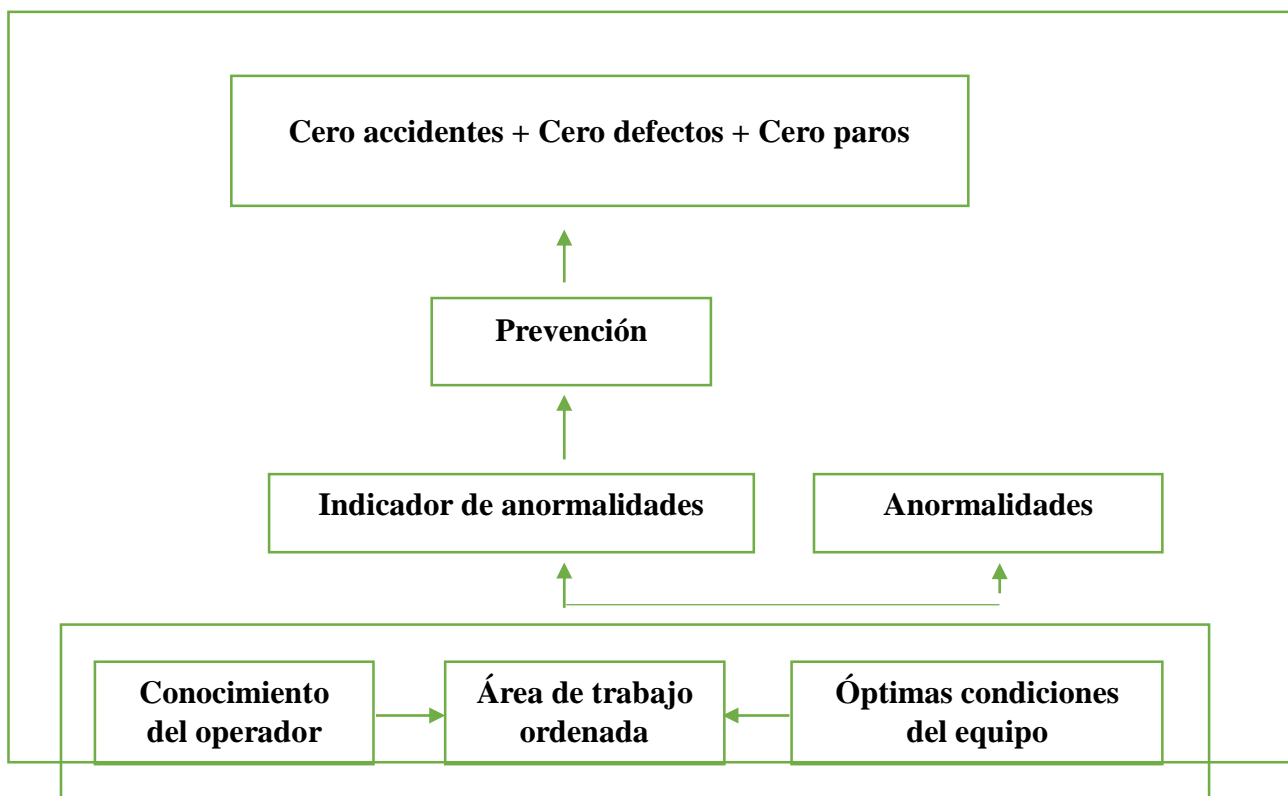


Figura 1. Diagrama concepto cero (MASAJI Tajari, Fumio Gotoh, 1992).

4.3 Objetivos del TPM

(Zamora, 2009) Los objetivos de TPM son cero caídas en producción (cero fallas), cero defectos y cero accidentes. cuando esto se ha logrado, el periodo de operación mejora, los costos se ven reducidos, el inventario poder ser minimizado, y en consecuencia la productividad incrementa. Es decir, que el objetivo global del TPM es la formación de una cultura empresarial que alcance la máxima eficacia posible en todo el sistema de producción.

Se conocen 5 metas que son las que forman el término de TPM:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida del equipo
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen el equipo, en la implementación del TPM.
- Involucrar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios de planta
- Promover el TPM a través de motivación, con actividades autónomas de pequeños grupos.

En la actualidad el entorno económico que rodea las empresas se vuelve cada vez más difícil, por tanto, es necesario la eliminación total de las pérdidas para que la misma pueda crecer.

Desde mi punto de vista he podido notar que no todas las empresas cuentan con un plan de mantenimiento por ende tienden a realizar actividades sin tener un control adecuado, cuando implementamos estos tipos de sistemas en las empresas logramos reducción de costos, evitar paros en las máquinas y perder día de producción y como sabemos cuándo una empresa no produce es pérdida monetaria para la misma.

4.4 6 Principales perdidas en el TPM

El TPM se ha reconocido como una necesidad para que una empresa pueda subsistir con la reducción a cero de las 6 principales perdidas, las cuales mencionare a continuación:

4.4.1 Perdidas por averías

Las pérdidas por averías pueden ser de dos tipos ya sea de tiempo y de cantidad, las averías esporádicas son causadas por fallos repentinos inesperados que ocurren en el equipo las cuales están a simple vista y son fácil de corregir hablando técnicamente y están las averías crónicas estas por lo general son descuidadas e ignoradas por lo difícil que resulta brindarles una solución, para evitar este tipo de problemas existen algunas sugerencias tales como:

- Impedir el deterioro acelerado.
- Mantenimiento de condiciones básicas del equipo.
- Adherirse a las condiciones básicas del equipo.
- Mejorar la calidad de mantenimiento.
- Hacer que el trabajo de reparación sea más que una medida transitoria
- Corregir debilidades del diseño
- Aprender lo máximo de cada avería

4.4.2 Perdidas de reparación y ajuste

Estas surgen cuando ajustamos la máquina para que tenga un mejor rendimiento. Existen dos tipos de preparación, la preparación interna es cuando los mantenimientos se realizan cuando la maquina no se encuentra en funcionamiento es decir que se encuentra apagada y la preparación externa es cuando los mantenimientos se realizan con la maquina en funcionamiento.

Para atacar estas pérdidas existen sugerencias tales como:

- Revisión de la precisión de montaje del equipo, plantillas y herramientas
- Promocionar la estandarización((Economía, 2015) "La estandarización es el proceso de ajustar o adaptar características en un producto, servicio o procedimiento; con el objetivo de que éstos se asemejen a un tipo, modelo o norma en común").

4.4.3 Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas

Estas pérdidas son pequeñas paradas que interrumpen la maquina por el mal funcionamiento de esta, en otras palabras, dejan la maquina inhabilitada por un lapso de tiempo corto.

Para evitar que estas interrupciones en el quipo ocurran podríamos realizar las siguientes acciones:

- Hacer una observación cuidadosa de lo que está pasando.
- Corregir defectos leves.
- Determinar las condiciones óptimas.

4.4.4 Pérdidas por reducción de velocidad

Son las diferencias que existen entre la velocidad establecida para el equipo y la velocidad real operativa, el propósito es reducir la diferencia al máximo. La velocidad inferior a la ideal que ya está por defecto se puede presentar por problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes, por temor al abusar del equipo o sobrecargarlo.

4.4.5 Defectos de calidad y trabajos rehechos

Estas pérdidas son causadas por el mal funcionamiento y rendimiento de la maquina o equipo de producción y estos se dan por la fabricación de productos que se encuentran defectuosos en calidad a esto se les denomina como problemas crónicos los cuales no son fácil de detectar, por eso se toma como medida hacer un estudio completo de la máquina y la operación que esta ejecuta.

4.4.6 Perdidas de arranque

Son las pérdidas de rendimiento que suceden durante las fases iniciales de producción desde la puesta en marcha de la maquina hasta que esta se estabiliza. El nivel de perdidas varía según el grado de estabilidad de las condiciones del proceso y depende entre otras cosas del nivel de mantenimiento del equipo, habilidades técnicas del operador planillas y matrices.



Figura 2. (Ortuño, 2014)

4.5 Características del TPM

La palabra "total" tiene 3 significados relacionados con 3 características del TPM:

- Eficacia Total: Perseguir la eficacia en la economía.
- Sistema Total: Establecer un plan de mantenimiento para aumentar la vida útil del equipo, incluyendo un plan de prevención del mantenimiento (técnicas de monitoreo para elaborar un diagnóstico que nos muestre las condiciones en las que se encuentra la maquina o el equipo, identificando signos de deterioro y la inminente falla) y mantenimiento preventivo.
- Participación Total: Mantenimiento autónomo por operarios y actividades de grupos pequeños en cada nivel.

Dado que la primera característica de la eficacia económica es común al TPM, mantenimiento productivo y mantenimiento preventivo; y la segunda (sistema total) es común al TPM y al mantenimiento productivo, se puede decir que "Jishu-Hozen" (En japonés significa mantenimiento autónomo) por parte de los operarios es una característica exclusiva del TPM.

Para obtener resultados satisfactorios en una empresa que se ha implementado el TPM típicamente se necesitan 3 años después de haberlo introducido. El costo depende del estado inicial del equipo y la experiencia que posea el personal de mantenimiento.

(MASAJI Tajari, Fumio Gotoh, 1992) El mantenimiento autónomo comprende las rutinas de mantenimiento que el operador brinda a su maquinaria y/o equipo, cabe señalar que es un trabajo de equipo que involucra a todo el personal de la organización como ingeniería, producción y por supuesto mantenimiento; además es un programa que permite el mejoramiento de las habilidades del operador y enriquece la integración y comunicación entre departamentos.

4.6 Pilares del TPM



Figura 3. Pilares de mantenimiento

4.6.1 Primer Pilar – Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen

Es encontrar una oportunidad de mejora dentro de la planta, esta oportunidad debe reducir o eliminar un desperdicio, puede encontrarse con las herramientas estratégicas como son el mapa de cadena de valor, análisis de brechas y teoría de restricciones.

4.6.2 Segundo Pilar – Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen

Es volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento, para lograr disminuir desperdicios. El operador está listo para hacer cambios de formato o algunos mantenimientos básicos, pero básicamente es el que reporta las fallas adecuadamente, junto a realizar ajustes, lubricación y mantenimientos básicos.

4.6.3 Tercer Pilar- Mantenimiento Planificado

Este pilar consiste en tener un buen mantenimiento preventivo, esto quiere decir tener una buena recolección de datos y excelentes análisis de las máquinas, para luego planear los mantenimientos que hacen disminuir costos a la empresa e incrementar la eficiencia de la máquina, para luego implementar el mantenimiento predictivo.

(Robert C. & Rosaler, 2002)El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

4.6.4 Cuarto Pilar- Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen

Es importante tener en cuenta la tolerancia con las que se puede trabajar y cuantos defectos están saliendo en cada proceso al momento de la elaboración del producto, usualmente cuando tenemos defectos en el producto estos se dan por el mal funcionamiento de la máquina, también por problemas del material o cabe también mencionar el método que se está empleando para elaborarlo, por ello es importante la integración de todos para identificar la causa del efecto.

4.6.5 Quinto Pilar- Prevención Del Mantenimiento

En este pilar planificamos e investigamos sobre las maquinas con las que trabajamos ya que al conocer muy bien la maquina podremos diseñar o rediseñar procesos, podríamos crear proyectos nuevos para que la maquina sea más eficiente.

4.6.6 Sexto pilar- Actividades de Departamentos Administrativos y Apoyo

Deben reforzarse sus funciones mejorando su organización y cultura. Para ello debiera aplicar mapa de cadena de valor transaccional para encontrar oportunidades y luego de ello poder lanzar los proyectos para mejorar los tiempos y errores.

(Ohno, 1980) La cadena valor es una herramienta de gestión que permite ver cómo se desarrollan las acciones y actividades de una empresa. Este proceso se inicia con la materia prima y llega hasta la distribución del producto terminado, analizando internamente las principales actividades generadoras de valor.

4.6.7 Séptimo Pilar-Formación y Adiestramiento

La formación debe ser polivalente, de acuerdo a lo que necesita la planta y la organización, muchos de los desperdicios se deben a que las personas no están bien adiestradas, por ello la planificación de la formación de las personas deben salir de las oportunidades encontradas en el desempeño de los empleados y operarios.

4.6.8 Octavo Pilar-Gestión De Seguridad y Entorno

Debiéramos tener estudios de operatividad combinados con estudios de prevención de accidente. Todos los estudios de tiempos y movimientos deben tener su análisis de riesgos de seguridad.

4.7 Importancia de 5'S en la aplicación del TPM

(Laverde, 2008) manifestó la importancia de la aplicación de la estrategia 5's previa a la implementación de cualquier proceso de mejoramiento continuo entre los que se encuentra el TPM, donde se busca disciplina y orden en los empleados e instalaciones de la organización. También es importante la implementación de 5s ya que si los empleados han aplicado con éxito esta estrategia es muy probable que también se pueda tener éxito con la implementación del TPM.

5s fue una estrategia desarrollada a principios de los años ochenta basadas en cinco palabras japonesas que comienzan por "S" (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke) que buscan la calidad total en el ambiente de trabajo. El propósito de esta cultura organizacional es crear un entorno de responsabilidad con los recursos, una cultura de mejora permanente y de comportamiento disciplinado. A continuación, se presenta la traducción más utilizada en el idioma español y su definición:

4.7.1 Seiri (Organizar o clasificar)

(Franco, 2003) Es arreglar o separar los objetos que no se necesitan en el lugar de trabajo y pueden causar pérdidas de tiempo, defectos, errores y un aumento de riesgo de accidentes.

Al iniciar el desecho de los elementos que no son del área de trabajo, las personas tienden a dejar objetos innecesarios, pensando que pueden ser utilizados en el futuro, estos tienden a estorbar y a acumularse en las áreas afectando la producción del día a día y acumulando espacio en forma incorrecta.



Figura 4. Ejemplo de seiri

4.7.2 Seiton (Ordenar)

(Luis Fernando Restrepo Puerta, 2005,p. 21) "Poner en orden las cosas esenciales, de tal manera que podamos tener fácil acceso a ellas".

Esta práctica permite crear un pensamiento visual en las empresas ya que aporta disciplina para marcar, codificar y etiquetar los elementos con el fin de que cualquier operario pueda acceder a ellos, de modo que puedan encontrarse, retirarse y dejarse en un sitio fácilmente.



Figura 5. Ejemplo de seiton

4.7.3 Seiso (Limpiar)

(Verzini, 2006) Consiste en combatir las fuentes de suciedad de forma tal que desaparezcan las causas que producen el deterioro o el mal hábitat de trabajo. En una madura implementación de este fantástico sistema de gestión la limpieza SEISO consiste básicamente en limpiar todo y mantener las cosas en orden, desobstruir las cosas y las personas, restablecer las condiciones básicas, tomar medidas provisionarias contra las fuentes de suciedad.



Figura 6. Ejemplo de seiso

4.7.4 Seiketsu (Estandarizar)

(Ryan Chinchilla Sibaja, 2002) Las empresas deben definir dichos estándares y divulgarlos a todas las áreas o departamentos que participan. Se debe evitar situaciones "casuales" tales como almacenar un objeto en una zona que no corresponda, colocar una herramienta que no se está utilizando cerca de una maquina o ser indiferente cuando observamos un piso sucio o deteriorado.



Figura 7. Ejemplo de seiketsu

4.7.5 Shitsuke (Disciplina)

(Silveira, 2012) La disciplina debe ser colocada por la empresa, a través de nuevas rutinas y normas. Se debe cobrar el cumplimiento de la auto-disciplina desde la gerencia hasta los trabajadores en el piso de la fábrica, pues como ya dije en otro texto "deber es escuela primaria, comprender es universidad". Si estas dos bases están consolidadas y aplicadas, el ambiente de trabajo será impactado por una cultura de disciplina, donde cualquier comportamiento u objeto fuera del lugar es rápidamente notado.



Figura 8. Ejemplo shitsuke

Tabla 2. Resumen de las 5's

Palabra japonesa	en	Traducción	Beneficios
SEIRI		ORGANIZAR O CLASIFICAR	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir la interrupción en el flujo de producción. • Tiempos de respuesta más rápidos. • Liberar espacio Físico. • Disminuir defectos. • Gestión con Stocks reducidos. • Crear áreas de trabajo seguras. • Disminuir los factores de riesgo. • Mejorar la responsabilidad y compromiso.
SEITON		ORDENAR	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar accidentes causados por elementos dejados en sitios en los cuales no deben estar. • Disminuir la probabilidad de incurrir en un error al tratar de ubicar un elemento. • Crear una Cultura o pensamiento visual que ayude a establecer y actuar con base a estándares y señales visibles utilizadas para la ubicación de elementos.
SEISO		LIMPIAR	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la vida útil del equipo e instalaciones. • Menos probabilidad de contraer enfermedades. • Menos accidentes. • Mejor aspecto. • Ayuda a evitar mayores daños a la ecología.
SEIKETSU		ESTANDARIZAR	<ul style="list-style-type: none"> • Se guarda el conocimiento producido durante años. • Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente. • Los operarios aprenden a conocer con profundidad el equipo y elementos de trabajo. • Se evitan errores de limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
SHITSUKE		DISCIPLINA	<ul style="list-style-type: none"> • Se evitan reprimendas y sanciones. • Mejora la eficacia de los operarios. • El personal es más apreciado por los jefes y compañeros. • Mejora nuestra imagen.

Fuente. Elaboración propia. 2018

4.8 Beneficios y barreras de la implementación del TPM

Existen múltiples beneficios que genera el TPM, no solo en las organizaciones, con el aumento en la productividad y las ganancias económicas, sino también en los operarios que hacen parte de ellas con el crecimiento personal y de capacitación que pueden obtener.

A continuación, se mencionan los beneficios que se presentan con la aplicación de TPM en las organizaciones:

4.8.1 Calidad mejorada

Al trabajar los equipos a su más alto rendimiento y manejando un proceso de producción con menos fallas, se producen mejores partes y productos, logrando así una mejor calidad y satisfacción final del cliente.

4.8.2 Productividad Mejorada

La productividad aumenta al eliminar tiempos muertos y paradas de los equipos, permitiendo sacar más y mejores productos con la misma capacidad instalada. La maquinaria y equipos tienen también beneficios al aumentar la efectividad de los mismos por el constante mantenimiento que se les realiza durante todo su ciclo de vida.

Otros beneficios de Productividad:

- Mejora en la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Elimina pérdidas que afectan la productividad de la planta.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora la tecnología de la empresa.
- Reducción de inventarios.

4.8.3 Mejoras en entregas

Los clientes se van a ver beneficiados con la entrega oportuna de sus pedidos, ya que, al aumentar la productividad, disminuye el tiempo de producción.

4.8.4 Mejora la satisfacción de los miembros del equipo de trabajo

(Rubrich & L. Watson, 2000, p. 214) No existe nada más frustrante para los mejores operarios que pierdan el control de sus máquinas cuando éstas se dañan. Adicional que esta frustración puede generar retrasos en las entregas a los clientes, producción de piezas defectuosas que se deben dar de baja y tienen que volver a hacer el trabajo por los errores de las máquinas. Los empleados tienen beneficios al aumentar la moral, la calidad del ambiente de trabajo, aprendizaje permanente y mejor comunicación; también se genera en los operarios una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas, un ambiente de participación, colaboración y creatividad.

4.9 Beneficios económicos en la aplicación del TPM

Todos los beneficios que se mencionaron anteriormente apuntan a que el TPM es un sistema rentable, y así es, económicamente se han dado resultados positivos en las organizaciones que lo han aplicado exitosamente por la reducción de desperdicios, ya sea en tiempo, costos, producto defectuoso, averías, etc.

(Kurt C. Rolle, 2006) dice: "Se estima que los costos que son generados por las prácticas de mantenimiento en las empresas se encuentran entre un 10% y un 40% del costo total del producto final, es decir que con la implementación del TPM debe eliminar este costo, lo que genera una rentabilidad más alta por producto".

(Kurt C. Rolle, 2006) aclara que un buen sistema de Mantenimiento Productivo Total, reduce cerca del 70% las pérdidas crónicas de producción en corto plazo, recuperando

la productividad en 20% o más, apreciándose una nueva "corriente de cultura laboral en la producción y el mantenimiento que antes no había existido en las empresas.

El costo de inversión que se puede presentar en la implementación de un programa TPM es de 10 a 20% en términos de capacitación y entrenamiento, y de 15% en el costo de mantenimiento durante los primeros dos años. Esto es considerando que la planta logre implementar 10% del total en el primer año y 20% en el segundo. Esta inversión disminuye considerablemente cuando sólo un par de máquinas o equipos se hacen como "proyectos piloto" cuando se persigue solamente cubrir dos o tres equipos y llevar un paso conservador de implementación. Los costos son mínimos y se pueden cubrir con reservas del presupuesto original, es por esto que es fundamental hacer un piloto inicial previo a la implementación en toda la organización para no incurrir en errores que se conviertan en costos a futuro.

Para concluir con esta sección cabe mencionar que existen dos formas para aumentar la rentabilidad economía para una empresa al implementar el TPM, una de las formas es reduciendo costos es decir aumentando la vida útil del equipo o maquinaria, reducción de costos de mantenimiento, evitando paros de máquinas , entre otros aspectos relacionados a la reducción de costos y la otra forma es aumentando la productividad del proceso , fabricando más piezas por lote , lo que bajaría el precio , mejor calidad del producto ya que si elaboramos producto de calidad tendremos garantizado ser la empresa preferida del cliente , aumento de las ventas y entregas justo a tiempo.

4.10 Maquinas a trabajar

- Inyectoras: PLIHSA cuenta con una planta donde se producen productos plásticos a base de inyección, según (Johannaber & Friedrich, 1994) "El proceso de moldeo por inyección consta de fundir un material para inyectarlo dentro de un molde a través de un pequeño orificio llamado compuerta. Este molde debe estar frío y cerrado a presión. Una vez que ha sido inyectado el material se enfría dentro del molde, se solidifica y se obtiene una pieza moldeada."

La planta de inyección cuenta con 7 máquinas de diferentes marcas y modelos, pero con un funcionamiento casi idéntico y un principio característico inyectar plástico en moldes, la planta de plásticos tiene alta producción y todas las máquinas son igual de importantes, los problemas que presentan estas máquinas es que al ser de gran tamaño requieren mantenimientos especiales y con más trabajo también requiere mantenimientos mejor planeados para no interrumpir las grandes cantidades de productos que se piden.

Las máquinas inyectoras son el principal activo de la planta de inyección por ese motivo tenerlas en un funcionamiento correcto es fundamental para la producción y la vida útil de las máquinas se hará toda gestión para que los mantenimientos sea efectivos y periódicos y el TPM vendrá a efectuar una ayuda oportuna a la planta.

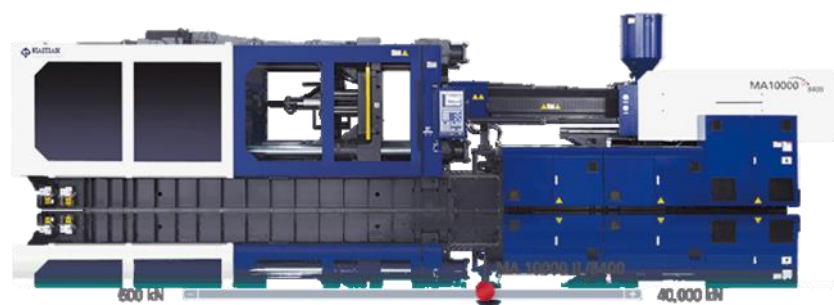


Figura 9. Haitian Mars II

- **CHILLERS:** El enfriador de agua o water chiller es una unidad enfriadora de líquidos. En modo bomba de calor también puede servir para calentar ese líquido. El evaporador tiene un tamaño menor que el de los enfriadores de aire, y la circulación del agua se proporciona desde el exterior mediante bombeo mecánico. Los Chillers pueden ser enfriadores de aire o agua. Los chillers para enfriar el agua, incorporan el uso de torres de enfriamiento las cuales mejoran la termodinámica de los chillers, en comparación con los chillers para enfriar aire. Las unidades enfriadoras de líquido o generadoras de agua helada (chiller) son la solución ideal para sus requerimientos de Aire Acondicionado las hay desde 1.5 toneladas hasta más de 2000 toneladas ya sean monofásicas o trifásicas, pueden ser monitoreadas en todas sus funciones por medio de un Software, estos equipos tienen la ventaja de llevar el agua refrigerada a las manejadoras a cualquier distancia mediante el bombeo adecuado, limitante que existe en los sistemas Mini y Multi Split, sus aplicaciones pueden ser tanto de confort como para procesos industriales. Son sistemas muy utilizados para acondicionar grandes instalaciones, edificios de oficinas y sobre todo aquellas que necesitan simultáneamente climatización y agua caliente sanitaria (ACS), por ejemplo, hoteles y hospitales. Todos los "chillers" en su construcción presentan los siguientes componentes básicos:

- **Compresor(es) de refrigeración :**(Pistono J, 1996) "Los compresores herméticos se diseñan para ser empleados en ciclos de refrigeración por compresión de vapor y se clasifican de acuerdo con la presión correspondiente a la gama de temperaturas de evaporación en la cual el compresor funciona, dentro de la categoría de aplicación de alta, media y baja presión".
- **Intercambiador de calor del tipo casco y tubo:** (Jaramillo, s. f.) "Este tipo de intercambiador consiste en un conjunto de tubos en un contenedor llamado carcasa. El flujo de fluido dentro de los tubos se le denomina comúnmente

flujo interno y aquel que fluye en el interior del contenedor como fluido de carcaza o fluido externo”.

- **Condensador :** (Enrique, 2014) “Está compuesto por dos placas metálicas que no llegan a tocarse (de ahí su símbolo circuital) y entre las que se existe un elemento dieléctrico (una sustancia que conduce mal la electricidad), lo que genera una diferencia de voltaje entre ambas placas”.
- **Evaporador :** (DANFOSS, 2002) “Los evaporadores son intercambiadores de calor constituidos por un haz de tuberías en las que se evapora el fluido frigorífero, extrayendo calor del espacio que se quiere enfriar, que es en esencia el fenómeno de producción de frío o potencia frigorífica que se desea conseguir”.



Figura 10. CHILLER

V. Metodología

“Las variables en la investigación, representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto. Las variables, son los conceptos que forman enunciados de un tipo particular denominado hipótesis” (Wigodski, 2010).

5.1 Variables Independientes

La variable dependiente en esta investigación es:

- El tiempo medio entre fallas.
- El tiempo medio en reparaciones.

Estas variables están bajo el control de operadores y técnicos especialistas de la planta. Los cambios de estas variables hacen un gran impacto en muchas otras formas de medir el desempeño de la empresa y por ende debemos estudiar cada parte que afecte estas variables desde maquinas hasta personal.

5.2 Variables dependientes

- Productividad.

Las variables dependientes que se ven afectadas en PLIHSA son muchas sin embargo la que vamos a revisar para saber si el mantenimiento autónomo está siendo efectivo es la productividad de cada máquina para luego sacar una productividad total de planta.

5.3 Enfoque y método

“Podemos decir que la investigación científica se define como la serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos mediante la aplicación de métodos y técnicas”. (Chagoya, 2008)

“En el método científico las variables en la investigación, representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto. Las variables, son los conceptos que forman enunciados de un tipo particular denominado hipótesis” (Hincapie, 2014).

Para realizar la investigación para la resolución de los problemas se utilizó el método mixto, tomando en cuenta ambos enfoques:

- Enfoque cuantitativo: Por medio de un compendio de información en fallas y procesos de los productos que se producen en PLIHSA, se logró establecer que un mantenimiento más adecuado produciría una producción más positiva en cada máquina.
- Enfoque cualitativo: Como parte del TPM se logró involucrar más a operadores y supervisores de cada área ya que la experiencia nos brinda una fuente confiable de información en operación y mantenimiento adecuado en cada etapa de los procesos de la planta.

Antes de empezar con la implementación de las técnicas y procedimientos se hizo una recolección de manuales originales de la compañía SACMI, Toshiba, Van Dorn y ECA para comprender el uso apropiado de cada máquina en el proceso de fabricar tapa corona, cajas plásticas y soluciones de limpieza.

Una de las formas de medir los beneficios económicos que se están obteniendo con la implementación de este sistema es comparando el OEE antes y después de la aplicación del TPM; esta medida es recomendable aplicarla en los puntos críticos del proceso, para conocer el verdadero avance que se está logrando.

Tabla 3. Cronograma

Fuente. Elaboración propia 2018

Actividades	Semanas																							
	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8		Semana 9		Semana 10					
	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V
Inducción y capacitación para el proyecto
Evaluaciones de mantenimiento
Recolección de manuales y estudio
Redacción de instrucciones técnicas
Capacitaciones a personal de planta
Elaboración de formatos de chequeo en cada máquina
Rotulación de manómetros y áreas según 5s
Traducciones de documentos

VI. ANALISIS Y RESULTADOS

6.1 Análisis actual de la empresa

Por la falta de Mantenimiento autónomo en los chillers del área de inyección y corona, PLIHSA presenta actualmente deterioro en el buen funcionamiento de algunas máquinas y herramientas esenciales como ser inyectoras, moldeadoras, líneas uv, etc. Las cuales son activos indispensables de la organización, ocasionando problemas en el cumplimiento de entregas de producto terminado al cliente por atrasos en los procesos, defectos de calidad asociados a fallas en la máquina, ya que los productos a realizar no cuentan con las exigencias del cliente o la calidad necesaria para que esta sea aprobada por las personas encargadas de realizar la revisión del producto.

PLISHA fabrica lámina impresa, tapa corona, cajas plásticas, cubetas, sillas, En promedio la planta produce millones de unidades de coronas al mes de diferentes características para sus proveedores en Panamá, El Salvador, República Dominicana, Belice todos estos partes de AB InBev un reconocido grupo cervecero a nivel mundial. El lead time de PLIHSA para las empresas que trabaja es de (DIAS) por lo cual cualquier anomalía e inconsistencia dentro del proceso productivo generaría un retraso de entrega, ya que las órdenes se fabrican en línea.

La producción de lámina impresa, moldeo, inyección de PLIHSA trabaja en 3 turnos de 12 horas cada uno que van desde las 6:00 am hasta las hasta 6:00 pm y de 6:00 pm hasta las 6:00 por cuatro días a la semana con los domingos libres.

La planta de inyección cuenta con siete máquinas inyectoras que van desde 500 toneladas hasta 10000 toneladas de presión con un operador por máquina, la planta de coronas cuenta con una máquina barnizadora con horno y apilador, una línea de impresión UV a dos colores, las cuales dependen de un chiller ya que el proceso de estas máquinas es necesario que tengan un enfriador de agua ya sea para el proceso de elaboración de cajas ,la elaboración de la corona y en la línea uv se cuenta con un chiller humectador. La manera de trabajo es que en la línea de barniz y horno hay dos

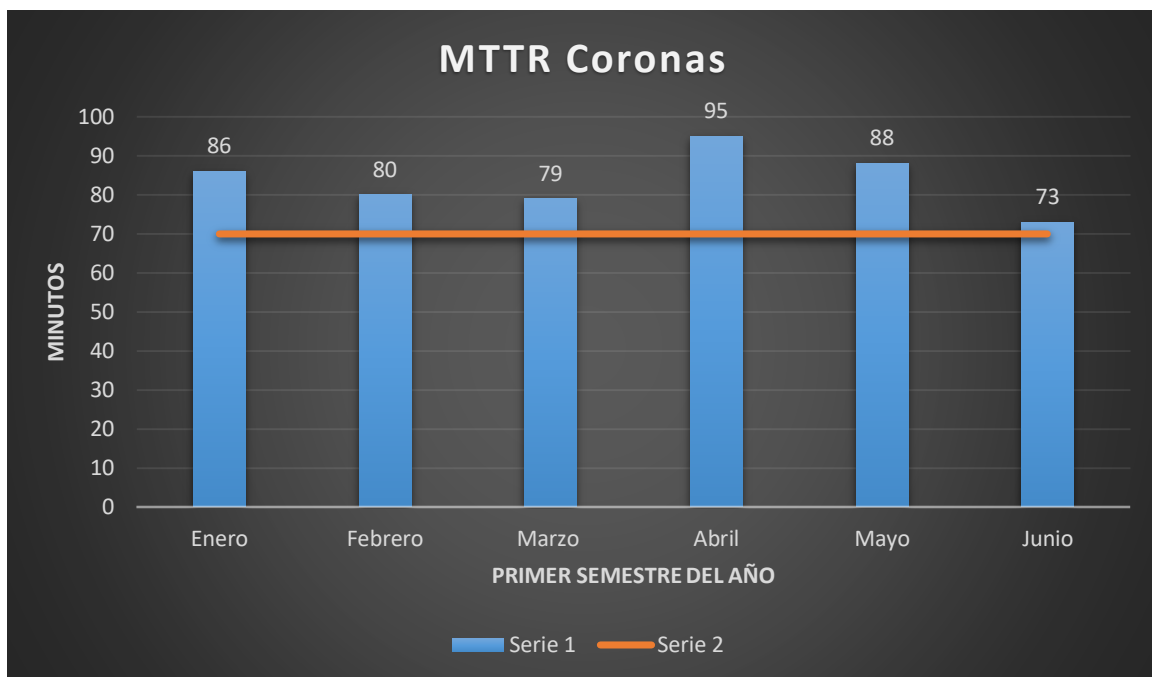
operadores, en impresión hay dos también por turno, en el área de troque un operador se encarga de ambos y también se encarga de las dos embozadoras, en moldeo hay un operador para todas las moldeadores(4) y otros dos operadores empacando el producto, debido al tamaño de la planta se cuenta con una área de mantenimiento encargada de realizar los mantenimientos preventivos y dar solución a las reportes diarios que surjan dentro de los procesos, sin embargo por la cantidad de máquinas y por el poco personal de mantenimiento con el que se cuenta, en algunas ocasiones el área de mantenimiento no puede responder a todas las solicitudes de ambas plantas, en ocasiones esto genera que el mantenimiento sea en la mayoría de los casos correctivo, es decir cuando la máquina ha fallado por inadecuado manejo o la misma vida útil del equipo, ya que también cabe destacar que en PLIHSa solo se cuenta con un técnico el refrigeración y es la única persona encargada de los chillers pero como mencione anteriormente cuando surge algún problema en cualquier otra máquina él también es utilizado para reparar estas fallas ya que también es técnico eléctrico y al estar ocupado en otras máquinas descuida el mantenimiento de los chillers, entonces para evitar que los chillers presenten problemas frecuentemente se elaboró una modificación en su diseño y en su programación para tener un mejor rendimiento el cual se han obtenido buenos resultados ya que los mismos operadores de las maquinas pueden darse cuenta cuando uno de los enfriadores de agua les hace falta agua y así poder suministrarle y evitar que se dañe la bomba o la válvula de vacío .

En algunos casos las anomalías reportadas por los centros, son inconsistencias que los mismos maquinistas podrían solucionar en el momento sin necesidad de recurrir al área de mantenimiento generando así un ahorro de tiempo y recurso que se podría disponer para la solución y/o mantenimientos preventivos de otros equipos, pero debido a la falta de implementación del Mantenimiento Autónomo en los centros, esta labor la tiene que realizar el personal de mantenimiento En el área de mantenimiento se manejan dos importantes indicadores el MTTR y MTBF, se decide para la implementación de Mantenimiento Autónomo solicitar estos indicadores al área de producción, donde el MTTR (Medium Time To Repair) es el tiempo medio de

reparación con lo que tenemos un indicador del tiempo promedio que tarda un mantenimiento correctivo en repararse; el MTBF (Medium Time Between Failures) por otro lado no indica el promedio del tiempo entre las fallas de las máquinas.

Según los últimos datos de MTTR de mantenimiento la tabla sería la siguiente:

Tabla 4. MTTR antes del TPM



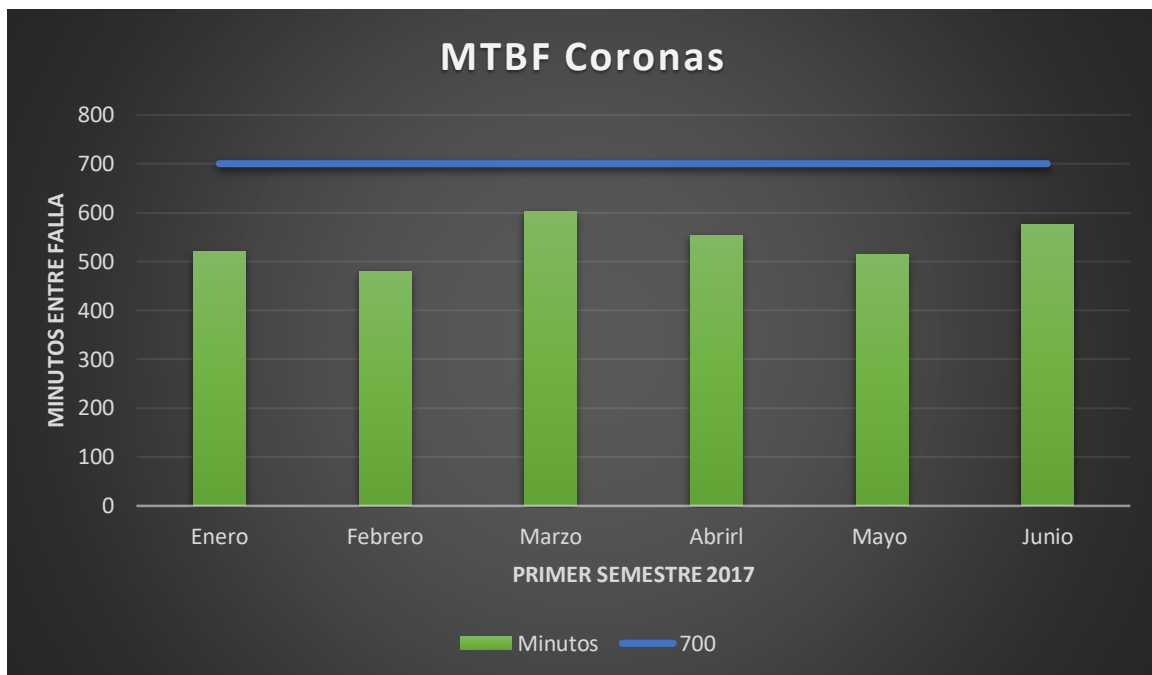
Fuente. PLIHSa mantenimiento. 2017

La tabla del MTTR que se muestra nos indica que el establecido de la empresa es de 70 minutos por reparación, los tiempos de reparación promedios de las máquinas de coronas está entre los 80-85 minutos promedio y si ese número lo multiplicamos por la cantidad de reparaciones por ejemplo en Febrero: 80 minutos por reparación con un total de 25 durante el mes, eso nos da 2000 minutos totales si restamos los 1750 que tuvieron que haber sido tendríamos una pérdida de 250 minutos es decir 4 horas y diez minutos de producción que no estaban presupuestados. Nuestra meta era reducir este promedio a través de la planeación de mantenimientos y las ordenes de trabajo que generara cada operador de las mejoras que se le pueden a hacer a cada máquina y seguir el estándar de mantenimiento para aumentar la eficiencia de la misma. Recordemos que el mantenimiento preventivo es el que más nos hará generar

eficiencia en nuestras máquinas y así poder entregar producto de calidad a nuestros clientes.

También esta otro indicador muy importante que es el MTBF, en el primer semestre podemos ver el Tiempo Medio Entre Fallas en el grafico que se muestra abajo:

Tabla 5. MTBF antes del TPM

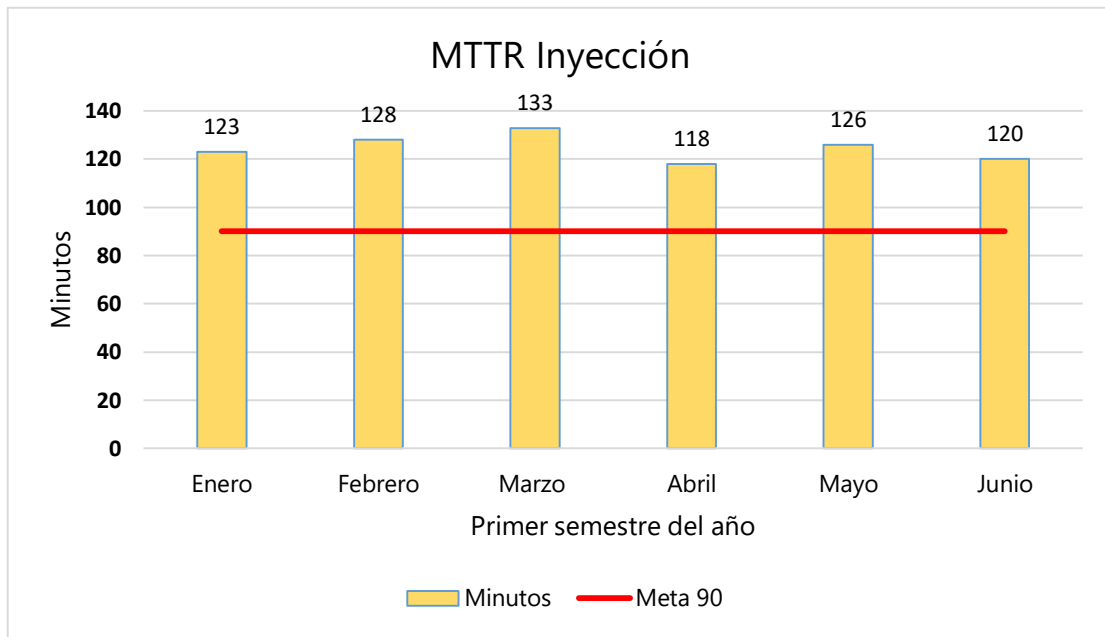


Fuente. PLIHSA mantenimiento. 2017

El tiempo medio entre fallas (MTBF) del área de coronas muestra que el tiempo entre fallas en las cuales están incluidas las fallas menores y atascamientos es de entre 500 y 600 minutos es decir hay un problema cada 8-9 horas en las maquinas cuando la meta de la empresa es que haya una falla cada 12 horas aproximadamente, la manera de atacar este problema es por medio de las órdenes de trabajo y la planeación del mantenimiento de las máquinas, la meta del mantenimiento autónomo es hacer que estos indicadores mejores.

Ahora procedemos a la planta de inyección plástica, comenzando con el MTTR de las máquinas en el primer semestre del año:

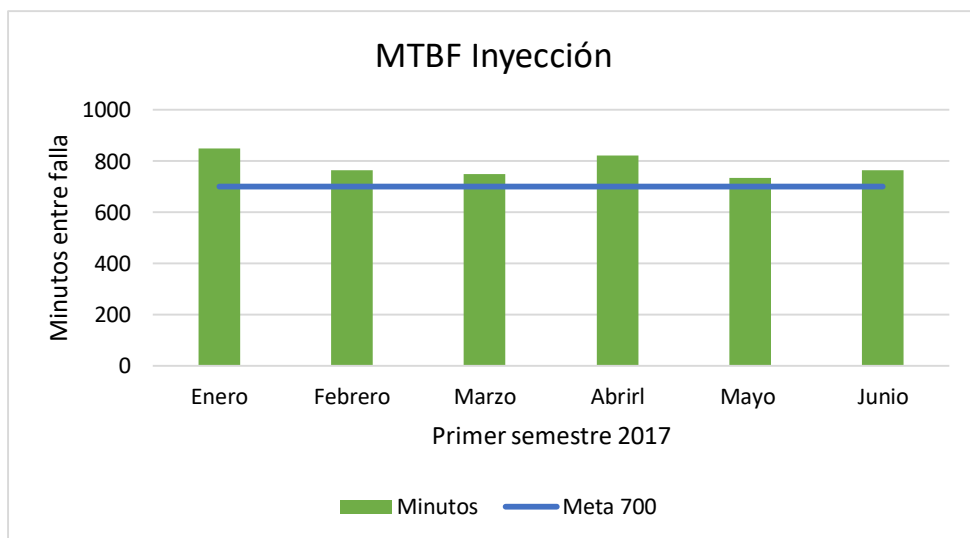
Tabla 6. MTTR inyección antes del TPM



Fuente. Mantenimiento PLIHSA 2017

La parte que más está sufriendo de las reparaciones es la planta de inyección con un promedio de MTTR de 124 minutos por reparación cuando cada mantenimiento debería durar no más de 90. Lo peculiar es que cuando revisamos el MTBF de la planta podemos observar lo siguiente:

Tabla 7. MTBF Inyección antes del TPM



Fuente. Mantenimiento PLIHSA. 2017

EL MTBF de la planta de inyección mostro un dato muy peculiar y se observó que están cumpliendo de una manera correcta el indicador del tiempo entre fallas, eso quiere decir que el mantenimiento lo están haciendo bien, el inconveniente es que están tardando demasiado al momento de solucionar los problemas que se presentan, es por eso que esta planta aparte de las ordenes de trabajo se le dará un seguimiento especial en el aspecto de las 5 "S" para mejorar la forma y orden de hacer mantenimientos.

El otro indicador que la empresa está buscando mejorar la Eficiencia General de los Equipos en ambas plantas, el área de coronas tenemos los siguientes datos:

Tabla 8. Datos para el OEE de coronas primer semestre 2017

Datos para la Eficiencia General Primer semestre Coronas 2017	
Tipo de dato	Datos por turno
Tiempo de carga	480 minutos
Tiempo de paradas	63 minutos
Tiempo de ciclo ideal	417 minutos
Output Teórico=Tiempo ciclo ideal* Output	3.3 Millones de coronas
Cantidad total	2.9 Millones de coronas
Cantidad de productos aceptables	2.7 Millones de coronas

Fuente. Propia. 2018

Con estos datos podemos obtener la eficiencia de general de máquinas en coronas la cual sería:

$$\text{Disponibilidad (tasa de operación)} = \frac{480 - 63}{480} = 87\%$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{2.7}{3.3} = 81\%$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{2.7}{2.9} = 93\%$$

$$OEE = 0.87 * 0.81 * 0.93 = 65\%$$

La eficiencia general de los equipos nos muestra un 65% es decir muy debajo de los estándares de calidad mundial debido a paros y piezas producidas rechazadas, se va a trabajar atacando las seis grandes pérdidas en toda la planta de coronas.

Ahora con los cálculos del área de inyección obtuvimos el siguiente OEE:

Tabla 9. Datos para el OEE de inyección primer semestre 2018

Datos para la Eficiencia General Primer semestre Coronas 2017	
Tipo de dato	Datos por turno
Tiempo de carga	480 minutos
Tiempo de paradas	40 minutos
Tiempo de ciclo ideal	440 minutos
Output Teórico=Tiempo ciclo ideal* Output	1540 piezas
Cantidad total	1436 piezas
Cantidad de productos aceptables	1395 piezas

Fuente. Propia. 2018

Con estos datos podemos obtener la eficiencia de general de máquinas en coronas la cual sería:

$$\text{Disponibilidad (tasa de operación)} = \frac{480 - 40}{480} = 91\%$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{1436}{1540} = 93\%$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{1395}{1436} = 97\%$$

$$OEE = 0.91 * 0.93 * 0.97 = 82\%$$

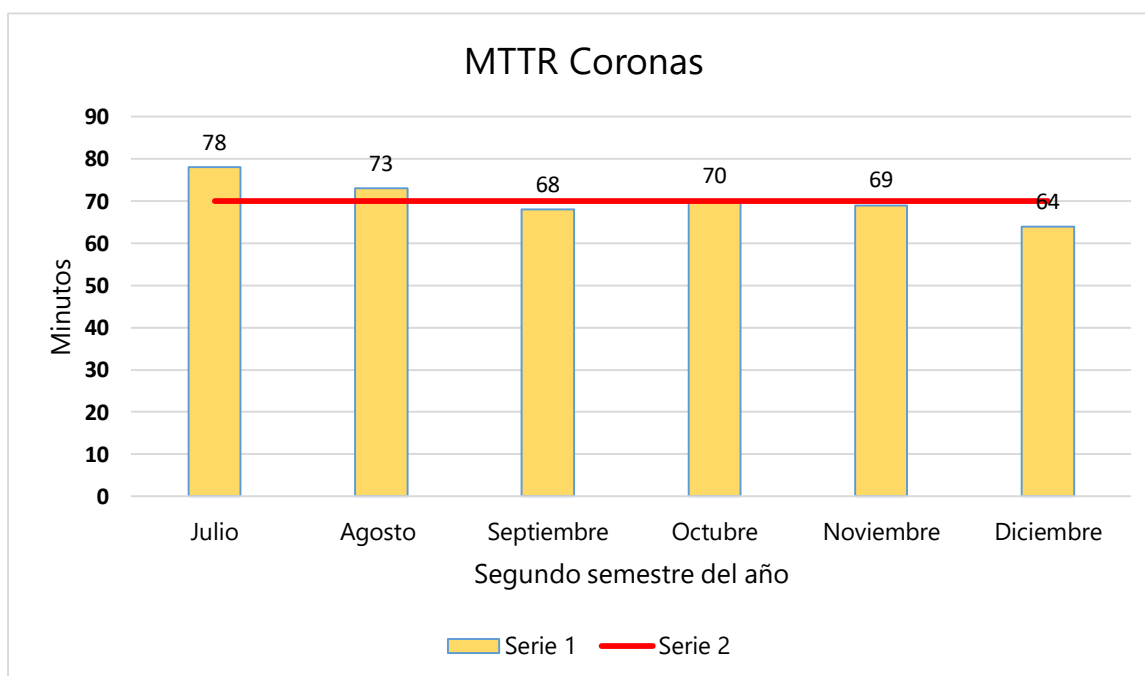
La eficiencia general de equipos es decir de las inyectoras anda mejor que el área de coronas, pero para empresas de calidad mundial queremos obtener un porcentaje de al menos 90 y mejora continua en la empresa para mantener la calidad de nuestros productos.

6.2 Análisis después del TPM

Desde el segundo semestre del año 2017 se ha empezado a establecer el sistema de mantenimiento autónomo en ambas plantas de la empresa, empezando desde junio en reestructuración del personal y en capacitaciones básicas de los cambios que se van a empezar a hacer para cumplir los requerimientos de una empresa de calidad mundial, desde el mes de septiembre se empezó con la evaluaciones y practicar todos los conocimientos al personal así como empezar a darle seguimiento a todos los términos que se están aplicando (Ordenes de trabajo, instrucciones técnicas, lecciones de un punto, 5 "S", atacar fallas operativas y de gestión) todo esto brindando ya fructíferos resultado, la última evolución y recolección de datos del mes de diciembre de 2017 no brindo los datos para poder ver como la planta está reaccionando en el MTBF (Medium Time Between Failures) y el MTTR (Medium Time To Repair).

Según los últimos datos de diciembre en MTTR de mantenimiento la tabla seria la siguiente:

Tabla 10. MTTR después del TPM

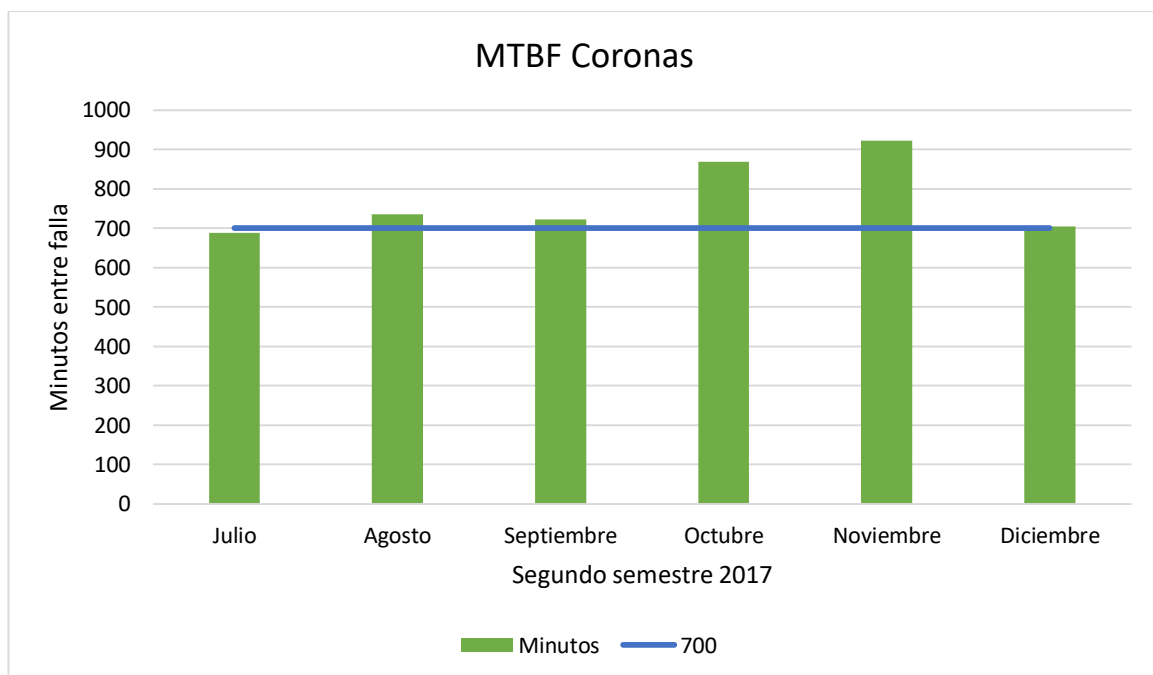


Fuente. PLIHSA mantenimiento. 2017

La tabla del MTTR que se muestra nos indica que el establecido de la empresa es de 70 minutos por reparación, ahora vimos un cambio significativo en los tiempos medios de reparación del área de coronas el cuales uno de los inconvenientes, las instrucciones de trabajo han sido una ayuda muy grande para los técnicos y operadores del área ya que ellos se pueden informar de errores y soluciones de manera más eficiente y pueden obtener las refacciones y trabajos mecánicos y/o eléctricos de manera más rápida para dar solución rápida y eficaz a los problemas que se muestran, al tendencia que estamos viendo es muy positiva para el área.

También el MTBF se vio afectado de manera positiva según se muestra abajo:

Tabla 11. MTBF después del TPM

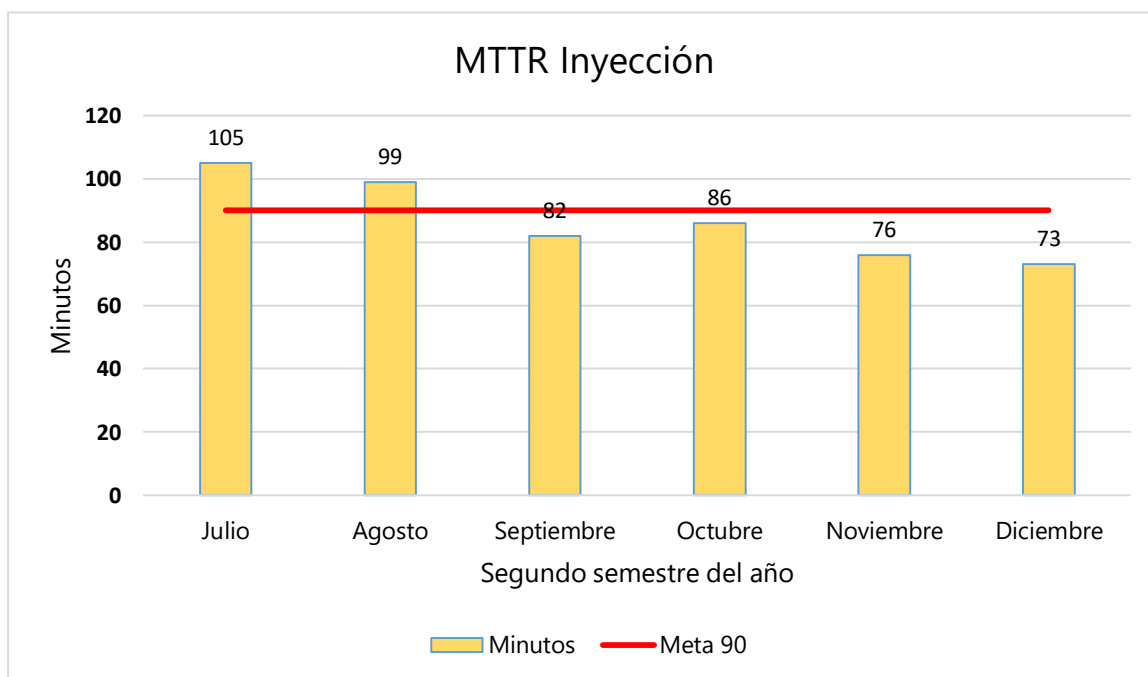


Fuente. PLIHSA mantenimiento. 2017

El tiempo medio entre fallas (MTBF) del área de coronas muestra que ahora los problemas que se muestran en el área de moldeo, troquelado, barnizado, embozado, impresión ha mejorado drásticamente y que todos los mantenimientos preventivos están empezando a rendir frutos ahora hay más tiempo para que pase alguna falla como se puede notar en la gráfica mostrando Diciembre como un mes en que se recayó pero fue debido a mantenimientos de gran calibre que estaban programados para este mes con ayuda de especialista logrando salir de problemas con variadores, tolvas, ejes que estaban causando problemas en calidad no en producción en los cuales pudimos ser partícipes y personas claves para seguir aumentar el MTBF de la planta.

Ahora procedemos a la planta de inyección plástica, comenzando con el MTTR de las máquinas en el segundo semestre del año:

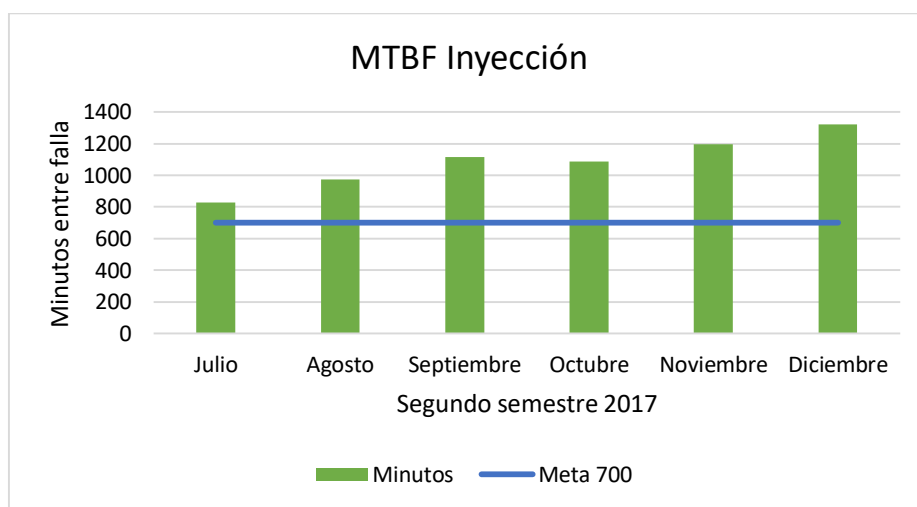
Tabla 12. MTTR inyección después del TPM



Fuente. Mantenimiento PLIHSA 2017

La gran debilidad de la planta se atacó y se respondió de manera eficiente logrando ver como el tiempo bajo de los 90 minutos que es la meta hasta un increíble promedio de 73 minutos en el mes de diciembre, las instrucciones técnicas que se hicieron y por sobre todo los manuales de control para cada máquina fueron clave para lograr esto números record que mejoran este indicador de solución rápida y eficaz a los problemas de la planta.

Tabla 13. MTBF Inyección después del TPM



Fuente. Mantenimiento PLIHSA. 2017

EL MTBF de la planta de inyección mejoro drásticamente gracias a los diagramas de solución rápida y los mantenimientos preventivos del equipo que se lograron manifestar por medio de las órdenes de trabajo para efectuar en el tiempo adecuado los mantenimientos y no tener absolutamente ninguna falla por un periodo de tiempo largo.

El momento de verificar la Eficiencia General de los Equipos en ambas plantas para ver si el indicador que más nos interesa ha mejorado y ya está dando el ancho de una compañía de calidad mundial, el área de coronas tenemos los siguientes datos:

Tabla 14. Datos para el OEE de coronas primer semestre 2017

Datos para la Eficiencia General Primer semestre Coronas 2017	
Tipo de dato	Datos por turno
Tiempo de carga	480 minutos
Tiempo de paradas	30 minutos
Tiempo de ciclo ideal	450 minutos
Output Teórico=Tiempo ciclo ideal* Output	3.6 Millones de coronas
Cantidad total	3.4 Millones de coronas
Cantidad de productos aceptables	3.3 Millones de coronas

Fuente. Propia. 2018

Con estos datos podemos obtener la eficiencia de general de máquinas en coronas la cual sería:

$$\text{Disponibilidad (tasa de operación)} = \frac{480 - 30}{480} = 94\%$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{3.4}{3.6} = 94\%$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{3.3}{3.4} = 97\%$$

$$OEE = 0.94 * 0.94 * 0.97 = \mathbf{86\%}$$

La eficiencia general de los equipos nos muestra un 86% en comparación con el 65% ha mejora notablemente gracias a los indicadores estudiados y al seguimiento a todos los aspectos del mantenimiento autónomo tomando como referencia otras plantas del grupo ABInBev aún falta llegar al 95% que se quiere lograr, pero vamos por buen camino con apenas 6 meses, si la tendencia sigue se obtendrá en el primer semestre del año 2018.

Ahora con los cálculos del área de inyección en el segundo semestre obtuvimos el siguiente OEE:

Tabla 15. Datos para el OEE de inyección primer semestre 2017

Datos para la Eficiencia General Primer semestre Coronas 2017	
Tipo de dato	Datos por turno
Tiempo de carga	480 minutos
Tiempo de paradas	25 minutos
Tiempo de ciclo ideal	455 minutos
Output Teórico=Tiempo ciclo ideal* Output	1592 piezas
Cantidad total	1586 piezas
Cantidad de productos aceptables	1584 piezas

Fuente. Propia. 2018

Con estos datos podemos obtener la eficiencia de general de máquinas en coronas la cual sería:

$$\text{Disponibilidad (tasa de operación)} = \frac{480 - 25}{480} = 95\%$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{1586}{1592} = 99.6 \%$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{1584}{1586} = 99.8\%$$

$$OEE = 0.95 * 0.996 * 0.998 = 95\%$$

La eficiencia general de equipos es decir de las inyectoras es la meta propuesta por ABInBev, el área de inyección ha sido parte de un sistema de mantenimiento tan eficaz que la eficiencia del área está cumpliendo todos los requisitos de los clientes sin atrasos y cada vez aplicando mejora continua a todas las instrucciones que hemos realizado y todos los procedimientos que hay en la planta, la planta de inyección presenta una mejoría en la producción bastante buena ya que se han evitados paros que solían surgir por problemas de la maquina o el chiller por falta de un buen mantenimiento.

Se implementaron diferentes programas para efectuar el mantenimiento en los chillers, se instalaron diferentes componentes para obtener un mejor desempeño de los mismos, también se realizó limpieza , reapriete y reubicación de paneles eléctricos en las máquinas de inyección y corona , se realizó un proceso de etiquetado en los cables de los paneles para poder identificar que es cada acción que realizan este etiquetado se realizó con el diagrama eléctrico de las máquinas, la identificación se colocó conforme lo decía el diagrama , se realizó programación para vibradores en el área de corona ya que el operario tenía que estar encendiendo y apagando los vibradores cada vez que se utilizaban (estos vibradores se utilizan para mover la corona y que no quede apilada en un solo lugar de la caja) primero se investigó los tiempos que hacia vibrar el operario al momento de encender , luego de haber realizado la investigación del problema se procedió realizando una programación en un plc Omron y se solvento al dejarlo de manera automático ahora el operario solo realiza la actividad de encenderlo y de remover la caja cuando esta ya se encuentra llena.

También se recomendó a la empresa tener repuestos de las maquinas en inventario ya que cuando una de estas se arruina toca esperar al proveedor para que ellos nos envíen el repuesto y esto hace que la empresa pierda dinero.

Se realizaron charlas para los técnicos de control lógico programable, para explicarles en que consiste y que significa cada una de la simbología utilizada en PLC, también se realizaron charlas de electrónica básica para los mecánicos del área de inyección y corona para que tengan conocimiento de cómo se utiliza un multímetro entre otras herramientas necesarias para medir voltaje, ohmios y corriente.

Se realizó la instalación de 2 servomotores en una maquina inyectora ya que presentaban problemas de alta temperatura, se removieron los encoders para ponerlos en otros servomotores que se tenían en inventario.

VII. Conclusiones

Las conclusiones de un trabajo son una sección o capítulo final, de reducidas dimensiones, donde el autor trata de sintetizar todo lo hasta allí expuesto de modo tal que resulten destacados los aspectos más importantes del desarrollo anterior. Tienen por objeto permitir una apreciación global de los resultados del trabajo(Sabino, 2008).

1. Se definió un modelo de mantenimiento semanal que constará de 4 horas donde se realizaran acciones de limpieza y lubricación para que los enfriadores de agua tengan un mejor funcionamiento y aumente su vida útil.
2. Se establecieron sistemas de alertas donde los operadores y supervisores se encargarán de ver el problema y solucionarlo, si el problema va más allá del conocimiento del personal encargado se llamará al técnico para que solucione el problema.
3. Aparte del mantenimiento que se realizara semanal, también se realizara un mantenimiento preventivo tres días después del mantenimiento que se le harán semanal de esta forma tendremos mejor control del estado de nuestros equipos.
4. Se emplearon las 5" S" en los paneles eléctricos para tener un mayor orden, limpieza y etiquetado de todos los componentes que se encuentran en estos.

VIII. Recomendaciones

Para la empresa

- Realizar revisiones contantemente en los equipos para mejorar las condiciones de operación y el mantenimiento del mismo.
- Facilitar el conocimiento de las funciones de todas las máquinas y herramientas al personal encargado de realizar las operaciones y mantenimiento de estas.
- Planificar los mantenimientos que se darán a las máquinas y así tener un mejor control de los equipos en planta.
- Implementar un departamento de automatización para mejorar procesos en la planta y tener una planta más eficiente.

Para la universidad

- Adición de talleres en el área técnica para fortalecer esa debilidad del estudiante ya que actualmente no se cuenta con los equipos necesarios para realizar trabajos que se dan diariamente en una empresa.
- Realizar la práctica profesional antes del proyecto de graduación ya que es bien importante conocer primero todos los problemas con los que cuenta la empresa y así tener ese lapso de 3 meses para brindar un proyecto en la parte donde más lo necesite la empresa, ya que cuando uno llega a la empresa todo lo que observa es nuevo entonces desde mi punto de vista es mejor realizar el proyecto hasta después de haber realizado la práctica.

IX. Bibliografía

- Arias, E. A. (7 de Julio de 2009). *El mantenimiento procutivo total*. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis262.pdf>
- Chagoya. (Febrero de 2008). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- Delgado, E. (18 de Septiembre de 2017). *SPC*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/tpm-7-pasos-del-mantenimiento-autonomo/>
- Economia, S. d. (30 de Diciembre de 2015). *gob.mx*. Obtenido de <https://www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-estandarizacion>
- Franco, H. (2003). *5'S*. Barcelona.
- Gotoh, F. (1992). *Mantenimiento autonomo*.
- Hincapie. (2014). *Metodologia y tipos de enfoque*.
- Laverde, H. A. (2008). *TPM*. España.
- Meyer, P. J. (22 de Noviembre de 2010). *JUMP*. Obtenido de <https://jummp.wordpress.com/2010/11/22/cita-de-paul-j-meyer-sobre-la-productividad/>
- NAKAJIMA, S. (1971). *Linkedin*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/seiichi-nakajima-un-legado-de-constancia-y-resultados-sexto>
- Ohno, T. (1980). *Cadena de valor*.
- Ortuño, J. C. (2014). *Mantenimiento Productivo Total*.
- Piqueras, C. (16 de 09 de 2014). *cesarpiqueras*. Obtenido de cesarpiqueras: <https://www.cesarpiqueras.com/guia-para-definicion-de-objetivos/>
- QuimiNet.com*. (14 de Diciembre de 2014). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-chiller-17260.htm>
- Radhi. (1997). *Mantenimiento autonomo*.
- Serycoin. (23 de 05 de 2017). *SERYCOIN*. Obtenido de SERYCOIN: <http://serycoin.com/2017/05/la-importancia-del-mantenimiento-industrial/>

- Silveira, C. B. (2012). *Citisystems*. Obtenido de <https://www.citisystems.com.br/shitsuke-programa-5s/>
- Verzini, R. A. (07 de Marzo de 2006). *ActionGroup*. Obtenido de <http://www.actiongroup.com.ar/la-tercera-s-de-la-efectividad-personal-y-organizacional-seiso-parte-4/>
- Wigodski. (2010). *Metodologia de investigacion*. Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/va>
- Zamora, J. F. (2009). *TPM*.
- Enrique. (2014, septiembre 26). El Condensador - ¿Qué Es y Cómo Utilizarlo?
Recuperado 7 de abril de 2018, a partir de <http://www.educachip.com/el-condensador-que-es-y-como-utilizarlo/>
- Jaramillo, O. A. (s. f.). INTERCAMBIADORES DE CALOR, 33.
- Johannaber, & Friedrich. (1994). *Injection molding machines* (Tercera Edicion).
Munich.
- Kurt C. Rolle. (2006). *Termodinámica* (6.^a ed.). Mexico: Pearson Educacion.
Recuperado a partir de <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookDetail.aspx?b=268>
- Luis Fernando Restrepo Puerta. (2005). *Gestion del mantenimiento bajo ambiente TQM* (Primera edicion). Bogota D.C: Centro editorial universidad del rosario.
- MASAJI Tajari, Fumio Gotoh. (1992). *El área de trabajo ordenada orientada al concepto cero* (1 Edicion). Mac Graw Hill.

Pistono J. (1996). Refrigeracion: antecedentes historicos. Recuperado 7 de abril de 2018, a partir de <https://www.mundohvacr.com.mx/2007/11/el-compresor-parte-fundamental-en-los-sistemas-de-refrigeracion/>

Robert C., & Rosaler. (2002). *Manual del ingeniero de planta* (Mac-Graw-Hill). Interamericana de editores, S.A de C.V.

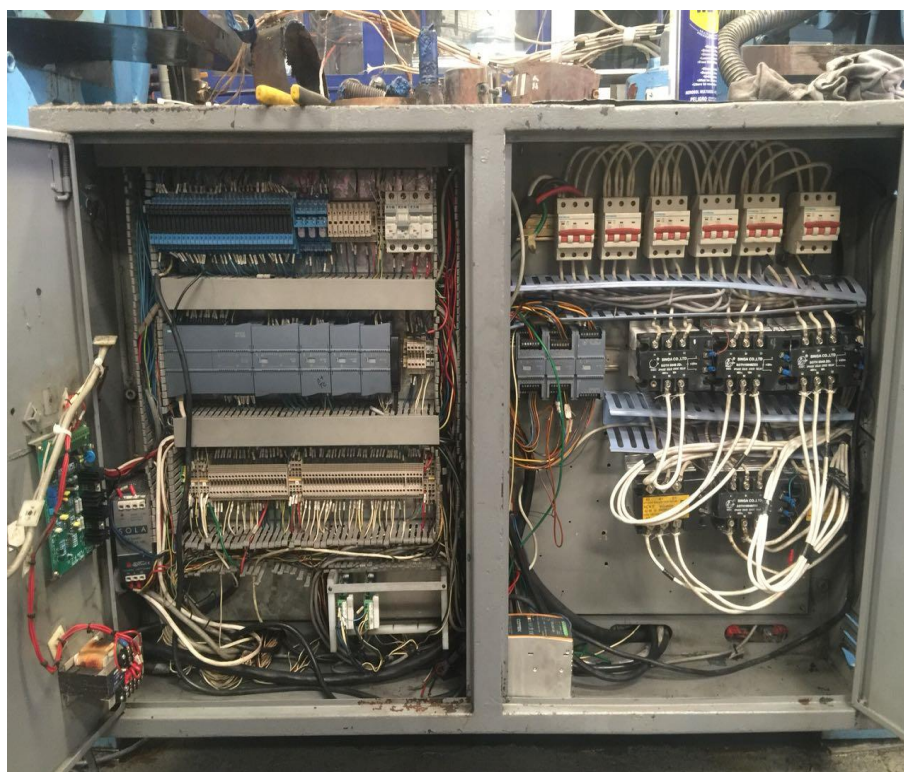
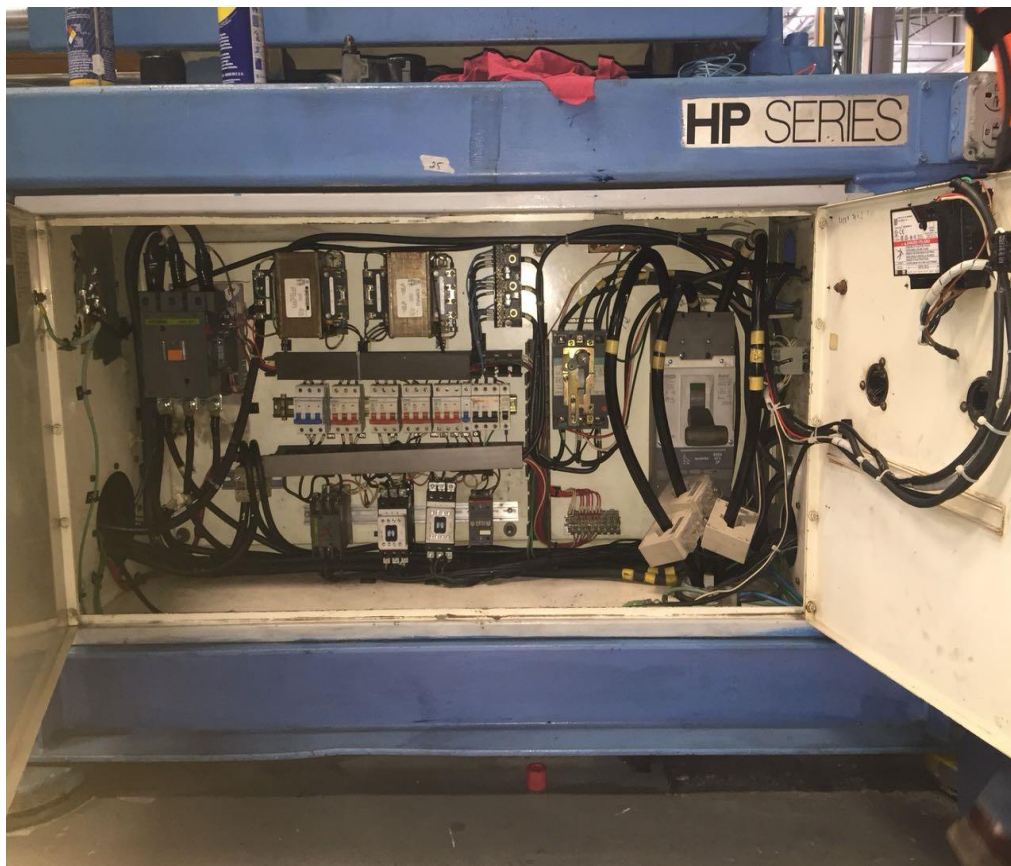
Rubrich, & L. Watson. (2000). *Implementing word class manufacturing* (Fort Wayne). USA: WCM associates.

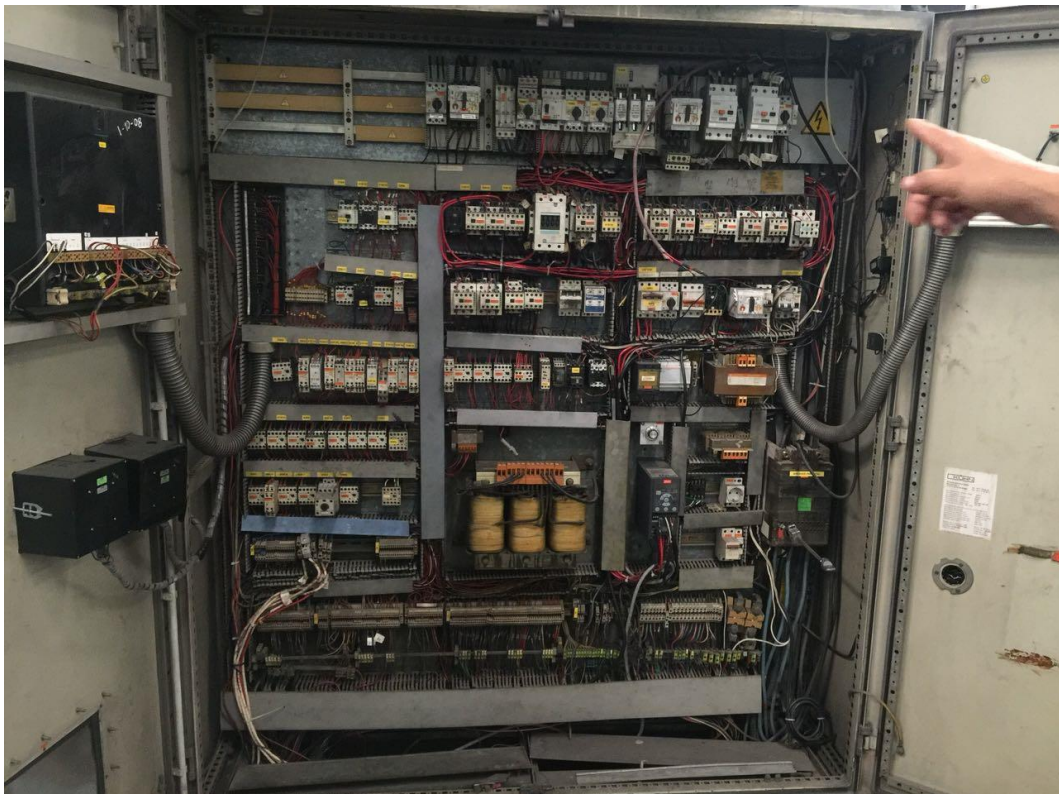
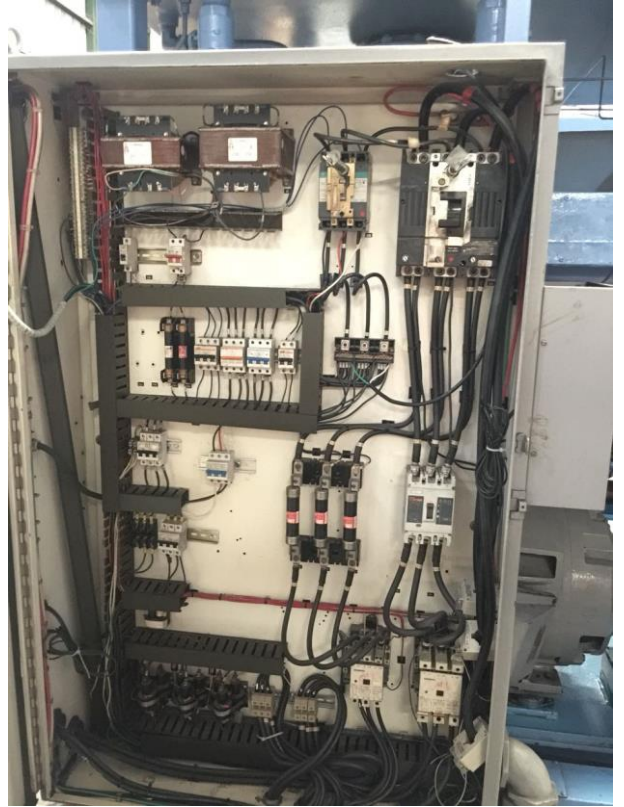
Ryan Chinchilla Sibaja. (2002). *Salud Y Seguridad en El Trabajo* (Vols. 1–Primera Edicion). Costa Rica: EUNED.

Sabino. (2008). Las conclusiones según Sabino |. Recuperado 4 de abril de 2018, a partir de <https://tymas.wordpress.com/2007/10/20/las-conclusiones-segun-sabino/>

X. ANEXOS

Reordenamiento de paneles





Mantenimiento de Chillers



Instalación termocuplas

