



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS
APLICANDO TPM COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR
LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO**

Abel David Arriaza Rivera

Asesorado por el M.A. Ing. David Francisco Estuardo Monzón Ávila

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS
APLICANDO TPM COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR
LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ABEL DAVID ARRIAZA RIVERA

ASESORADO POR EL M.A. ING. FRANCISCO DAVID ESTUARDO MONZÓN ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Walter Guillermo Castellanos Rojas
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS APLICANDO TPM COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 21 de noviembre de 2014.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop followed by several horizontal strokes.

Abel David Arriaza Rivera



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226

AGS-MGIPP-015-2015

Guatemala, 29 de agosto de 2015.

Director
Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Abel David Arriaza Rivera** carné número **2005-16073**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

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

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

David Francisco Estuardo Monzón Ariza
INGENIERO CIVIL
COL. 10257

MSc. Ing. David Francisco Estuardo Monzón A.
Asesor (a)

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
GRADUADO No. 4,373

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

[Signature]
MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS APLICANDO TPM COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO** del Estudiante **Abel David Arriaza Rivera** Carné No. **2005-16073** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, octubre de 2015

/aej



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS APLICANDO TPM COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO**, presentado por el estudiante universitario: **Abel David Arriaza Rivera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

907/15
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2015

/cc

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. OBJETIVOS	15
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
4.1. Definición del problema	17
4.2. Delimitación del problema	19
5. JUSTIFICACIÓN	21
6. ALCANCES	23
7. MARCO TEÓRICO.....	25
7.1. Descripción de la empresa	25
7.1.1. Antecedentes e historia	25
7.2. Productos que se fabrican y descripción del proceso.....	26
7.3. Diagrama de procesos de las áreas de la planta.....	27
7.4. Conceptos del mantenimiento productivo total	28
7.4.1. TPM: mantenimiento productivo total	29
7.5. Historia del TPM	31

7.6.	Objetivos del TPM.....	33
7.7.	Beneficios del TPM	34
7.8.	Pilares del TPM.....	35
7.8.1.	Mejoras enfocadas	36
7.8.2.	Mantenimiento autónomo	36
7.8.3.	Mantenimiento planificado o progresivo	37
7.8.4.	Mantenimiento de calidad.....	37
7.8.5.	Prevención del mantenimiento	39
7.8.6.	Mantenimiento en áreas administrativas	39
7.8.7.	Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación.....	39
7.9.	Maximización de la efectividad de los equipos.....	40
7.10.	Etapas de la implantación de un programa TPM	42
7.11.	Introducción del TPM en la fábrica	43
7.12.	El TPM como política básica de la compañía.....	44
7.13.	Desarrollo de un plan maestro TPM.....	44
7.14.	Visión general del programa de desarrollo del TPM	45
7.14.1.	Mejora de la eficacia de los equipos	45
7.14.2.	Mantenimiento autónomo por operadores.....	46
7.14.3.	Adiestramiento para la mejora de la operación	46
7.14.4.	Gestión temprana de equipos	47
7.14.5.	Efectividad del equipo	47
7.15.	Las 5S, una filosofía esencial.....	47
7.16.	La efectividad global de los equipos (EGE).....	50
7.17.	Aspectos básicos de calidad	51
7.17.1.	Calidad y competitividad.....	52
7.18.	Productividad	53
7.19.	Control estadístico de la calidad	53
7.19.1.	Variabilidad.....	54

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	55
9.	METODOLOGÍA.....	59
9.1.	Tipo de investigación.....	60
9.2.	Población y muestra	61
9.3.	Población.....	61
9.4.	Muestra.....	61
9.5.	Fases de la Investigación	64
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	67
10.1.	Revisión y resumen de datos	67
10.2.	Disposición y transformación de datos	68
10.3.	Análisis de contenido.....	68
10.4.	Obtención de resultados y conclusiones	69
11.	CRONOGRAMA.....	71
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	73
13.	RECURSOS.....	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de proceso de trituración	27
2.	Diagrama de proceso de fabricación de artículos de concreto.....	28
3.	Etapas comprendidas en cada fase de implantación de un sistema TPM.....	42

TABLAS

I.	Recursos físicos y financieros.....	77
II.	Recursos tecnológicos	77
III.	Materiales.....	78

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ASTM	American Society for Testing Materials.
Coguanor	Comisión Guatemalteca de Normas.
DFP	Diagrama de flujo de procesos.
MP	Mantenimiento preventivo.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (mantenimiento productivo total).

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se realizará a través de un plan de trabajo que posee las actividades necesarias para la implementación de la metodología TPM. Un diagnóstico de la situación actual de la empresa, el cual proporcionará la información de respaldo para establecer una sistematización del mantenimiento de la empresa, con la finalidad de la reducción de los tiempos improductivos de la máquina.

La productividad actual de la empresa presenta resultados bastante bajos respecto a su capacidad instalada, razón por la cual se realizó un diagnóstico. Esta dio como resultado que gran parte de la improductividad actual se debe a la cantidad de tiempos de muda que afectan constantemente el rendimiento de los turnos de producción, que son ocasionados por constantes fallos de maquinaria, tanto eléctricos como mecánicos.

Con la creciente demanda de productos de concreto para la construcción, es importante resolver esta situación para satisfacer las necesidades de los clientes. Esta investigación pretende incrementar la productividad por medio de la aplicación de la herramienta de ingeniería, Mantenimiento Productivo Total (TPM). Con este sistema de gestión se pretenden reducir los tiempos improductivos que afectan el rendimiento actual de los turnos de producción, involucrando a los mecánicos como a los operarios de la máquina en el mantenimiento preventivo.

Con la reducción de los tiempos de muda, se espera obtener una mejora en la productividad global de la planta, lo cual generará mayores márgenes de

ganancia y la satisfacción del cliente al entregarle el producto en el tiempo solicitado.

Este sistema de gestión de mantenimiento permitirá abordar un enfoque más amplio de los puntos críticos del proceso, que tienen mayor incidencia en los tiempos de muda. Esto para generar un programa de mantenimiento preventivo con el fin de la reducción de los tiempos muertos.

La metodología utilizada en la investigación del tema es principalmente teórica-descriptiva. Consultando investigaciones anteriores, que han propuesto modelos basados en sistemas de control de la producción para la reducción de tiempos no productivos. Dentro del método investigativo se hará uso de la entrevista, especialmente al personal del Departamento de Producción. Esto con el objeto de indagar sobre las formas de operar el sistema y los rubros económicos para su operación y mantenimiento. Parte importante, es la investigación del mercado nacional, como fuente de suministro de este tipo de productos, calificando su precio de mercado y calidad de producto.

En el capítulo uno se describirán los aspectos generales de la herramienta de ingeniería TPM. También una revisión de la literatura para dar a conocer al lector todo lo relacionado con esta herramienta.

Durante el capítulo dos se explicará la importancia de la administración del mantenimiento y las ventajas que se obtienen en la correcta aplicación de la misma, tanto en beneficios productivos como económicos. Se hará referencia a diferentes formas de clasificación del mantenimiento y se explicará la importancia de saber definir correctamente cada una de las partes que integran esta actividad. Se plantea la relación de la productividad con la administración del mantenimiento.

En el tercer capítulo se justificará la denominación del sistema y se jerarquizarán las labores de administración del mantenimiento. Se compararán los diferentes flujos de proceso con los pasos de implementación y planeación de cada departamento, para conocer el método correcto que debe aplicarse.

El siguiente capítulo se definirá factores que incrementan la importancia de llevar estrictos controles de mantenimiento y que efecto tendrán estos en la productividad global de la planta.

El último capítulo estará dedicado a la creación de indicadores de desempeño, con los cuales se medirá el avance y la mejora del proceso para continuar con una mentalidad de mejora continua. Explicará la importancia de tener indicadores.

2. ANTECEDENTES

Un proceso productivo es eficaz cuando las plantas de producción trabajan de manera continua y prolongada, sin paros que afecten la productividad. Los accidentes y los paros no programados pueden poner en peligro la vida de los colaboradores y ocasionar pérdidas económicas que pueden arruinar la rentabilidad de la industria. Es por esto que las empresas en crecimiento necesitan de un sistema de gestión de mantenimiento que les permita mantener la productividad en los más altos niveles y ser más competitivos en el mercado.

Este trabajo de investigación se centrará en la aplicación de TPM (*total productive maintenance*) como herramienta de ingeniería para incrementar la productividad de una planta de prefabricados de concreto. La finalidad es diseñar programas de mantenimiento preventivo en donde se involucre al personal operativo en las funciones de revisión periódica al equipo. Esto se controlará por medio de órdenes de control que se les asignarán cada semana, las cuales deberán ser entregadas al final de cada semana.

El presente documento revisa algunos ejemplos relevantes de la bibliografía disponible que permita identificar grosso modo la acción investigativa y analítica que se tiene en la actualidad respecto al tema de productividad. Se han considerado los siguientes documentos que resultaron ser puntos de comparación conceptual e investigativa de la situación actual de las empresas. También de cómo estas buscan exhaustivamente un incremento en su productividad que les genere mayores ingresos y una utilización adecuada de los recursos.

La Revista Predictiva 21 (2014, p. 80) brinda un análisis acerca de mantenimiento industrial, teniendo artículos muy interesantes de la actualidad. En esta entrega de la revista, en el artículo técnico se indica acerca de la dirección y gestión de paradas de bajo ciertos lineamientos.

Este documento muestra la necesidad que planta tienen eficiente para aprovechar al máximo cada paro de planta. El paro de planta se refiere las grandes industrias de mantener un programa de gestión de mantenimiento cada vez que la planta para producción en intervalos regulares. Esto para realizar trabajos de mantenimiento, reparaciones generales, sustituciones, rediseños de máquinas (*overhauls*) y nuevos proyectos, de conformidad con los requisitos de seguridad y medio ambiente.

El proceso se conoce como Parada y se inicia con la salida de operación de la planta y la desconexión de los equipos. Los proyectos, los trabajos de mantenimiento e inspecciones se pueden llevar a cabo, finalmente. La planta tiene que ser puesta en marcha hasta llegar a las condiciones normales de operación en las nuevas condiciones.

Un retraso innecesario en la ejecución de una planificación puede extenderse a otras áreas o incluso puede parar la actividad de una empresa completa. Por estas razones es importante que las empresas tengan un sólido proceso de planificación y dirección de proyectos de paradas de planta.

Este documento resalta la importancia de tener un sistema de gestión de mantenimiento eficiente, que cumpla con los objetivos de la organización, ya que cuando la máquina está disponible para realizar mantenimiento este debe de hacerse de manera eficiente. Se deben utilizar los recursos necesarios y siempre respetando el presupuesto asignado de un mantenimiento hecho

eficazmente, se pueden reducir la cantidad de paros no programados ya que el tiempo que se utilizó de mantenimiento se arreglaron problemas que fueron detectados en inspecciones de rutina de mantenimiento preventivo. (p.81)

Describe la metodología que se necesita para la planificación de la parada de planta y describe el trabajo en fases de aplicación. En ella se detallan los procesos para establecer el orden necesario para aprovechar dichas paradas de máquina. (p.82)

Por último se concluye la importancia de contar con herramientas informáticas o software para el desarrollo de proyectos. Esto por la necesidad de informar a los interesados del proyecto en el escenario y tiempo adecuado. A medida que avanza se va volviendo más complejo para llevarlo en formatos. (p.88).

Es decir que es necesario tener un software específico para el control del mantenimiento, ya que todo lo que se realiza, es muy complejo documentarlo en formatos. A medida que va creciendo el proyecto o la empresa se va complicando más llevar formatos para cada nueva área en cuestión. En cambio al contar con un software especializado se puede manejar de manera eficiente la información y llevarla en tiempo real.

Velásquez (2010) describe la necesidad de las empresas en crecimiento de incrementar la productividad en sus operaciones. Asimismo indica que, para iniciar el proceso de aplicación de los conceptos de TPM en actividades de mantenimiento de la planta, fue necesario que los trabajadores estuvieran enterados de que la gerencia del más alto nivel tiene un serio compromiso con el programa.

En el primer paso se indica que fue la designación o contratación de un coordinador de TPM de tiempo completo. La labor de ese coordinador es vender los conceptos y bondades del TPM a la fuerza laboral con base en un programa educacional. Se debe convencer al personal de que no se trata simplemente del nuevo programa del mes, sino que la aplicación de un nuevo sistema. (Velásquez, 2010, p.119)

Es importante tomar en cuenta el aspecto cultural de la organización, respecto al nivel operativo, ya que son ellos quienes adoptarán el nuevo sistema y lo aplicarán. Esto con el fin de ver beneficios a corto, mediano y largo plazo beneficiando no solo monetariamente, sino se sentirán orgullosos de formar parte de un programa que generó grandes beneficios para la empresa.

Para lograr la implementación se formaron equipos de acción que tienen la responsabilidad de determinar las discrepancias u oportunidades de mejoramiento. Siendo la forma más adecuada de corregirlas o implementarlas e iniciar el proceso de corrección o de mejoramiento. Se establecieron comparaciones al visitar otras plantas, en este caso se negoció con una empresa similar y una máquina fue seleccionada como área de problema.

La máquina fue estudiada muy detalladamente por el equipo TPM. Se hicieron observaciones de tiempo productivo y de paros por fallas o cambios de herramienta, algunos miembros del equipo tuvieron la oportunidad de visitar otra planta que tenía una máquina igual, pero usándola con mayor eficiencia. (Velásquez, 2010, p.116).

Como se puede observar, lo que se hizo fue analizar a detalle la maquinaria de la planta y se determinó que existía una planta que les causaba la mayor cantidad de problemas. Para realizar esto se utiliza una herramienta como Ishikawa, o la ley de Pareto, determinando la causa raíz de los problemas.

De igual manera resalta la necesidad de involucrar al personal operativo en las funciones de mantenimiento básico de la maquinaria. Siendo este uno de los objetivos principales de la metodología de TPM. (Velásquez, 2010, p.119)

Montenegro (2006) describe los diferentes sistemas de aplicación que permitirán un incremento en la productividad de la planta. En este caso se utilizó el sistema Kaizen, que es una filosofía de mejora continua. Este menciona que no puede pasar ningún día sin realizar alguna mejora a los procesos.

Se definen las 6 pérdidas claves, que son aquellas que impiden que no se logre el nivel óptimo de calidad y productividad dentro de la prensa en estudio. Es por ello que las mismas se definen para lograr la nivelación en el rendimiento operacional, perfeccionando no solo la eliminación de las fallas sino también otros factores, tales como la mejora de la eficiencia global de producción.

Las seis grandes pérdidas son las que conforman el índice de desempeño o EGP. Lo conforman las siguientes pérdidas por falla, por *set-up* y ajuste, por pequeña parada y operación en vacío, por velocidad, defectos y retrabados, por inicio y pérdida de rendimiento. (Montenegro, 2006, p.62)

En la situación actual de la empresa, el autor presenta una serie de problemas principales que se dan en la ejecución de producción de la impresión. Los principales problemas que se tienen con el equipo, y otros. (Montenegro, 2006, p.38)

Todos estos problemas dan como resultado una baja productividad y un bajo desempeño de la máquina, no obteniendo la producción que especifica el

fabricante de la máquina. Es por esta razón que se desea implementar esta metodología para aumentar la productividad.

Kaizen es un sistema de mejora continua e integral que comprende todos los elementos, componentes, procesos, actividades, productos e individuos de una organización. Esto sin importar la actividad o producto al que se dediquen, cada empresa se enfoca en cómo obtener mejores beneficios económicos. Este sistema lo alcanza a través de una serie de técnicas que permiten alcanzar una cultura de mejora continua. (Montenegro, 2006, p.95)

Luego de implementación y puesta en marcha de esta metodología se espera obtener en esta empresa donde se realizó la investigación las siguientes ventajas y beneficios:

- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados
- Disminución en la cantidad de accidentes
- Reducción en fallas de los equipos y herramientas
- Reducción en los tiempos de preparación de maquinarias
- Aumento en los niveles de rotación de inventarios
- Importante caída en los niveles de fallas y errores
- Mejoramiento en la autoestima y motivación del personal
- Altos incrementos en materia de productividad (Montenegro, 2006, p.96)

Como se puede observar esta es otra manera de incrementar la productividad de una planta aplicando el método de Kaizen. Este documento servirá de apoyo para comparación de resultados de aplicar Kaizen y TPM como herramienta de ingeniería ambas para incrementar la productividad.

Rey (2001) en su libro indica la necesidad que tienen las empresas para el desarrollo del TPM, siendo estas las siguientes:

- Es necesario implantar nuevas organizaciones en las funciones de fabricación, mantenimiento y calidad para facilitar un desarrollo eficaz.
- La importancia de un mantenimiento preventivo para la vida de los equipos, bien estructurado y optimizando su efectividad.
- Promover la idea de que el mantenimiento es tarea de todos y activar el trabajo en equipo.
- Potencia grupos de trabajo y dirigirlos a que tengan activa participación a la mejora a través de sugerencias. (Rey, 2001, p.66)

El autor habla acerca de la importancia que tiene la dirección en el éxito de la implementación del sistema, lo divide en etapas de ejecución de deben obedecerse para que se pueda llevar a cabo. (Rey, 2001, p.83)

Por ejemplo en la etapa 1 menciona que la etapa más importante de todo el proyecto es la decisión de la dirección en implementar o no esta metodología, pues se trata de construir el mismo comité de dirección y las estrategias que se conformarán para el cumplimiento del proyecto. Explica que si la dirección no toma la decisión y el liderazgo es muy posible que el proyecto fracase en el desarrollo. (Rey, 2001, p.83)

El objetivo del comité es determinar la estrategia, publicar el compromiso y que esta sea coherente con el proyecto de empresa y con los planes de progreso.

También el autor explica que se debe definir la cultura que se desea alcanzar, indica que es un punto de vital importancia, ya que condicionará todas

las acciones a emprender. Además, permitirá que el proyecto como tal tenga una continuidad y pueda seguir mejorando, ya que depende en gran parte del compromiso de toda la empresa. (Rey, 2001, p.90)

Al terminar especifica la optimización y mejora continua de las prácticas de TPM. Al ser implementada esta metodología es necesario seguir evaluando todos los aspectos que permitan una mejora continua en los procesos. Esto a través de la generación de manuales, evaluaciones, y otros. (Rey, 2001, p.261-304)

Cuatrecasas, L. & Torrell F. (2010) en su libro describe el proceso de implantación de un sistema TPM en un entorno de manufactura esbelta. En donde resalta que el objetivo fundamental del sistema TPM es la obtención del máximo rendimiento o máxima eficiencia global: OEE (Overall Equipment Effectiveness) de un sistema productivo a través de la correcta gestión de los equipos que lo forman. Este sistema conduce al ideal de 100 % de disponibilidad y 0 % de averías, que es lo que idealmente busca cualquier industria. (Cuatrecasas, 2010, p.45)

Especifica que para alcanzar la correcta implementación de un programa TPM se deben cumplir cuatro fases claramente diferenciadas con un objetivo propio en cada una de ellas:

- Preparación
- Introducción
- Implantación
- Estabilización (Cuatrecasas, 2010, p.47)

Indica que de estas 4 fases se desprenden 12 etapas que sirven para la correcta implementación del sistema. Se que inicia desde la decisión de querer aplicar la metodología en la empresa, informar acerca de ella a toda la organización, promocionarla, explicar las ventajas de aplicarla al trabajo diario, la elaboración del plan maestro y por último la consolidación.

El autor indica que es importante dar la información a todo el personal acerca de TPM. Explica la necesidad de eliminar la resistencia que emana en toda la planta cuando se habla acerca de la decisión de introducir un cambio que va a afectar o a cambiar algunos aspectos de la forma de trabajar que se tiene en esos momentos. (Cuatrecasas, 2010, p.49)

El presidente o gerente de la compañía deberá liderar este proyecto para que tenga el éxito deseado según indica el autor. (Cuatrecasas, 2010, p.52)

En resumen lo que se ha podido detectar de los autores mencionados es acerca de la importancia que tiene un sistema de gestión para optimizar y aumentar la productividad global de la planta.

Se dice que para que una implementación de este tipo tenga el éxito deseado es necesario el involucramiento de la alta dirección en el proyecto. Esto debido a que para la implementación de este tipo de proyectos es necesario realizar inversiones y evaluar el retorno que se obtendrá de todo esto.

La metodología da como resultado un personal con mayor motivación, con el conocimiento exacto de sus funciones dentro de la empresa y un aumento significativo de la productividad global de la planta.

3. OBJETIVOS

General

Aumentar la productividad de la planta de prefabricados de concreto mediante la identificación de los tiempos no productivos a través de la aplicación de TPM como herramienta de ingeniería.

Específicos

1. Describir el proceso actual en la producción de prefabricados de concreto en la máquina P70.
2. Medir los tiempos de muda que genera una mala gestión en el mantenimiento y su incidencia en la productividad.
3. Diseñar un sistema de TPM como herramienta de ingeniería para aumentar la productividad.
4. Diseñar un programa de capacitaciones a operarios para involucrarlos en el mantenimiento básico de la máquina.
5. Realizar un análisis de factibilidad económica para la implementación del sistema TPM.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. Definición del problema

No existe un programa de mantenimiento preventivo establecido, lo que causa un aumento en los tiempos improductivos en la planta por fallas mecánicas y eléctricas, afectando la productividad de la planta.

Se caracterizara el diseño de la investigación mediante la formulación de las siguientes preguntas.

- Pregunta central:

¿Permitirá un programa de mantenimiento preventivo basado en TPM aumentar la productividad de la planta de prefabricados de concreto?

- Preguntas auxiliares:

1. ¿Cuál es la situación actual del mantenimiento en la planta de prefabricados de concreto?
2. ¿Existe un análisis de los tiempos de muda que inciden en la baja productividad de la planta?
3. ¿El diseño de un sistema de TPM como herramienta de ingeniería puede aumentar la productividad?
4. ¿El personal operativo estará involucrado en la solución de problemas básicos de mantenimiento?

5. ¿Será factible la implementación de un sistema TPM en la planta de producción en términos económicos?

La producción de prefabricados de concreto, no produce lo establecido por constantes paros no programados, por fallas mecánicas y eléctricas en la máquina Poyatos P70. Esto en la planta de Chimaltenango km 61,5 carretera Interamericana y genera una insatisfacción de la empresa. Debido por los bajos resultados y el mal aprovechamiento de la capacidad instalada del proceso de fabricación de prefabricados de concreto y la baja rentabilidad por incrementos de costos de fabricación.

El problema surge debido a la necesidad de aumentar la productividad global de la planta de Chimaltenango debido al incremento de las ventas, cuyo valor equivale a 1 500 tableros mensuales. El rendimiento actual de la planta se encuentra a tan solo un 75 % de su capacidad instalada.

La planta tiene una capacidad instalada de 1 600 tableros (unidad de medida en la producción de prefabricados de concreto, 1 tablero equivale a 7 bloques de concreto). Actualmente, se producen alrededor de 1 200 tableros promedio por mes por turno, lo que indica que no se está aprovechando un 25 % de la capacidad de la planta.

La causa de este bajo rendimiento es debido a problemas constantes por fallos mecánicos en la máquina Poyatos P70. Esto debido a que no existe algún programa de mantenimiento preventivo, sino el mantenimiento es únicamente correctivo no programado. Esto provoca que por cada paro no programado el tiempo de reacción para la resolución de la falla sea más prolongado al no estar preparados para la emergencia.

Actualmente, la productividad global de la planta de Chimaltenango se está viendo afectada por constantes fallos mecánicos y eléctricos que causan paros no programados de producción. Esto causa que no se cumpla el presupuesto de ventas establecido que es de 1 500 tableros vendidos por mes.

Adicional, el bajo rendimiento en productividad genera mayores gastos de mano de obra debido a que el personal operativo está contratado a destajo. Esto significa que cada día deben cumplir una meta de 1 600 tableros, al no efectuar esta meta se generan mayores costos debido a que se les deben pagar los tableros, que no se produjeron por averías en la máquina.

El determinar si es posible una gestión efectiva del mantenimiento en la planta de prefabricados de concreto, para reducir los tiempos improductivos y mejorar la productividad global de la planta.

4.2. Delimitación del problema

El ámbito de la investigación durante junio 2014 a junio 2015 se llevará a cabo en una empresa que fabrica productos de concreto en el km 61,5 carretera Interamericana. El trabajo comprende la línea de producción de prefabricados de concreto, Poyatos P70, en su producción y traslado a almacén de producto terminado.

5. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. Además permite eliminar condiciones inseguras que podrían afectar a las personas. La línea de investigación que se utilizará es la mejora en la productividad, a través de la aplicación de TPM para la reducción de tiempos improductivos.

Actualmente todas las empresas en crecimiento están en búsqueda de métodos que les permitan incrementar su productividad. Esta tiene como función de cumplir con la creciente demanda de productos que exigen los clientes y de esta manera ser más rentable y utilizar de manera eficiente los recursos.

Es importante que la mentalidad de la empresa sea la de aplicar una filosofía de mejora continua en sus procesos. El trabajo de incrementar la productividad no termina con esta investigación sino que cada día se puede influir con una actitud de mejora continua, para revisar cada proceso y volverlo más eficiente.

La realización de la presente investigación permitirá verificar la baja productividad que se tiene actualmente en la planta de Chimaltenango, en los momentos donde existe mayor demanda de producto terminado, se necesita una solución a la baja productividad. El motivo principal para realizar esta investigación es el de reducir las fallas mecánicas y eléctricas para generar un incremento en la productividad de la planta.

Por tales motivos, se puede concluir que esta investigación es importante para el continuo crecimiento de la empresa. Por ello el objetivo de la investigación es cómo lograr reducir significativamente las fallas mecánicas y eléctricas y cómo involucrar al personal operativo en los programas de mantenimiento preventivo que se desean diseñar.

Los beneficios del presente proyecto de investigación serán un aumento en la productividad global de la planta, lo que conlleva un margen de ganancia mayor lo cual representará mayores beneficios al dueño, los socios de la empresa y los clientes.

6. ALCANCES

En este estudio se utilizará el estudio descriptivo de enfoque cuantitativo, ya que se desea alcanzar una meta de productividad respectiva al proceso de producción de prefabricados de concreto. Específicamente en la planta ubicada en el km. 61,5 ruta Interamericana, la cual presenta la más baja productividad, de las demás plantas en su proceso.

El alcance de este diseño de investigación abarca el aumento de la productividad y la reducción de tiempo muertos en los turnos de producción con base en la herramienta de ingeniería de mantenimiento productivo total. Con ello se diseñarán programas de mantenimiento preventivo para reducir drásticamente los paros no programados por fallas mecánicas y eléctricas, involucrando también al personal operativo en funciones de revisiones periódicas al equipo de fabricación.

Con esta investigación se espera una reducción en los tiempos muertos de producción, aplicando el mantenimiento productivo total. Esto basándose en el diseño de programas de mantenimiento preventivo, que también permitirán mayores márgenes de ganancia al utilizar eficientemente los recursos de la planta, al fabricar un producto terminado.

El trabajo de investigación se realizará para la planta de producción de prefabricados de concreto ubicada en el km. 61,5 ruta Interamericana.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Descripción de la empresa

La empresa es de fabricación y comercialización de artículos de concreto, materiales para la construcción y ferretería, losa sanitaria, lámina, herramientas, PVC, pintura, piso cerámico, acabados y más.

7.1.1. Antecedentes e historia

FFACSA es la empresa líder en producción, venta y distribución de materiales para la construcción, desde agregados hasta bloques, tubos y adoquines de concreto. La sede central está ubicada en el departamento de Chimaltenango específicamente en el km 61,5 carretera Interamericana. El crecimiento que ha tenido esta empresa es digna de admirar, conociendo las raíces de donde surgió.

La planta más grande se le conoce como El Kontic, llamada así por la aldea Kuntic donde está ubicada. Cuenta con un terreno de 10 manzanas y con cuatro líneas de producción, una línea de adoquín, otra de bloques de concreto, tubos de concreto y por último la línea de artículos varios.

La tecnología con la que cuenta esta empresa es de las mejores del mundo, se cuenta con una máquina Poyatos de España con una capacidad de producción de 80 000 bloques diarios, siendo la planta con mayor capacidad en el territorio guatemalteco. La fabricación de sus productos se rigen bajo las normas ASTM y Coguanor, siendo estas últimas las que están vigentes en Guatemala, para todo tipo de artículos manufacturados.

Cada planta de producción cuenta con un estricto control de la calidad, lo cual se ve reflejado en el producto final que le es entregado al cliente, generando satisfacción por la calidad. Se llevan controles estadísticos de los parámetros que rigen la fabricación de los bloques, tales como medidas, apariencia, textura y resistencia.

7.2. Productos que se fabrican y descripción del proceso

En la empresa se producen diversidad de productos para la comercialización y utilización como materia prima, los cuales se describen en la siguiente lista:

- Agregados:
 - Arena de río, con granulometría de 0-1/2"
 - Polvo de piedra triturado, con granulometría de 0-1/4"
 - Piedrín 3/8", utilizado en producción
 - Piedrín 1/2", comercializado

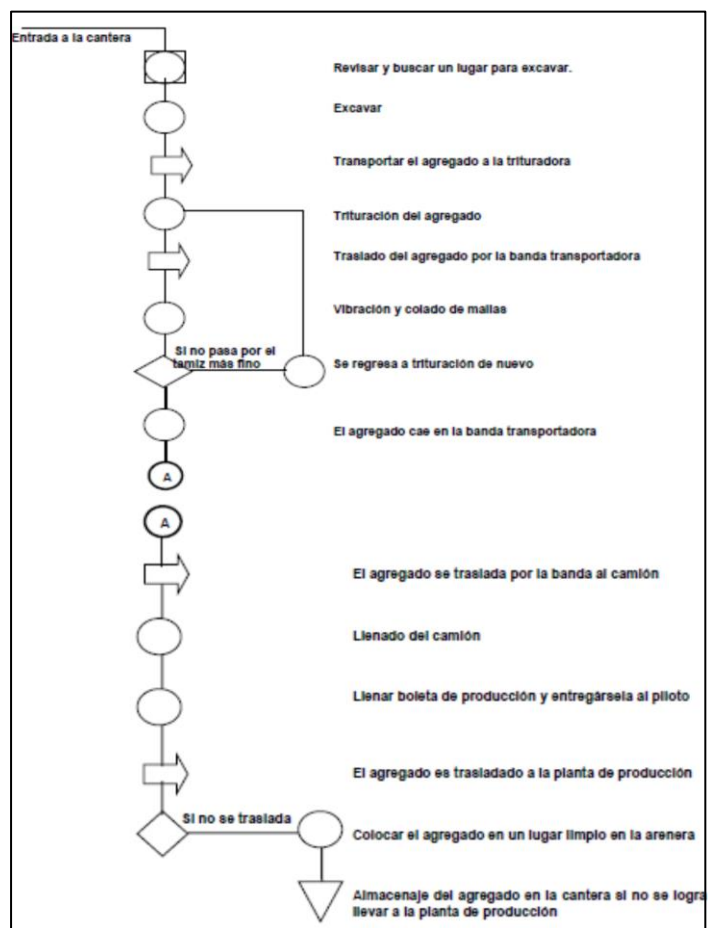
- Prefabricados de concreto:
 - *Block* de 14x19x39 cm en resistencias de 25, 35, 50 y 70 kg/cm²
 - *Block* de 15x19x39 cm en resistencias de 25, 35, 50 y 70 kg/cm²
 - *Block* de 15x20x40 cm en resistencias de 25, 35, 50 y 70 kg/cm²
 - *Block* de 19x19x39 cm en resistencias de 25, 35, 50 y 70 kg/cm²
 - Adoquín Tipo Cruz en resistencias de 210 y 280 kg/cm²
 - Tubos de concreto de 04" hasta 60" de diámetro interno
 - Artículos varios: pilas, cajas para contador, letrinas, y otros.

En la figura 1 se observa el DFP de trituración, donde se encuentran todos los pasos que conlleva. Esto desde la búsqueda de la piedra, la excavación, el transporte hasta la trituración de la piedra y el traslado hacia las distintas plantas donde será utilizado el agregado.

7.3. Diagrama de procesos de las áreas de la planta

A continuación se presenta el diagrama de proceso de trituración.

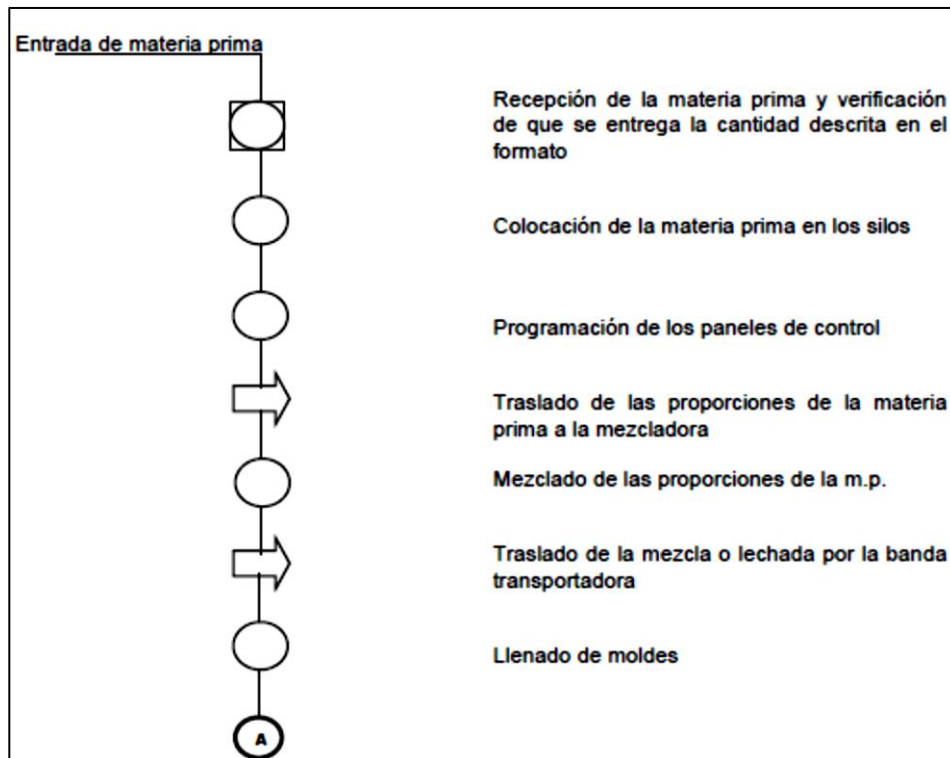
Figura 1. Diagrama de proceso de trituración



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

En la figura 2 se presenta el DFP de fabricación de los artículos de concreto, el cual inicia donde termina el DFP de trituración. Esto es la recepción de la MP y el ingreso en las fosas de dicho material, donde será utilizado en la máquina de producción.

Figura 2. **Diagrama de proceso de fabricación de artículos de concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

7.4. **Conceptos del mantenimiento productivo total**

Se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Este es un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante.

7.4.1. TPM: mantenimiento productivo total

Es un sistema japonés de mantenimiento industrial perfeccionado por la cultura japonesa y creada por la cultura norteamericana. Nace del concepto de mantenimiento preventivo creado por los Estados Unidos. (Kauro, 2002, p.48)

Es un sistema de gestión que permite evitar todo tipo de pérdidas en el periodo de vida de un sistema productivo, es decir, que reduce de manera significativa los tiempos de muda que se generan por una mala gestión de mantenimiento. Este sistema permite aumentar la eficacia e involucra a todo el personal desde los operadores de la maquinaria hasta la alta dirección de la empresa en el mantenimiento efectivo de la maquinaria, orientando el liderazgo de cada colaborador en las actividades de cada día.

Este sistema de gestión se desarrolló con el fin de mejorar productos y servicios, además de contar con un sistema de producción más eficiente, desarrollando la interacción del operario en funciones de mantenimiento básico. (Tavares, 2000, p.99)

Es por esta razón que al implementar un sistema de TPM es importante que las personas involucradas tengan el conocimiento exacto de sus funciones para que la implementación pueda realizarse con éxito. El conocimiento de sus funciones permitirá a los colaboradores abordar de mejor manera todos los aspectos que se les soliciten comprendiendo que lo que se realice será en beneficio del trabajo que se está desempeñando.

Los operarios juegan un papel muy importante en el mantenimiento productivo total ya que ellos teniendo el conocimiento de la máquina a través de la experiencia que tienen al utilizarla. Es vital que también se tenga

conocimiento de las principales fallos que ha ocasionado la máquina en el tiempo, de esta manera se podrán involucrar a los operarios a través de capacitaciones de mantenimiento básico en el cuidado de la máquina. (Tavares, 2000, p.99)

Estas capacitaciones deberán de realizarse manera periódica para evitar que lo aprendido se pierda con el paso del tiempo. Por ello será necesario generar un cronograma formal de capacitaciones, para llevar en registro de los temas que se han estudiado y los que aún están pendientes.

La industria ideal debería de operar al 100 % de su capacidad el, 100 % del tiempo. Por ello es muy difícil en las industrias guatemaltecas debido a la poca importancia que se le presta a implementar un sistema de gestión de mantenimiento como el TPM. Siendo este un poderoso concepto que conduce el mantenimiento cerca del ideal de cero averías.

TPM agranda los conocimientos de los operarios y del personal de mantenimiento y los unifica como un equipo para optimizar las actividades de operación y mantenimiento. Esto hace interesante el sistema de gestión es el trabajo en equipo, ya que no se trata solamente de yo fabrico tu arreglas sino que se cambia la mentalidad a yo fabrico yo arreglo.

La idea principal del TPM involucra a los operadores de la máquina en el mantenimiento básico de su propio equipo. Es decir que mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasionen fallas.

TPM es una estrategia orientada a formar una serie de actividades programadas que al ser implantadas permitan un incremento significativo de la

competitividad de la industria donde se está aplicando. Esto permite aumentar la productividad generando mayores ganancias y una marcada diferenciación con la competencia. Es considerada como estrategia, ya que ayuda a establecer capacidades competitivas por medio de la eliminación de las deficiencias de los sistemas operativos, a través de un sistema riguroso y ordenado. Es una nueva filosofía para la producción y el mantenimiento.

Para el éxito de TPM es importante el compromiso de la alta dirección en el proyecto para llegar a los niveles operativos y lograr el mismo compromiso con el proyecto. Se habla acerca de la importancia de la seguridad industrial que es un objetivo de implementar la metodología de las 5S, logrando con ellos cero accidentes por falta de precaución. Es importante el trabajo en equipo para que el proyecto de implementación pueda ser realizado eficientemente.

7.5. Historia del TPM

Para definir de comienzo del término TPM se ha discutido en varias ocasiones, por distintas personas expertas en el mantenimiento para encontrar el nacimiento de esta filosofía. Algunos afirman que dio inicio por los fabricantes americanos hace más de cuarenta años; otros lo asocian con el mantenimiento que se utilizaba en la planta de producción Nippodenso, una fábrica de elementos eléctricos de automóviles de Japón a fines de la década de los 60. Seiichi Nakajima, adopta el crédito de haber establecido las nociones que se manejan actualmente de TPM y de velar por su implantación en cientos de fábricas en Japón.

De esto se puede definir que TPM tuvo su origen en Norte América, pero fue impulsado por la industria japonesa debido al crecimiento a gran escala de la industria.

Al terminar la segunda guerra mundial, tiempo después, las industrias japonesas concluyeron que para tener éxito en el mercado debían mejorar significativamente la calidad de sus productos. Esto debido a que incorporaron técnicas de gestión y fabricación originarias de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares necesidades. Gracias a esta gestión sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por la calidad superior que ofrecen sus productos, llamando la atención del mercado mundial en los productos manufacturados en este país. (Masaaki, 2001, p.33).

La introducción del mantenimiento preventivo fue en los años cincuenta logrando así el mantenimiento productivo alcanzar un excelente grado de implantación en la década de los sesenta. TPM inició su desarrollo en la década de los años setenta. Es decir que el tiempo que precede a la década de los años cincuenta se le conoce como periodo de mantenimiento de averías. (Nakajima, 1993, p.42,43,44)

En conclusión, el TPM es acerca de mantenimiento productivo de estilo americano, modificado y desarrollado para adaptarlo al entorno industrial japonés, en donde tuvo su éxito debido a la disciplina por la que es reconocido este país. El TPM resalta la importancia de conocer la confiabilidad del mantenimiento y la eficiencia en términos económicos que esta genera en el diseño de la planta, distanciando la barrera que existe de trabajo entre el personal de mantenimiento y producción. Siendo lo contrario, que muchas organizaciones de Japón han establecido que en el mantenimiento productivo todos los empleados pueden participar.

La mayor aceptación de esta filosofía ha sido en Japón desde su introducción. Un ejemplo de aplicación de esta filosofía se puede observar en la industria Toyota, siendo luego ampliado a todas las filiales de la empresa,

según su creador Taiichi Ohno, la producción de Toyota se ha basado en la eliminación de toda clase de despilfarro. Además adoptan la filosofía JIT (*Just in time*), produciendo únicamente lo necesario.

7.6. Objetivos del TPM

El proceso de gestión TPM ayuda a cimentar capacidades competitivas a la operación de cada día de la empresa. Esto debido a la mejora en productividad y efectividad de los equipos industriales y al sistema productivo como tal. Además permite una mayor flexibilidad y una mejora capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del “*know how*” industrial.

Tiene como fin que los equipos y máquinas trabajen evitando al máximo los paros no programados y eliminar toda clase de desperdicio, contribuyendo a mejorar la confiabilidad y aprovechar la capacidad instalada. Luego de implantada esta filosofía, los periodos de operación mejoran, se reducen los costos, se minimizan inventarios y la productividad aumenta.

Además fortalece el trabajo en equipo, incrementa la motivación de trabajador, crea un espacio para que cada colaborador pueda dar su opinión y aportar lo mejor de sí. Todo esto con el propósito de hacer del lugar de trabajo un lugar creativo, seguro, productivo y grato para trabajar. (Ishikawua, 2002, p.52).

7.7. Beneficios del TPM

Al implantar TPM se logra una diferenciación en la organización respecto a la competencia, debido al impacto que se logran en la reducción significativa de los costos de operación. Se disminuyen los tiempos de muda, aumenta la confiabilidad de suministros, engrandecimiento del conocimiento que poseen los colaboradores y la calidad del producto final.

- Beneficios con respecto a la organización
 - Mejora en el clima organizacional
 - Control de operación más eficiente
 - Incremento de la motivación del colaborador
 - Se crea una cultura de disciplina y mejora continua
 - Contante aprendizaje
 - Participación y colaboración de los colaboradores
 - Comunicación efectiva

- Beneficios con respecto a la seguridad
 - Mejora de aspectos ambientales
 - Disminución de los eventos negativos a la salud
 - Mayor conocimiento de los problemas comunes
 - Entendimiento de las normas
 - Mitigación de accidentes
 - Se detectan y eliminan focos de contaminación

- Beneficios con respecto a la productividad
 - Aumenta la productividad
 - Mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
 - Reducción de los costos de mantenimiento.

- Mejora significativa de las características del producto final
- Eliminación de reproceso
- Tecnología avanzada en la empresa.
- Mayor tiempo de respuesta a los incidentes
- Competitividad en el mercado

Al implantar de manera eficiente un programa de TPM, se observan los cambios positivos que esta filosofía genera en la estrategia de la empresa, los beneficios fluyen hacia toda la empresa. De esta manera al ver los beneficios adquiridos todos los empleados deciden apoyar el sistema, todo el personal se siente animado y con la disposición de dar a conocer sus ideas ya que se mantiene una actitud de escuchar toda opinión, de todo el equipo que conforma la empresa.

Para que la implantación se fluya, de manera adecuada, es siempre importante cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe existir un compromiso por parte de la alta gerencia.
- Comunicación del plan y los resultados obtenidos.
- Delegación de responsabilidades y actividades, y el respeto hacia todos los niveles jerárquicos de la empresa.

7.8. Pilares del TPM

Sirven como apoyo para la implantación eficaz de un sistema productivo ordenado. Se sigue una metodología que debe ser seguida con disciplina para el correcto funcionamiento, además de poderosa y eficaz. Los pilares son los siguientes:

7.8.1. Mejoras enfocadas

Son actividades donde participan las áreas que intervienen en el proceso de la implantación, el fin es aumentar la efectividad global de los equipos (EGE). Se desarrolla a través del trabajo en equipo de todos los integrantes con una metodología establecida y buscando la eliminación periódica de las pérdidas existentes en la fábrica.

Se busca el desarrollo de un proceso de mejora continua, aplicado a los procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si la empresa ya ha establecido metodologías anteriores será solo de implantarlas dentro del proceso, Kaizen (mejora continua), y nuevas herramientas determinadas en TPM. No habrá necesidad de modificar el proceso actual.

TPM reduce significativamente los fallos en los equipos, evitando así paros no programados. Será necesaria la aplicación de la herramienta del ciclo Deming (planificar-hacer-verificar-actuar).

7.8.2. Mantenimiento autónomo

Uno de los objetivos del sistema TPM es involucrar al personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este proceso es el que genera mayor impacto en la mejora de la productividad, ya que el operador de producción vela porque la máquina este en las mejores condiciones posibles de funcionamiento. Autónomo se refiere a involucrar al operador en el mantenimiento de la máquina a través de capacitaciones y preparación profesional, se inculca respeto de las condiciones de operación, y el ordenamiento y limpieza de las áreas de trabajo.

El mantenimiento autónomo se basa en la experiencia y conocimiento que el operador y los colaboradores poseen para operar una máquina en específico. Esta experiencia se ha obtenido con el transcurso de los años a través de la operación constante de la máquina. Es decir, que comprenderán de mejor manera la importancia de mantener un buen mantenimiento a los equipos.

Existen un conjunto de actividades por la que esta compuesto el mantenimiento autónomo, los cuales deben de realizarse diariamente por los operadores en sus equipos, los cuales son entre algunos limpieza, intervenciones menores, inspección, lubricación, cambio de herramientas, y otros. Todo eso realizado diariamente permitirá mantener en condiciones óptimas el estado de la maquinaria.

7.8.3. Mantenimiento planificado o progresivo

El mantenimiento planificado también se puede denominar mantenimiento correctivo planificado, que consiste en eliminar los problemas de la máquina a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Esto se logra con la información necesaria, como bases de datos, obtención de conocimiento a partir de ellos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo encargado de estas actividades.

7.8.4. Mantenimiento de calidad

Existe también el mantenimiento de calidad, cuyo fin es el de mejorar la calidad de los productos fabricados, estandarizando los controles de las condiciones de los componentes y equipo que impacten directo en las características de calidad del producto. La cultura ha hecho creer que un equipo

generan problemas cuando estos fallan y obligan a parar la máquina. Sin embargo, existen fallos que no ocasionan un paro, pero producen pérdidas ocasionadas al cambio de características de calidad del producto terminado. Este mantenimiento se puede clasificar como mantenimiento preventivo que está orientado al cuidado de las condiciones del producto terminado.

- Mantenimiento de Calidad no es:
 - Implementar control de calidad al mantenimiento
 - Implementar normas ISO en las tareas de mantenimiento
 - Control estadístico de la calidad del mantenimiento
 - Filosofía de mejora continua a las actividades de mantenimiento

- Mantenimiento de Calidad es:
 - Las acciones de mantenimiento que vayan dirigidas a cuidar la máquina para no generar problemas de calidad al producto terminado.
 - Certificar que el equipo cumple con los parámetros establecidos de operación para generar cero defectos y están dentro de las exigencias técnicas.
 - Revisar cualquier variación que se pueda estar generando en las características de los equipos anticipándose a cualquier eventualidad que pueda ocurrir.
 - Realizar procesos ingenieriles del equipo para analizar las características del producto final, realizando controles y aplicando los cambios necesarios.

7.8.5. Prevención del mantenimiento

Se refiere a que durante la fase de inicio del proyecto de instalación es importante realizar la fase de diseño, construcción y calibración de los equipos. Si se desea adquirir nueva maquinaria y se desea una mejora de la anterior, habrá que estudiar el histórico de mantenimiento de la que ya está instalada. Esto con el fin de ir eliminando riesgos que puedan ocasionar fallos posteriores a la instalación de la máquina.

Se deben establecer indicadores como confiabilidad de los equipos, lo cual es un fundamento importante para la prevención del mantenimiento. Para esto es necesario contar con bases de datos que tengan históricos de mantenimiento.

7.8.6. Mantenimiento en áreas administrativas

Las áreas administrativas no incluye el equipo de producción. Hay departamentos como el de planificación, desarrollo y administración que no producen un valor agregado directo a la producción, pero si pueden aportar el apoyo necesario. Esto es para el proceso productivo sea eficaz, reduciendo costos, oportunidades de mejora y una calidad de producto elevada.

7.8.7. Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación

Las habilidades hacen referencia a la forma correcta de descifrar y proceder de acuerdo a lo establecido en las condiciones de funcionamiento de los equipos. Es la experiencia adquirida a través del trabajo realizado cada día durante un periodo de tiempo establecido. Se requieren las siguientes habilidades para el desarrollo de las distintas actividades:

- Detectar e identificar los problemas de manera oportuna y confiable.
- Entender la operación de los equipos.
- Comprender que defectos de máquina pueden incidir directamente sobre la calidad del producto.
- Análisis y resolución de problemas de funcionamiento y operación de la máquina.
- Trabajo en equipo.

7.9. Maximización de la efectividad de los equipos

La meta principal de toda actividad de mejora de una fábrica es aumentar la productividad minimizando los recursos de ingreso y maximizando los de salida. Los recursos de salida no comprenden solamente el incremento de la productividad, sino también la mejora de calidad, costos más bajos, entrega en plazo, mayor seguridad e higiene industrial, moral más alta y un entorno de trabajo más favorable. Según el libro Programa de Desarrollo del Mantenimiento Productivo Total. Implementación del MPT. (Cuatrecasas, 2012, p.14).

La relación entre los dos tipos de recursos se puede visualizar como una matriz. Los trabajadores, la maquinaria y el material se combinan como recursos de entrada, mientras los de salida consisten en producción, calidad, costos, entrega, seguridad, higiene y entorno, y, moral y relaciones humanas. Los factores de los recursos de entrada se determinan por la distribución de la mano de obra, la ingeniería y el mantenimiento de plantas, así como el control de inventarios.

La ingeniería y el mantenimiento de planta están directamente relacionados con todos los factores de los recursos de salida. Con el aumento de la automatización y la reducción de personal, la producción pasa de las manos de los trabajadores a la maquinaria. Al llegar a este punto, el equipo y la

maquinaria son factores cruciales para el incremento de los recursos de salida. La productividad, calidad, costo y entrega, así como la seguridad, higiene, entorno y moral están todos considerablemente influidos por las condiciones del equipo.

La meta del TPM es intensificar la eficacia del equipo, lo cual implica un buen diseño del proceso. Se esfuerza en lograr y mantener unas condiciones óptimas del equipo para evitar averías imprevistas, pérdidas de velocidad y defectos de calidad en los procesos. La eficacia en su conjunto, se consigue minimizando el costo de la conservación y mantenimiento de las condiciones de los equipos a través de toda su vida útil, en otras palabras, minimizando el costo del ciclo de vida.

La eficiencia del equipo se incrementa y el costo de vida útil se reduce debido al esfuerzo que se ha realizado en el conjunto de la empresa. Esto para mitigar las seis grandes pérdidas siguientes, que restan eficacia al equipo que son las siguientes:

- Tiempo muerto
 - Desperfectos debido a fallas del equipo.
 - Preparación y ajustes.

- Pérdidas de velocidad
 - Tiempo en vacío y paradas cortas.
 - Velocidad reducida.

- Defectos
 - Defectos en el proceso y repetición de trabajos.
 - Normalización más larga entre el encendido de la máquina y la estabilización del equipo. (Rey, 2001, p.62)

7.10. Etapas de la implantación de un programa TPM

Existen cuatro fases claramente diferenciadas con objetivos propios en cada una de ellas para llevar a cabo el desarrollo del programa TPM:

- Preparación
- Introducción
- Implantación
- Estabilización (Cuatrecasas, 2010, p.47)

En la figura 3 se representan las distintas etapas con su respectiva fase para la implantación de un sistema TPM:

Figura 3. **Etapas comprendidas en cada fase de implantación de un sistema TPM**

Fase	Etapas	Aspecto de Gestión
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa.	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas
	2. Información sobre TPM.	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM.
	3. Estructura promocional del TPM	Forma comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivo y políticas básicas TPM.	Analizar las condiciones existentes; establece objetivos, prevean para ello.
	5. Plan maestro de desarrollo.	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean resultados.
2. Introducción	6. Arranque formal del TPM.	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
	7. Equipo	Crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.

Continuación de la figura 3.

3. Implantación	8.	Desarrollo un programa de Mantenimiento Autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9.	Desarrollar un programa de mantenimiento planificado.	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo.
	10.	Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente.
	11.	Gestión temprana de equipos.	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad.
4. Consolidación	12.	Consolidación del TPM y elevación de metas.	Mantenimiento y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo.

Fuente: CUATRECASAS ARBÓS, Lluís y TORRELL MARTINEZ, Francesca (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. p. 48.

7.11. Introducción del TPM en la fábrica

Los tres factores principales para mejoras en los lugares de trabajo son: motivación de los trabajadores, la competencia y el entorno del trabajo. (Gómez, 1998, p.193)

El TPM comprende los tres, conduce a mejoras corporativas fundamentales al mejorar el empleo de trabajadores y equipos. Para eliminar las seis grandes pérdidas se debe cambiar primero la actitud o motivación de las personas y aumentar su habilidad. Se debe también crear un entorno de trabajo que sirva como soporte para la introducción del TPM. Si la alta dirección no asume el liderazgo requerido la implantación no tendrá éxito a pesar del esfuerzo del resto de la organización. (Gómez, 1998, p.195).

7.12. El TPM como política básica de la compañía

El TPM combina la fijación de metas de arriba-abajo por parte de la alta dirección con actividades abajo-arriba de mejora y mantenimiento por pequeños grupos de la línea. La alta dirección tiene que incorporar el TPM en la política básica de la compañía y establecer metas concretas, tales como aumentar el índice operativo de los equipos en más del 80 % o reducir las averías en un 50 % en el curso de varios años. (Acuña, 2003, p.131).

El TPM solo puede tener éxito con la implicación de la alta gerencia, si los gerentes están comprometidos a implementar el TPM, el éxito está virtualmente garantizado.

7.13. Desarrollo de un plan maestro TPM

Para el desarrollo de implantación de TPM, se está tomando un periodo de tres años, se requiere elaborar un plan maestro. Cuando este sea implantado, el plan sirve como programa para TPM. El programa comprende las siguientes fases:

- Pequeños grupos de actividad en el Departamento de Producción para establecer el mantenimiento autónomo.
- Refinamiento del mantenimiento preventivo por el Departamento de Mantenimiento y mejora de los parámetros de mantenimiento para prevenir el deterioro de los equipos.
- Reducción de las fallas al poner en a través de la aplicación de técnicas de prevención del mantenimiento en la fase de diseño del equipo y del proceso. (Rey, ,2001, p.77).

El plan maestro de trabajo de TPM se obtiene de datos históricos, conocimiento de los gerentes y una planeación estratégica a corto plazo.

7.14. Visión general del programa de desarrollo del TPM

Para el desarrollo de la metodología TPM es necesario determinar individualmente cada empresa con los pasos específicos necesarios. Debe establecerse con base en los requerimientos individuales. Esto debido a que los tipos de industrias, métodos de producción, condición de los equipos, necesidades y problemas especiales, técnicas y niveles de mantenimiento varían de una compañía a otra.

A continuación se presenta una descripción de las metas interdependientes para llevar a cabo el TPM.

7.14.1. Mejora de la eficacia de los equipos

Esta meta es muy importante y depende de cómo esté diseñado el proceso, es decir, el diagrama de flujo y la localización de los equipos, junto con los accesorios a utilizar. Es importante tomar como referencia proyectos modelo que han tenido éxito en la correcta implantación de la metodología.

Se establecen equipos para el proyecto, que deben incluir ingenieros en mantenimiento, el personal de producción como supervisores de la línea de producción. Se analizan los cuellos de botella, en un periodo de tres meses de investigación y análisis a conciencia. (Gómez, 1998, p.221)

Los equipos conformados para el proyecto se enfocan en mejorar una de las seis grandes pérdidas. Al alcanzar los resultados deseados se puede extender a otros equipos de manera similar, como por ejemplo: paletizadoras,

despaletizadoras, empacadoras y desempacadoras. Esto con miembros de equipos de proyecto buscando nuevas actividades de mejora a realizar, por pequeños grupos en su propio sector.

7.14.2. Mantenimiento autónomo por operadores

El mantenimiento autónomo por operadores es una de las características más particulares que identifica al TPM. La pauta establecida y el ambiente de trabajo de una compañía no se pueden cambiar de la noche a la mañana. El proceso tarda dos a tres años en cambiar la cultura corporativa, dependiendo del tamaño de la compañía. Toda la organización en especial los mismos operadores, deben estar conscientes que el mantenimiento del equipo y la correcta utilización es responsabilidad de ellos.

7.14.3. Adiestramiento para la mejora de la operación

Existe la opinión de algunas personas en que al aumentar el nivel de automatización, las habilidades operativas se vuelven sobrantes. Existe el inconveniente que, mientras la producción sin ayuda técnica de los operarios puede llegar a lograrse, en el mantenimiento en cambio no es posible su realización de manera automatizada. En tal sentido se requiere que las habilidades de los operadores deben mejorar si se quiere tener éxito con el mantenimiento autónomo. Esto, más el mantenimiento predictivo y la mantenibilidad de los métodos básicos del TPM.

Para la correcta implantación de la metodología es importante realizar una inversión en adiestrar al personal operativo en el funcionamiento adecuando de esta.

7.14.4. Gestión temprana de equipos

El ciclo de vida de una pieza de cualquier equipo se inicia en el diseño del mismo, siendo también muy importante el diseño del proceso, ya que ambos influyen mucho en la vida útil del equipo.

7.14.5. Efectividad del equipo

La efectividad del equipo se evalúa como una medida del valor añadido a la producción a través del tiempo. Dicho en forma simple, es la diferencia entre los ingresos ocasionados por las ventas y el costo de recursos (material y mano de obra) empleados para fabricar el producto. El valor añadido a un producto por el equipo se reduce considerablemente por las ineficiencias y las seis principales pérdidas relacionadas con el equipo. Esta aumenta cuando sube la disponibilidad y productividad y cuando bajan los defectos en el proceso y las repeticiones de trabajos.

El TPM maximiza la eficacia del equipo a través de actividades siendo:

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos en el proceso de producción, estabilizando y mejorando la calidad. (Álvarez, 1994, p.61)

7.15. Las 5S, una filosofía esencial

Para una correcta implementación de un sistema de TPM, cuyo objetivo es incrementar la productividad de la planta, es necesario tener como base el

sistema de 5S. Sus directrices y procesos de orden, limpieza y disciplina permiten que la adopción del sistema de TPM se efectúe de manera más eficiente.

Esta filosofía está basada en cinco palabras japonesas las cuales cada una empieza con una “S”, buscando una mejora en el trabajo en equipo, ordenamiento y la estandarización de los procesos visto en las anteriores “S”. El objetivo de las 5S es mejorar las condiciones y los ambientes de trabajo y de esta manera mejorar la motivación del empleado y crear condiciones más seguras para trabajar

- *Seiri* (selección y despeje): la primera de las 5S nos hace referencia a la selección y despeje de las áreas, es decir, eliminar todo lo que no sea necesario del área de trabajo. Para lo que no se tiene una certeza exacta, es si existe la denominada tarjeta roja, que se coloca en todo equipo; material que este en el área de cuarentena para que después de 40 días se pueda tomar una decisión al respecto, ya sea eliminar o transferir.

Con esta “S” se logran liberar los espacios de objetos innecesarios, despejando las áreas para proceder al siguiente paso de la filosofía. (Susuki, 1992, p.34).

- *Seiton* (orden): esta “S” se enfoca en el orden que se debe establecer, luego de haber despejado cada área de trabajo, se deberán esclarecer las siguientes interrogantes:
¿Qué uso para realizar mi trabajo?
¿En dónde debe estar ubicado?
De lo que necesito, ¿cuánto necesito?

En esta fase de la filosofía de ordenamiento se establecen algunas acciones como: pintura de los pisos, delimitación de las áreas de trabajo, disposición de las estanterías necesarias, *lockers*. Todo esto es necesario para establecer el orden necesario de “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. (Susuki, 1992, p.37).

- *Seiso* (limpieza): esta fase de limpieza inicia, luego de haber adoptado de manera correcta las primeras dos; selección y despeje, y orden. La filosofía indica que luego de tener despejadas y ordenadas las áreas, se deberá establecer un procedimiento de limpieza para cada una, incluyendo las áreas de difícil acceso. Manteniendo una limpieza diaria con base en un cronograma previamente establecido para llevar un mejor control. Da a los colaboradores un sentimiento de limpieza, ya que las áreas que antes se encontraban en desorden y suciedad, se mantienen ahora con una limpieza impecable, si esto se está realizando de manera correcta.

En esta fase es necesario detectar los focos de contaminación que evitan mantener limpio el lugar, una vez identificados es necesario realizar una planificación para la eliminación de todos estos focos. (Susuki, 1992, p.45).

- *Seiketsu* (estandarizar): luego de implantados los primeros tres pasos de esta filosofía es importante establecer una forma de estandarizar lo que se ha logrado. Esto para no permitir que caiga en el desorden que existía, antes de empezar con la filosofía.

La función de esta filosofía es precisamente eso, generar estándares que permitirán sostener de manera eficiente logrando en las primeras 3S, se

generarán formatos que permitirán controlar de manera adecuada, además del respectivo seguimiento de lo que se realiza día con día.

- *Shitsuke* (mantenimiento/autodisciplina): esta “S” se refiere a mantener lo ya se ha logrado, siendo esta la más difícil ya que tener. Estos hábitos bien establecidos son cuestión de disciplina. Disciplina es lo que se requiere para mantener lo ya se ha logrado, es decir, que la persona debe mantener una cultura de orden y limpieza para que esto ocurra.

Se obtienen varios beneficios al implantar de manera correcta esta filosofía. Estas son las siguientes: mayor motivación del empleado, aumento en la productividad al no malgastar tiempo en actividades innecesarias, buena impresión por parte de los clientes al observar el lugar limpio y ordenado.

En conclusión se debe mantener una cultura de orden y limpieza, ya que de esta manera el proceso de implantación y seguimiento se realizará correcta y eficientemente, esto generará beneficios significativos tanto para la organización como para todos los empleados.

7.16. La efectividad global de los equipos (EGE)

Este indicador presenta todas las pérdidas de las máquinas medidas en el tiempo. Es un indicador de bastante importancia ya que permite conocer la competitividad de la empresa. Así servirá como factor de comparación para la realización del *benchmarking*. Se compone de tres factores importante:

- Disponibilidad: da resultados de medición de disponibilidad de la máquina debido a fallos que ocasionan paros no programados.

- Eficiencia de rendimiento: brinda mediciones de rendimiento, como pérdidas causadas por pérdidas de velocidad, rendimiento bajo conforme las especificaciones del fabricante, mal trabajo de la máquina.
- Índice de calidad: representa las pérdidas por mala calidad de productos ocasionadas por defectos de máquina, aumentando el despilfarro y el reproceso, se debe buscar una perfección en el producto final.

Este índice genera información importante para el producto de producción y para el desarrollo del TPM. Este indicador va de la mano a lo realizado en el mantenimiento autónomo, como también de los demás pilares ya mencionados. Identifica las áreas críticas para la realización de una prueba piloto para la implantación de TPM.

De esta manera se justifica a la alta gerencia de la necesidad de establecer puntos de control y de la solicitud de recursos necesarios para el proyecto, controlando las mejoras que se han alcanzado en la industria.

Los resultados que genera el EGE permiten orientar las acciones de TPM y la clase de herramientas que se utilizarán para la resolución de problemas y actividades. Ayuda a la generación de índices de comparación entre distintas industrias para máquinas similares. (Suehiro, 1995, p.24,25,26).

7.17. Aspectos básicos de calidad

A continuación se explicará los aspectos básicos de calidad.

7.17.1. Calidad y competitividad

Para definir qué es calidad es necesario colocarse en el punto de vista del cliente, ya que él adquiere el producto. Las empresas existen para proveer algún tipo de material, el cliente necesita un producto que satisfaga sus necesidades y expectativas. Teniendo este concepto en mente, según Juran indica que: “Calidad es que un producto sea adecuado para su uso”.¹

La calidad consiste en alcanzar el ideal de cero deficiencias en la característica que necesite el cliente. Así como esta definición existe un sinnúmero de expertos que han agregado muchas definiciones al respecto, pero de forma simple, calidad es ante todo la satisfacción del cliente. Un cliente está satisfecho cuando recibe todo lo que él esperaba y más. (Gutiérrez, 2009, p.5)

El tema de calidad se trata de todo aquello que el cliente busca para satisfacer sus necesidades, al aplicar la metodología TPM, entra en juego el papel de la calidad, existen muchos factores que pueden incidir en mala calidad de producto por deficiencias en el área de mantenimiento, por descuidos de los operadores, por falta de seguimiento de los procesos establecidos. TPM busca disminuir todos estos defectos a cero y mantener una calidad óptima del producto.

¹ Equipos (EGE).

7.18. Productividad

Como se conoce actualmente, es la relación de lo producido y los medios empleados para producirlo, es lo medido de la productividad son las unidades producidas, clientes atendidos o en rentabilidad neta del negocio. Mientras que los recursos se pueden cuantificar por medio de número de trabajadores, horas-máquina, entre otros. Es decir que si se desea optimizar la productividad es necesario optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados. (Gutiérrez, 2009, p.9)

TPM busca sobre todo un aumento de la productividad global de la empresa. Al reducir significativamente los tiempos de muda, que se generan por una mala administración del mantenimiento, es posible alcanzar esta mejora en la productividad, y ser más competitivas a nivel global e incursionar en más mercados, a través del crecimiento exponencial que generen los procesos.

7.19. Control estadístico de la calidad

La estadística está conformada por una serie de acciones enfocadas en la toma y estudio de los datos obtenidos. El control estadístico de la calidad es el uso de métodos estadísticos aplicados al control de calidad. (Gutiérrez, 2009, p.11)

Para garantizar que el cliente estará satisfecho con el producto que este adquiriendo es necesario mantener un estricto control estadístico de la calidad, de esta manera la imagen de la empresa se verá beneficiada a mantener una calidad óptima en todos sus productos.

El Departamento de Control de Calidad en todas las industrias genera un papel muy importante en el análisis de las situaciones que ocurren día a día. En conjunto con los otros departamentos se puede realizar análisis en conjunto para la discusión de algún problema que esté afectando inherentemente en la calidad del producto terminado. Todos los esfuerzos deben ir dirigidos a mantener al cliente satisfecho a como dé lugar, ya que la empresa crece y sigue vendiendo.

7.19.1. Variabilidad

Existe en la vida diaria, es decir, el tiempo que requiere salir de casa y llegar al trabajo por ejemplo. La temperatura puede que varíe cada día, y para cada evento pueden ocurrir ciertas variaciones que afecten levemente el resultado final. El mal clima hace que llegue tarde al trabajo, al salir a la misma hora de la casa, existió una variación ajena al control del individuo. Así como estas variaciones existen en la vida real, también se pueden observar en el control estadístico de la calidad. (Gutiérrez, 2009, p.11)

El objetivo del control estadístico es en definitiva poder reducir todos los aspectos relacionado a la variación de los datos que se puedan obtener. Se pretende llegar al ideal de cero errores o defectos, ocasionando de esta manera un cumplimiento excepcional a lo establecido en las condiciones de operación de cualquier industria.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

1.2. Ubicación

1.3. Historia

1.4. Misión

1.5. Visión

1.6. Valores éticos

1.7. Organización

1.8. Organigrama

1.9. Puestos y funciones

1.9.1. Definición de productividad

1.9.2. Medición actual de la productividad

1.9.3. Situación actual de la productividad

1.9.4. Definición de un sistema de control de calidad

1.9.5. Definición de un sistema de control de calidad

- 1.9.5.1. Importancia de la calidad
 - 2.1. Diagnóstico de la situación actual, definición y características
 - 2.2. Pronósticos
 - 2.3. Productividad tipos
 - 2.4. Problemática actual del área
 - 2.4.1. Bodegas
 - 2.5. Inventarios
 - 2.5. Herramientas utilizadas en el diagnóstico
 - 2.5.1. Planificación y análisis de sistemas
 - 2.5.2. Diseño e implantación de sistemas
 - 2.5.2.1. Fase de preparación
 - 2.5.2.2. Fase de introducción
 - 2.5.2.3. Fase de consolidación
 - 2.5.3. Estrategia de producción
 - 2.5.4. Integración de sistemas de manufactura
 - 2.5.4.1. Manufactura
 - 2.5.4.2. Integración
 - 2.5.5. Gestión de cadena de abastecimiento
 - 2.5.5.1. Áreas
 - 2.6. Sistema de control de calidad
 - 2.6.1. Herramientas básicas del control de calidad
3. PROPUESTA MODELO DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS APLICANDO TPM COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO
- 3.1. Productividad
 - 3.1.1. Propuesta para incrementar la productividad
 - 3.1.1.1. Mejoramiento de los procesos productivos

- 3.1.1.2. Insumos necesarios en la implementación
 - 3.1.1.2.1. Taller para la elaboración participativa del plan de producción y costos
 - 3.2. Control estadístico de calidad
 - 3.2.1. Metodología del control estadístico de los procesos
 - 3.3. Análisis del control de calidad actual
 - 3.3.1. Formatos de control y registro
 - 3.3.2. Decisiones correctivas y preventivas
- 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA
 - 4.1. Análisis de los factores que afecta la línea de producción
 - 4.1.1. Pérdidas en procesos críticos del sistema
 - 4.1.2. Pérdidas por cambio de herramienta
 - 4.1.3. Pérdidas por ajustes de máquina
 - 4.1.4. Pérdidas en calidad
 - 4.1.5. Tiempos de muda ocultos
 - 4.2. Maquinaria y equipo
 - 4.2.1. Condiciones actuales de operación
 - 4.2.2. Estado actual de la máquina
 - 4.2.2.1. Eficacia de equipo
 - 4.3. Causas de tiempos de muda en producción
 - 4.3.1. Mezclado
 - 4.3.2. Compactado
 - 4.3.3. Fraguado
 - 4.3.4. Despaletizado
 - 4.3.5. Traslado hacia los patios de producto terminado
 - 4.4. Manuales de procedimientos de TPM para los operarios
- 5. SEGUIMIENTO

- 5.1. Situación posterior a la implementación
 - 5.1.1. Medición de resultados
- 5.2. Monitoreo y medición mediante un análisis de resultados
 - 5.2.1. Importancias del control
 - 5.2.2. Tipos de controles
 - 5.2.3. Áreas del control
- 5.3. Cumplimiento con los requisitos establecidos
- 5.4. Auditorias periódicas del sistema de gestión
- 5.5. Corrección de las no conformidades y toma de acciones para el cumplimiento de la propuesta

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

Se hace referencia a la forma o métodos que se utilizará para recolectar la información que se documentará y analizará durante el desarrollo de la investigación. Esta posteriormente puede ser de utilidad a las personas o instituciones que se interesen en la ejecución física del proyecto.

Mediante la aplicación de la observación indirecta se harán consultas en tesis sobre estudios similares o parecidos y documentales relacionadas con el tema. Consultas a expertos en el tema y proveedores en Guatemala de los diferentes tipos de tecnología disponibles comercialmente en el país que cubre el mercado de prefabricados de concreto.

La técnica de la encuesta será el instrumento de investigación utilizado en la observación directa y para el mismo se elaborará un formulario con preguntas de fácil comprensión y concretas. Con ellas se pretende determinar el diseño de la reducción de tiempos muertos aplicando TPM como herramienta de ingeniería, para incrementar la productividad de una planta de prefabricados de concreto.

Se hará uso de la técnica del fichaje para la recopilación de información. Esta será también un instrumento importante registrado los costos de mercado de los equipos recomendados, para implementar el diseño que resulte de este plan de investigación.

Por último se hará un análisis financiero enfocado al valor del dinero en función del tiempo para determinar si la inversión que es necesaria hacer será

rentable. Esta parte es muy importante pues con ella se justificará si la investigación está en la capacidad de cumplir con la solución del problema o de alguna forma contribuir a disminuir el mismo. En esta investigación se aplicará el método científico, en sus tres fases:

- Indagadora a través de los procesos de recolección de información directamente de las fuentes primarias (encuestas) y secundarias (libros y textos).
- Demostrativa a través de la comprobación de las variables expuestas en la investigación, confrontada con la realidad. Esto por medio de los procesos de análisis, síntesis, comparación, concordancias y diferencias de los elementos teóricos con los empíricos por técnicas de correlación durante de la investigación de campo que se realizarán en la planta de prefabricados de concreto.
- Expositiva, utilizando los procesos de conceptualización y generalización que será expuesto a través del informe final.

9.1. Tipo de investigación

El tipo de estudio será descriptivo correlacional, ya que se describirá cómo se relaciona la productividad con un programa de mantenimiento bien establecido. Además de cómo afecta una a la otra.

Descriptiva ya que describirá cuáles son los factores que inciden en el aumento de los tiempos improductivos, por falta de un programa establecido de mantenimiento, correlacional. Se hará una relación directa entre los tiempos improductivos y su consecuencia en la productividad global de la planta.

El enfoque de la investigación es mixto, a través de métodos cuantitativos y cualitativos. Cuantitativo debido a que se realizarán mediciones, evaluaciones. Cualitativo ya que se analizará el entorno cultural que reflejan el personal operativo en dicha planta y cómo afectará o se percibirá un programa de mantenimiento preventivo.

9.2. Población y muestra

El procedimiento de selección será a través de un muestreo no probabilístico donde cada elemento cuenta con la misma probabilidad para integrar la muestra. Por ello en esta investigación se utilizará como muestra a los operarios de la máquina P-70, ya que ellos conocen el funcionamiento de la máquina y por consiguiente todos los problemas que han tenido hasta el momento que no les permiten cumplir las metas planificadas.

9.3. Población

La población establecida para este diseño de investigación serán los trabajadores que interactúen con la maquina en análisis.

9.4. Muestra

La muestra es no probabilística, se realizarán entrevistas a los dos operarios de la máquina en análisis durante dos semanas, con el fin de buscar la causa raíz de los acontecimientos que impiden cumplimiento de la meta establecida.

La muestra para la encuesta se seleccionó utilizando la ley de Regularidad Estadística. Se considera un nivel de confianza de 95 %, con un margen de error del 5 %, una probabilidad de éxito del 50 % y de fracaso.

$$N = \frac{Z^2 pqN}{e^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

En donde

Z= nivel de confianza

P= prevalencia esperada (0,5)

q= 1-p (si p=50 %, q=50 %)

e= cantidad aceptable de error de muestreo

N= número de elementos de la población.

El tamaño de la muestra que fue objeto de evaluación es de 30 personas. Entre ellos 20 operarios y 10 personas del personal administrativo y de control.

Fases de cumplimiento del desarrollo de la investigación

- Etapa 1: Análisis de la situación actual de la empresa

En esta etapa se realizarán entrevistas cara a cara y encuestas de opinión a personas claves en el proceso de producción y mantenimiento. ellas detallan, acerca de la situación actual de los procesos que conllevan la fabricación de prefabricados de concreto.

Para esto se tomarán en cuenta del lado de producción los siguientes colaboradores:

- Operadores de la máquina

- Jefe de la planta
- Mecánicos y soldadores del área de Mantenimiento
- Gerente de Mantenimiento y gerente de Producción

Esta información será vital para conocer y establecer los lineamientos necesarios en capacitación y recursos que deban invertirse para la implementación de este proyecto de investigación.

- Etapa 2: Medir los tiempos de muda que genera una mala gestión en el mantenimiento y su incidencia en la productividad.

En esta etapa se pretende establecer y documentar los tiempos de muda que existen en la planta de prefabricados de concreto. Esto debido a problemas de mantenimiento mecánico y eléctrico, y de esta manera conocer su incidencia en la productividad de la planta.

Para esto se realizarán formatos que servirán para documentar cada fallo de la máquina. Se detallarán específicamente lo ocurrido en el suceso y el tiempo que se detuvo producción a causa de la falla descrita.

También servirá para generar información para la creación de indicadores. Estas son tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo para restauración (MTTR), y otros. Para que de esta manera se cuente con una sustentabilidad conociendo la ventaja de la implementación de este proyecto.

- Etapa 3: Proponer el diseño de un sistema de TPM para aumentar la productividad de la planta.

Al conocer la situación actual descrita en la etapa 1, y luego de desarrollar la documentación de tiempos de muda y establecer los indicadores necesarios de mantenimiento descritos en la etapa 2, se propondrá el diseño de un sistema de TPM. Este se regirá a través de la información adquirida en las primeras dos etapas.

- Etapa 4: Diseño de un programa de capacitaciones de mantenimiento básico a operadores

Para que la implementación del sistema TPM sea un éxito y la continuidad del proyecto pueda realizarse sin ningún inconveniente, es importante involucrar al personal operativo en funciones de mantenimiento básico a la maquinaria. Esto es un paso que indica la metodología que es vital para que el sistema funcione.

Para esto será necesario el apoyo del gerente de Mantenimiento para que de común acuerdo con el gerente de Producción se puedan realizar dichas capacitaciones. Las mismas serán programadas a manera de no afectar los tiempos productivos y no dejar de producir.

9.5. Fases de la Investigación

- Fase 1: Evaluar la productividad actual
 - Revisión de datos históricos
 - Realizar Ishikawa para buscar la causa raíz de los problemas
 - Medición de tiempos improductivos
 - Medición de tiempos de máquina
 - Medición de tiempos y movimientos del personal operativo

- Fase 2: Describir los factores de mantenimiento y su impacto en la productividad
 - Revisión de datos históricos de mantenimiento.
 - Entrevista y recolección de la información a los operadores de la máquina.
 - Entrevista y recolección de la información a los mecánicos del taller de mantenimiento.
 - Definir factores.

- Fase 3: Establecer indicadores de medición y cumplimiento de la productividad
 - Revisión de datos.
 - Coordinar reunión con jefes de área para establecer los controles a medir.
 - Análisis de productividad de empresas similares.
 - Generación de indicadores.
 - Conclusión de la información.

- Fase 4: Establecer programa de capacitaciones a personal operativo
 - Revisión de documentación
 - Realizar un análisis de las personas que necesitan capacitación
 - Tabulación de la información generada
 - Conclusión de la información

- Fase 5: Análisis financiero

- Revisión de datos financieros históricos
 - Revisión de gastos de mantenimiento históricos
 - Análisis financiero con la implantación
 - Tabulación de la información generada
 - Conclusión de la información
- Variables e Indicadores

Las variables a medir en este proyecto son las siguientes:

- Tiempos muertos en producción
- Productividad de la planta
- Núm. de fallos de maquina por temas mecánicos
- Núm. de fallos de máquina por temas eléctricos

Se manejarán los siguientes indicadores que nos servirán para darle seguimiento a la mejora en el proceso de productividad.

- $Productividad = \frac{Unidades\ Fabricadas}{Recursos\ Utilizados}$
- $Tiempo\ Medio\ Entre\ Fallas\ (MTBF) = \frac{Tiempo\ de\ Paro}{Núm.de\ Fallas}$
- $Tiempo\ para\ Restauración\ (MTTR)$
- $Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)}$

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La técnica de análisis documental que se utilizará será el fichaje. Por medio del mismo se hará la recopilación y registro del material que se encuentre disponible acerca del mantenimiento actual de la empresa. Se harán síntesis, resumen y comentarios acerca de lo encontrado en la investigación.

Parte importante, siendo dos operados y al personal de mantenimiento, los cuales darán información valiosa acerca de la situación actual del mantenimiento, pudiendo generar a través de esta información un espectro más amplio de conocimiento que permitirá abordar de mejor manera el problema.

A través del fichaje y las encuestas se hará la recolección de datos. Estos servirán para el análisis posterior a través de los siguientes pasos:

10.1. Revisión y resumen de datos

El primer paso luego de la recolección de los datos para el tratamiento de la información será el de reducir los datos obtenidos. Se elaboran es la simplificaciones, resúmenes y la selección de la información para hacerla manejable.

Para la reducción de los datos tenemos:

- Separación en unidades
- La identificación y clasificación de unidades
- La tarea de síntesis y agrupamiento

10.2. Disposición y transformación de datos

La información recogida será transformada en gráficos que faciliten la comprensión y el análisis de la misma. Esta información gráfica dará una perspectiva amplia que permitirá comprender cómo se encuentra el proceso y el mantenimiento de la planta de producción.

Se podrá conocer el tipo de fallas más comunes y que afectan a la productividad de la planta. Se generarán matrices explicativas para recomponer la información recogida y comprender los fenómenos de mantenimiento estudiados.

Se generarán gráficas de control que permitirán ver los comportamientos de la producción y la incidencia del mantenimiento en la baja productividad que se presenta. De esta manera se podrá encontrar puntos fuera de los límites de control que servirán para realizar un análisis más profundo.

10.3. Análisis de contenido

Con la información presentada, en matrices y gráficas de control, se podrá dar paso al análisis de la información. Esta permitirá conocer a profundidad los detalles que mantienen un bajo índice de productividad. La información generada será un pilar para fundamentar la base de implementación de la herramienta TPM, al conocer la situación actual se definirá un mejor avance.

Se aplicarán las medidas de tendencia central: moda, mediana y media aritmética y medidas de correlación para que la interpretación sea más objetiva. Ellas complementarán a las gráficas de control para generar información más relevante.

10.4. Obtención de resultados y conclusiones

Al haber analizado toda la información se obtendrán los resultados de las evaluaciones, que permitirán conocer el estado actual del mantenimiento; de esta manera se podrán generar conclusiones para dar inicio con el proceso de implantación del proyecto de TPM.

11. CRONOGRAMA

A continuación se presenta el cronograma de actividades.

Núm	Descripción de Actividades	2015												2016																							
		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Fase1: Evaluar la productividad • Revisión de datos históricos																																				
2	• Realizar Ishikawa • Medición de tiempos improductivos																																				
3	• Medición de tiempos de máquina																																				
4	• Medición de tiempos y movimientos																																				
5	Fase 2: Describir los factores de mantenimiento y su impacto en la productividad • Revisión de datos históricos																																				
6	• Entrevista y recolección de la información a operario																																				
7	• Entrevista y recolección de información a mecánicos • Definir Factores																																				

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El desarrollo de este trabajo de graduación será responsabilidad del maestrando/investigador por lo que la viabilidad desde los diferentes aspectos que lo comprenden debe ser objeto de una evaluación lo más próximo a la realidad. Los recursos tanto humanos como materiales al momento de estimar el proyecto se detallan abajo, en cuanto al recurso material como el uso de mobiliario, equipo y automóvil solo se tomó como costo una depreciación por su uso y no el precio del mismo, por ser recursos con los que ya contaba maestrando/investigador.

- Recurso humano: un investigador a tiempo parcial dedicando, en promedio, 30 horas a la semana.
- Recurso material: computadora personal, teléfono, vehículo eventualmente, energía eléctrica, gastos de alimentación por desplazamientos a el lugar del proyecto, hojas, material de oficina y presentación final del proyecto.

La factibilidad y resultado satisfactorio de todo proyecto de investigación está basado en las facilidades para el acceso a la información. Esto es básico para el estudio del problema a resolver y la disponibilidad del recurso económico, tanto para realizar la investigación como el financiamiento para su implementación. Otro factor a tomar en cuenta son las posibles oposiciones, que para este caso podría ser la oposición de la distribuidora de energía eléctrica permitiendo la conexión a su sistema.

Para esta diseño de investigación, ya se cuenta con la colaboración de personas de la planta de prefabricados de concreto para brindar la información requerida que sea importante para el proyecto. El financiamiento de la investigación será financiado por el maestrando/investigador partiendo de la evolución de los costos y que están acordes con sus posibilidades económicas.

En la siguiente tabla se hace un presupuesto detallado del proyecto.

- Procedimiento

El procedimiento es el siguiente.

- Definición de la variable de estudio y sus respectivos indicadores.
- Redacción del marco referencial relacionado al tema de investigación, consultando: diversos centros de información, documentos físicos y virtuales e instituciones afines.
- Descripción del método a seguir identificando sujetos, población y muestra.
- Elaboración de los instrumentos de recolección de datos.
- Validación de los instrumentos de recolección de datos sometiéndolos a revisión de tres profesionales expertos en el tema y prueba piloto de los mismos aplicado a una muestra de los sujetos de estudio.
- Revisión y ajuste de los instrumentos para su posterior aplicación en trabajo de campo.
- Procesamiento de los datos obtenidos mediante el apoyo de herramientas informáticas; análisis e interpretación y redacción de los resultados de la investigación.

- Preparación de las conclusiones y recomendaciones derivadas del proceso.
- Elaboración de propuesta de solución a la problemática identificada.
- Redacción y presentación de informe final.

13. RECURSOS

Los recursos físicos y financieros para la realización de la investigación se presentan en la tabla II. Además de estos recursos también se cuenta con el acceso a la información del proceso. Tiempos de producción, cantidad de producción, tiempo de paros, cantidad de desperdicio, cantidad de producto no conforme número de accidentes en el año.

Tabla I. **Recursos físicos y financieros**

CANTIDAD UNIDADES	TIEMPO MESES	CONCEPTO	PRECIO/ UNIDAD	TOTAL PARCIAL
1	3	Investigador/maestrando a tiempo parcial.	Q2 500,00	Q 7 500,00
1	1	Entrevistador/maestrando	Q2 000,00	Q 2 000,00
1	1	Asesor de trabajo de Graduación	Q2 800,00	Q 2 800,00
		SUB TOTAL		Q 12 300,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Recursos tecnológicos**

CANTIDAD UNIDADES	TIEMPO MESES	CONCEPTO	PRECIO/ UNIDAD	TOTAL PARCIAL
1	3	Depreciación de Computadora portátil marca Dell	Q 200,00	Q 600,00
1	3	Teléfono	Q 150,00	Q 450,00
1	3	Depreciación Vehículo	Q1 500,00	Q 4 500,00
1	3	Depreciación de impresora	Q 50,00	Q 150,00
		SUB TOTAL		Q 5 700,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Materiales**

CANTIDAD UNIDADES	TIEMPO MESES	CONCEPTO	PRECIO/ UNIDAD	TOTAL PARCIAL
1		Resma de papel bond de 120 grs. Tamaño carta	Q 125,00	Q 125,00
1		Lapiceros, lápices, borradores	Q 100,00	Q 100,00
1	3	Consumo de energía eléctrica.	Q 50,00	Q 150,00
1	3	Viáticos de personal	Q 900,00	Q 2 700,00
1		Tinta de impresora	Q 400,00	Q 400,00
1	3	Materiales varios	Q 150,00	Q 450,00
		SUB TOTAL		Q 3 925,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Resumen financiero**

UNIDAD	CONCEPTO	MONTO
1	Recurso humano	Q 12 300,00
2	Recurso tecnologico	Q 5 700,00
3	Materiales	Q 3 925,00
	Total de inversion	Q 21 925,00

Fuente: elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña, J., (2003), *Ingeniería de confiabilidad*, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica.
2. Álvarez, C., (1994), *TPM Total mantenimiento productivo*, España, EUIT Industrial.
3. Bohan, W., (2003), *El poder oculto de la productividad*, Colombia, Editorial Norma.
4. Chang, R., (1996), *Mejora continua de procesos*, Barcelona España, Editorial Granica.
5. Cuatrecasas, L., (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*, España, Editorial Díaz de Santos.
6. Cuatrecasas, L., & Torrell, F., (2010), *TPM en un entorno Lean Management*, España, Editorial Bresca.
7. Girón, E., & Juventino, E., (2002), *Propuesta de implementación de TPM para el mejoramiento de la calidad y productividad en la línea número dos de envasado de aceite Ideal*, Guatemala, Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos.
8. Gómez, F., (1998), *Tecnología del mantenimiento industria*, Murcia España, Editorial Universidad de Murcia.

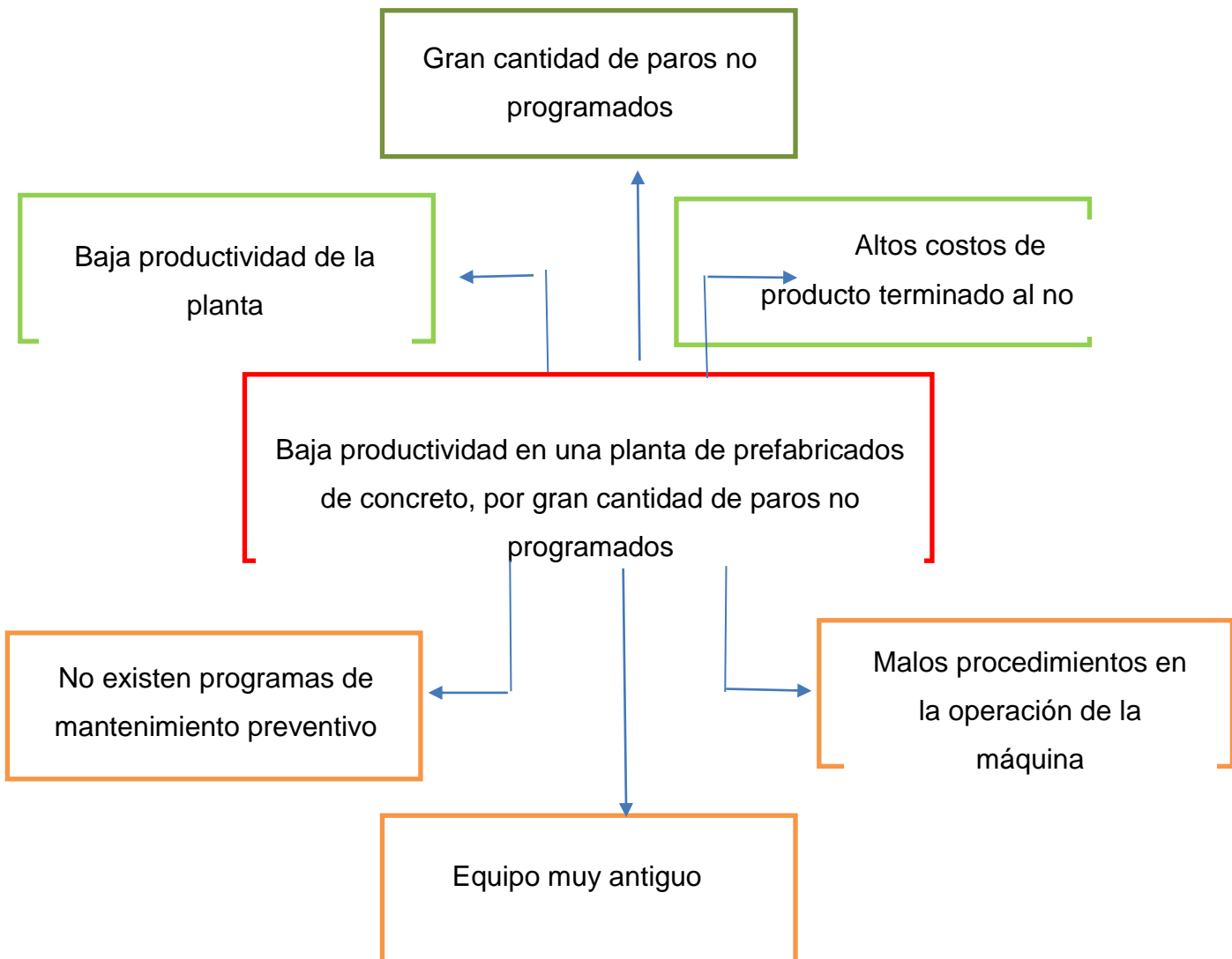
9. Gutiérrez, H., & de la Vara, R., (2009), *Control Estadístico de la calidad y seis sigma*, México, Editorial Mcgrawhill.
10. Hartman, E., (1994), *Como instalar con éxito el TPM en su empresa*, Estados Unidos, Editorial McGraw-Hill.
11. Hortiales, M., (1997), *Implementación del Mantenimiento Productivo Total*, México, Tesis en opción al grado de maestro en ciencias de la administración con especialidad en producción y calidad.
12. Ishikawua, K., (2002), *¿Qué es el control total de la calidad?*, México, Editorial Norma.
13. Lefcovich, M., (2003), *Estrategia Kaizen*. Recuperado de www.gestiopolis.com
14. Masaaki, I., (2001), *Kaizen la Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*, México, Editorial CECSA.
15. Montenegro, C., (2006), *Incremento de productividad y calidad en una prensa offset; mediante la aplicación del sistema Kaizen*, Guatemala, Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos.
16. Nakajima, S., (1991), *Programa de desarrollo del TPM*. Estados Unidos, Editorial Productivity Press.
17. Nakajima, S., (1993), *Introducción al TPM.*, Estados Unidos, Editorial Productivity Press.

18. Navarrete, A., (2004), *Modelo de Aplicación de Herramientas de Manufactura Esbelta desde el Desarrollo y Mejoramiento de la Calidad en el Sistema de Producción de Americana de Colchones*, Chile, Tesis Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana.
19. Paredes, F., (2005), *Producción Esbelta: Gestión del Flujo de Valor*, recuperado de www.lean-vision.com.
20. Piloña, G., (2014), *Guía Práctica sobre Métodos y Técnicas de Investigación Documental y de Campo*, Guatemala, Editorial GP.
21. Rabelo, O., (1997), *Ingeniería de mantenimiento*, México, Editorial Nueva librería.
22. Rey, F., (2001), *Mantenimiento total de la Producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo*, España, Editorial FC.
23. Suehiro, K., (1995), *Eliminación de pequeñas paradas en máquinas y líneas automáticas*, Estados Unidos, Editorial Productivity Press.
24. Susuki, T., (1992), *TPM en industrias de proceso*, Estados Unidos, Editorial Productivity Press.
25. Taiichi, O., (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Japan, Editorial Productivity Press.
26. Torres, S., (2004), *Ingeniería de Plantas*, Guatemala, Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos.

27. Velásquez, M., (2010), *Propuesta para la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) para efficientizar las operaciones del proceso productivo en la línea de producción de bebidas carbonatadas en la fábrica de gaseosas Salvavidas, S.A., Guatemala*, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos.

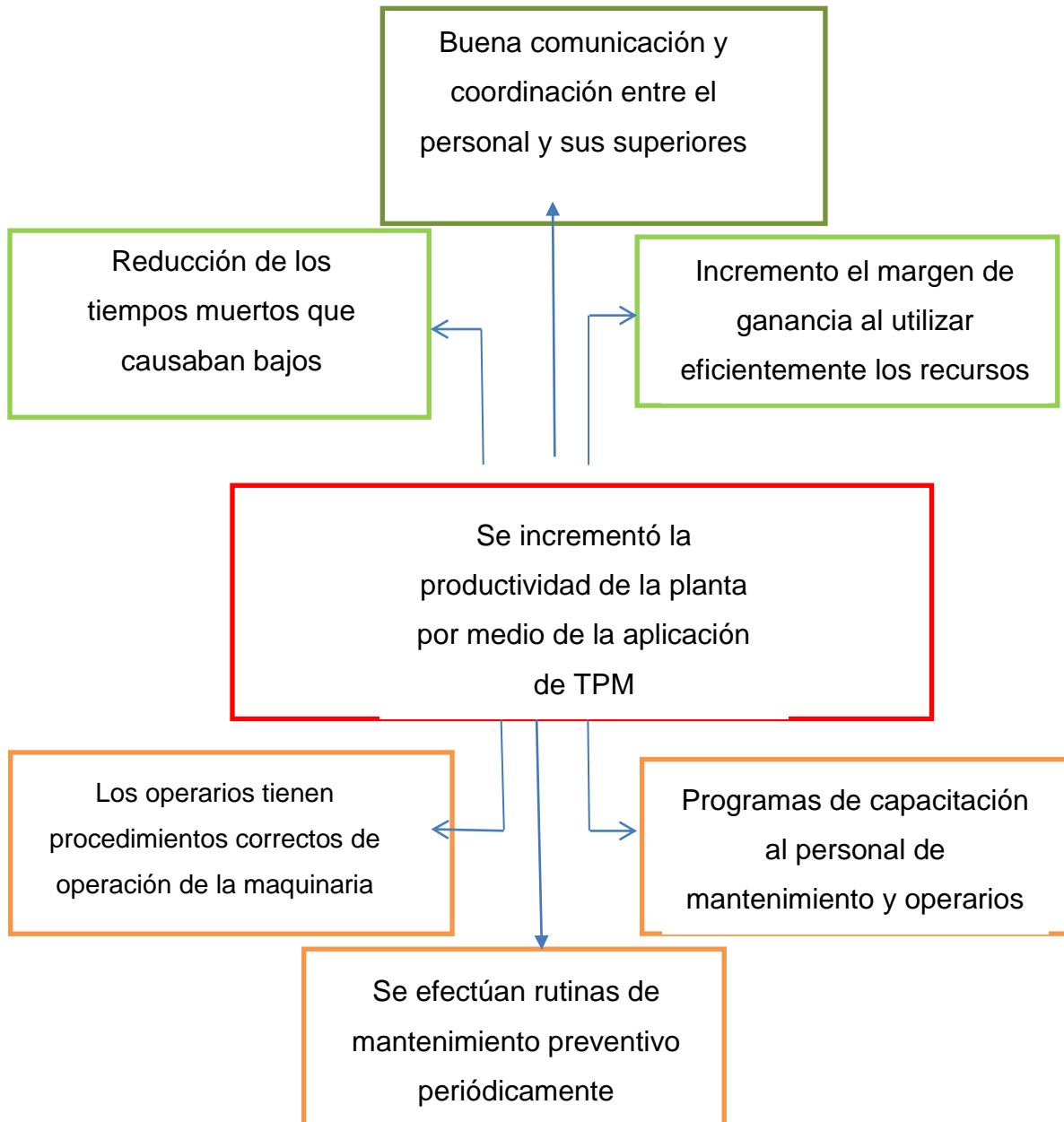
ANEXOS

ÁRBOL DE PROBLEMAS



Fuente: Equipos (EGE).

ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Equipos (EGE).

MATRIZ DE COHERENCIA

Planteamiento del problema	Objetivos	Hipotesis	Instrumento
Pregunta General	Objetivo General	Hipotesis general	Ordenes de Producción de productos fabricados Ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo basado en inspecciones VOSO
¿La aplicación de la herramienta de ingeniería TPM podrá incrementar la productividad de la planta?	Incrementar la productivadd del proceso de producción de prefabricados de concreto mediante la aplicación de TPM como herramienta de ingeniería.	Existe una relación directa y significativa entre la mala operación de la maquina y los tiempos muertos	
Preguntas Especificas	Objetivos Especificos		
1.- ¿Qué efecto en la productividad tendrá el implementar un programa de mantenimiento preventivo basado en inspecciones VOSO.	1.-Analizar la situación actual de la linea de producción 2.- Determinar el tipo de mantenimiento que se utiliza actualmente		
2.- ¿En que condiciones se encuentra actualmente la máquina poyatos P50?	3.- Diseñar un programa de mantenimiento preventivo basado en inspecciones VOSO.		

Fuente: Equipos (EGE).

