



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

**Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento
Productivo Total (TPM) para una línea de producción de
cemento hidráulico en la ciudad de Cuenca.**

**Trabajo de Graduación Previo a la Obtención del Título de:
Magister en Gestión de Mantenimiento**

Autor: Ing. Omar Alfredo Castillo Sánchez.

Director: MBA. Iván Orellana O.

Cuenca – Ecuador

2017

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi familia que ha estado motivándome día a día en la búsqueda incansable de mejorar continuamente, a mis padres que son ellos mis mentores y ejemplo a seguir.

A mi esposa y en especial a mí querida hija que me inspiran cada día, y me han apoyado siempre a ser mejor profesional, para ellos dedico este trabajo.

Omar

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos a la Universidad del Azuay cuna de grandes profesionales y un agradecimiento muy especial al Ing. Ivan Orellana por su dedicación y tiempo en la dirección del presente trabajo investigativo.

Y a quienes han apoyado mi carrera profesional a todos mi mayor gratitud.

RESUMEN:

Se realizará el diseño de un Modelo de **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** para la producción de cemento hidráulico en Hormicroto Cía. Ltda., para prolongar la vida útil de los equipos, reduciendo las pérdidas por defectos de calidad y averías entre los principales activos.

Se evaluará la situación actual de la institución, con el propósito de establecer los métodos, normas y reglas que se aplicarán en la planta de producción.

Como resultados se espera un cambio total de manejo de activos mediante el cambio de mentalidad en los trabajadores y alta disponibilidad de los equipos de producción, puesto que el diseño de TPM propone la integración de procesos y prácticas de clase mundial, motivo sobresaliente para aplicar un modelo de Gestión de Mantenimiento que garantice el apoyo de todos en el cuidado de equipos además de conocer cómo la Gestión correcta de mantenimiento puede traer grandes beneficios, sociales y económicos para la empresa.

Palabras Clave

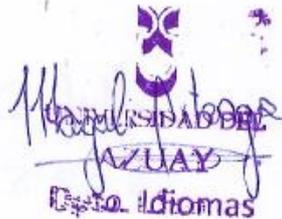
Averías, mantenimiento, autónomo, disponibilidad, gestión, repuestos, herramientas, procesos, Gestión de Mantenimiento.

ABSTRACT

This paper presents the design of a Total Productive Maintenance Model (TPM) for the production of hydraulic cement at *Hormicrete Cía. Ltda* Company. The objective was to extend the life of equipment and to reduce losses due to quality defects and failures in the main assets. The current situation of the company will be evaluated so as to establish methods, rules and regulations that will be applied in the production plant. As a result, it is expected a total transformation in asset management through a change of mentality among workers as well as through the high availability of production equipment since TPM design proposes the integration of processes and World-Class manufacturing practices. This is an important reason to apply a Maintenance Management model that guarantees everybody's support in the care of equipment, and in knowing how the correct maintenance management can bring great social and economic benefits for the company.

Keywords:

Failures, Maintenance, Autonomous, Availability, Management, Spare Parts, Tools, Processes, Maintenance Management.



Lic. Lourdes Crespo
Translated by

Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN:	iv
ABSTRACT.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN:	13
CAPITULO 1	15
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	15
1.2 Breve historia de la compañía.....	16
1.3 Cultura Corporativa.....	17
1.3.1 MISIÓN	17
1.3.2 VISIÓN	17
1.3.3 VALORES	17
1.3.4 Organización interna de Hormicreto.....	18
1.4 Situación actual del mercado de Hormicreto	20
1.5. Descripción del Proceso Productivo para la Elaboración de Cemento Hidráulico.....	22
1.5.1 Zona 1 Almacenamiento de materias Primas.....	24
1.5.3 Zona 3 Dosificación de Materias Primas	25
1.5.4 Zona 4 Molienda y clasificación.....	26
1.5.5 Zona 5 Almacenamiento de Producto final.....	27
1.5.6 Zona 6 Despacho de Material en sacos	28
1.5.7 Zona 7 Despacho de Material a Granel.....	28

1.6 Conclusiones del Capítulo 1.....	29
CAPITULO 2.....	30
2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PROCESO	30
2.2 Equipos críticos del proceso productivo	30
2.2.1 Indicadores de criticidad:	31
2.3.- Condición de los equipos críticos	34
2.3.1 Definiciones Fundamentales	34
2.3.2 División por criticidad de equipos del proceso productivo.....	37
2.4 Recopilar información de los equipos.....	43
2.4.1 Codificar los equipos	43
2.4.2 Historial del equipo	44
2.4.3 Reunir históricos de averías e intervenciones.	44
2.5 Eliminar el deterioro de los Equipos y mejorar su estado.....	47
2.5.1 Formular el plan de acción	48
2.5.2 Evaluar los resultados	48
2.5.3 Estandarizar para evitar repetición de averías.....	48
2.6 Conclusiones del Capítulo 2.....	49
CAPITULO 3	50
3. PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS PARA LA ACTUAL LÍNEA DE PROCESO	50
3.1. Marco Teórico aplicable	50
3.2 Organización del Mantenimiento.....	52
3.3 Clasificación del Mantenimiento.	56
3.4 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento.....	64
3.5 Mejoras para incrementar la confiabilidad, operatividad y disponibilidad de su actividad crítica y aumentar la ganancia de la empresa.....	68

3.6 Pasos y desarrollo de un Mantenimiento Preventivo.....	70
3.7 Desarrollo del Mantenimiento Predictivo en Hormicreto.....	81
3.8 Conclusiones del Capítulo 3.....	85
CAPITULO 4.....	86
4.- Desarrollar la metodología TPM como modelo de gestión de mantenimiento	86
4.1 Significado e Historia del TPM.....	86
4.2 Objetivos del TPM.....	87
4.3 Conceptos.....	89
4.3.1 Las seis grandes Pérdidas.....	89
4.3.2 Los Ocho Pilares del TPM.....	91
4.3.3 Las Cinco Eses en TPM.....	96
4.3.4 Implementar 5S´s como punto de partida de TPM.....	97
4.4 Etapas de Implantación del TPM.....	105
4.4.1 1ª Etapa - Compromiso de la alta gerencia (<i>Etapa inicial</i>).....	106
4.4.2 2ª Etapa - Campaña de difusión del método.....	107
4.4.3 3ª Etapa - Definición del Comité de Coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.....	109
4.4.4 4ª Etapa - Política básica y metas.....	113
4.4.5 5ª Etapa - Plan piloto.....	113
4.4.6 6ª Etapa - Inicio de la implantación.....	115
4.4.7 7ª Etapa - "Kobetsu-Kaizen" para la obtención de la eficiencia en los equipos e instalaciones.....	116
4.4.8 8ª Etapa - Establecimiento del "Jishu-Hozen" (mantenimiento autónomo).....	118
4.4.9 9ª Etapa - Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación + mantenimiento).....	122
4.4.10 10ª Etapa - Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.....	125

4.4.11 11ª Etapa - Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo. ..	126
4.4.12 12ª Etapa - Aplicación plena del TPM (ampliación a los demás equipos) e incremento de los respectivos niveles.	129
4.5 Barreras al Implementar TPM.....	132
4.5.1 Problemas Externos.....	132
4.5.2 Problemas Internos.....	133
4.6 Calcular ETP (Eficiencia Total de la Planta) OEE.	134
4.7 Conclusiones	138
4.8 Recomendaciones.....	139
4.9 Bibliografía	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1- 1 Logotipo y Vista General de planta de Producción.....	16
Fig.1- 2 Organigrama empresarial	19
Fig.1- 3 Sacos de 50 Kg de Cemento comercializado por Hormicreto.	20
Fig.1- 4 Resumen de las líneas de producción de Hormicreto	21
Fig.1- 5 Resumen de proyectos a corto y largo plazo de Hormicreto	22
Fig.1- 6 Diagrama de flujo de la línea de cemento	23
Fig.1- 7 Zona de recepción de materias primas	24
Fig.1- 8 Zona de Secado (Proceso Auxiliar).....	25
Fig.1- 9 Tolvas de recepción y dosificación- pesaje.....	26
Fig.1- 10 Molido y clasificación de cemento en molino de bolas Capacidad: 7 - 8.5 Ton/h	27
Fig.1- 11 Silo de almacenamiento principal Capacidad 200 Ton.	27
Fig.1- 12 Ensacadora neumática para sacos de 50 Kg Capacidad 100 sacos/h.	28
Fig.1- 13	29
Fig.2- 1 Esquema de evolución de una falla	35
Fig.2- 2 Curva de la Bañera. Representación de la vida de un equipo.	37
Fig.2- 3 Vista general de equipos de producción	37

Fig.2- 4 Molino rotativo de Bolas _____	38
Fig.2- 5 Separador Dinámico _____	40
Fig.2- 6 Línea de Ensacadora Neumática _____	42
Fig.2- 7 Resumen de fallas en equipos y plan de corrección _____	48
Fig.3- 1 Ciclo de Mantenimiento con sus etapas	51
Fig.3- 2 Estructura del mantenimiento.....	53
Fig.3- 3 Objetivos según jerarquía organizacional	54
Fig.3- 4 Tipos de mantenimiento	56
Fig.3- 5 Medición de vibraciones en máquinas rotativas.....	61
Fig.3- 6 Análisis de Aceites. Presencia de partículas sólidas	62
Fig.3- 7 Análisis Termográfico de un interruptor	64
Fig.3- 8 Ciclo de Mantenimiento aplicado en Hormicreto	65
Fig.3- 9 Desarrollo del sistema de Mantenimiento Predictivo.....	81
Fig.3- 10 Fases para introducir tecnología para diagnóstico de equipos	81
Fig.3- 11 Pasos para construir un diagrama de flujo.....	82
Fig.4- 1 Significado del TPM _____	87
Fig.4- 2 Resumen de las 6 grandes pérdidas. _____	90
Fig.4- 3 Símil del Templo _____	91
Fig.4- 4 Modelo de organigrama funcional con roles para implementar 5S´s _____	98
Fig.4- 5 Pancarta de Publicación de lanzamiento 5S´s _____	99
Fig.4- 6 Modelo de Tarjeta Roja para seleccionar _____	99
Fig.4- 7 Modelo de Tarjeta Roja en aplicación _____	100
Fig.4- 8 Cartel informativo de Estandarización TUGALT- Graiman _____	100
Fig.4- 9 Modelo de Tarjeta Roja en aplicación _____	101
Fig.4- 10 Carteles informativos 5S _____	102
Fig.4- 11 Cartel informativo de Estandarización TUGALT- Graiman _____	102
Fig.4- 12 Curso “Filosofía de TPM” _____	108
Fig.4- 13 Desarrollo Organizacional para TPM. _____	110
Fig.4- 14 Hoja de Kaisen _____	117
Fig.4- 15 Hoja Informativa de defectos en fabricación TUGALT- Graiman _____	125
Fig.4- 16 Cartel informativo de Estandarización TUGALT- Graiman _____	128

Fig.4- 17 Flujoograma para Mantenimiento Preventivo. _____ 131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1 Indicadores de Criticidad.....	32
Tabla 2- 2 Listado general de equipos de producción.....	33
Tabla 2- 3 Listado general de fallas en molino de bolas.....	39
Tabla 2- 4 Listado general de fallas en separador dinámico.....	41
Tabla 2- 5 Listado general de fallas en línea de ensacado.....	43
Tabla 2- 6 Historial de intervenciones Molino de Bolas.....	45
Tabla 2- 7 Historial de intervenciones Separador dinámico.....	46
Tabla 2- 8 Historial de intervenciones Línea de ensacado.....	47
Tabla 3- 1 Desarrollo del mantenimiento preventivo	70
Tabla 3- 2 Plan anual de mantenimiento Preventivo	72
Tabla 3- 3 Rutas de Lubricación para cada equipo de producción.....	78
Tabla 3- 4 Plan Anual de Mantenimiento Predictivo.....	84
Tabla 4- 1 Objetivos del TPM.....	88
Tabla 4- 2 Resumen de las 5 S ‘s.....	97
Tabla 4- 3 Cronograma para implementar 5S’s	98
Tabla 4- 4 Check List de Limpieza en aplicación.....	101
Tabla 4- 5 Ítems de evaluación 5S	104
Tabla 4- 6 Etapas para la implementación de TPM	105
Tabla 4- 7 Actividades Macro e informe a la Gerencia sobre TPM	106
Tabla 4- 8 Temas para capacitación de TPM.....	108
Tabla 4- 9 Acta de Grupo de TPM.....	109
Tabla 4- 10 Ejemplo de Modelo Organizacional para TPM en Hormicroto Cía. Ltda.	111
Tabla 4- 11 Cambio de roles en el equipo de implementación TPM.....	112
Tabla 4- 12 Cronograma de plan piloto TPM en Hormicroto	114
Tabla 4- 13 Inicio de Implementación-Auditoría.....	115
Tabla 4- 14 Hoja de Mantenimiento Autónomo Separador dinámico	119
Tabla 4- 15 Hoja de Mantenimiento Autónomo Molino de Bolas.....	120
Tabla 4- 16 Hoja de Mantenimiento Autónomo Ensacadora Neumática	121
Tabla 4- 17 Hoja de Mantenimiento Preventivo	123

Tabla 4- 18 Hoja de Mantenimiento Preventivo Ensacadora.....	124
Tabla 4- 19 Hoja de Seguridad y Lección Puntual	127
Tabla 4- 20 Hoja de programación Mantenimiento Preventivo.....	130
Tabla 4- 21 Reparto de actividades para la implementación de TPM	134
Tabla 4- 22 Hoja de producción y fallos de un mes para el cálculo del OEE General	137

INTRODUCCIÓN:

Se presenta un modelo de gestión de **Mantenimiento Productivo Total** que será aplicado a la línea de producción de cemento. Este modelo se puede aplicar al proceso ya que se concentra su estudio en aplicar las nuevas tendencias de mantenimiento preventivo, que han dado resultados satisfactorios en otras plantas industriales. Además este modelo de gestión se puede incorporar en pequeñas y medianas empresas, las cuales pueden tener o no datos estadísticos inicio de la implementación, siendo una pequeña empresa y casi sin datos estadísticos la de mi tema de análisis y estudio.

El Mantenimiento Productivo Total, TPM es una herramienta de calidad desarrollada para asegurar que el proceso de producción funcione de manera eficiente, con la consiguiente eliminación de las paradas innecesarias y reducción de los tiempos muertos. Por su naturaleza funciona fundamentalmente como un sistema de prevención, más que de corrección de anomalías, aunque en sus instructivos también fija los procedimientos a seguir para una rápida solución de los problemas que pudieran alterar el ritmo de la producción.

Los conceptos del TPM han cambiado muy poco en estos años desde su introducción y se ha implantado en muchas industrias diferentes y actualmente se está aplicando crecientemente en industrias de proceso.

Este estudio pretende exponer las pautas para poner en práctica los principios de este instrumento y con sus aportes servir como una guía para la implantación del TPM en una planta de procesos industriales, en todos sus niveles.

Este modelo de gestión servirá también como metodología a aplicarse ya que al momento esta línea de producción ha tenido un crecimiento importante en el último año, razón por la cual se debe adoptar en el proceso productivo un sistema de gestión de procesos, teniendo que ser el proceso de mantenimiento el más idóneo para la obtención del objetivo primordial de la línea de producción el adoptar estándares de calidad de alto nivel para esta pequeña planta industrial, En la actualidad se está manejando un Mantenimiento Correctivo Planeado, y el grado de madurez por parte de los operadores de producción y el personal de mantenimiento ha ido mejorando con las capacitaciones y experiencias propias del proceso, razón por la cual es importante dar el siguiente paso en adoptar un modelo de gestión basado en

confiabilidad que me garantice la disponibilidad de equipos para la demanda de producción que como se indicó anteriormente ha ido mejorando e incrementándose en los últimos tiempos.

PROBLEMÁTICA:

Las líneas de producción de cemento hoy en día han demostrado tener una rentabilidad elevada con el creciente mercado constructor, razón por la cual se debe garantizar la satisfacción de la demanda del consumidor a pequeña y mediana escala, por ser este un proceso que demanda una inversión considerable en infraestructura y equipos de producción además el ambiente productivo de la línea de cemento tiene elevado desgaste en elementos mecánicos y eléctricos que pueden ser impredecibles y más aún generar paradas imprevistas de equipos además de generar excesivos costos por desgaste en elementos que pueden intervenir a tiempo y evitar daños mayores. Por esta razón se debe adoptar una metodología en gestión de mantenimiento que garantice mínimas paradas y un correcto manejo de activos e inventarios, es decir garantizar una disponibilidad de equipos implementado una planificación de mantenimiento programado basado en confiabilidad.

Objetivo General:

- Diseñar un Modelo de Gestión de Mantenimiento Productivo Total con enfoque en la producción de cemento hidráulico local, para lograr aumentar la disponibilidad y confiabilidad de equipos.

Objetivos Específicos:

- Establecer los antecedentes de la situación actual de la empresa Hormicrete en Cuenca.
- Diagnóstico de los equipos de producción para elaborar el plan de mantenimiento autónomo como base para la aplicación del TPM
- Diseñar planes de mantenimiento preventivo para disminución de paradas imprevistas aumentando la confiabilidad y disponibilidad de equipos de producción.
- Desarrollar la metodología TPM como modelo de gestión de mantenimiento.

CAPITULO 1

1.1 ESTADO DEL ARTE

La idea de maximizar la efectividad de los equipos a través de su ciclo de vida, ha conllevado a las empresas a introducirse en el mundo del TPM desde que el JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance; Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas) promovió su implementación en el año de 1971 (Nakajima, 1994). “Este fenómeno comenzó con la reconsideración de los conceptos de calidad de Deming, que luego fue desarrollada en la industria del automóvil y que pasó a formar parte de la cultura corporativa de empresas como Toyota, Nissan y Mazda y sus suministradores y filiales. Luego se empezaron a introducir industrias de proceso, partiendo de sus experiencias en el mantenimiento preventivo” (Suzuki, 1995). “Las compañías que han deseado implementar TPM dirigen sus metas hacia las “Cero Averías” y hacia las “Cero Fallas”; Mantener óptimamente al equipo no solo implica lograr que la maquina funcione bien sino que además nunca se detenga por alguna falla” (Shirose, 1992).

El TPM apunta hacia el mejoramiento de las condiciones existentes de la planta y al incremento del conocimiento y las habilidades para llevar a cabo las metas de cero accidentes, cero defectos y cero paradas.

“En el mundo de hoy para que una empresa pueda sobrevivir, debe ser competitiva y para hacerlo debe cumplir con tres condiciones fundamentales:

- Brindar un producto de óptima calidad: Es debido a esto que muchos de los clientes sugieren a las empresas que las proveen de algo, ya sea materia prima u otro recurso, la implementación del TPM, con el fin de aumentar la calidad o conformidad del producto entregado y así ambas partes salir beneficiadas.
- Tener costos competitivos: una buena gerencia y sistemas productivos eficaces pueden ayudar a alcanzar esta meta.
- Realizar las entregas a tiempo: Disminuir el tiempo de entrega hacia el cliente para aumentar su satisfacción, es otro punto importante por el cual empresas interesadas en el beneficio de éstas sugieren la implantación de TPM” (Steinbacher, 1993).

1.2 Breve historia de la compañía



Fig.1- 1 Logotipo y Vista General de planta de Producción

Fuente: website HORMICRETO www.hormicreteo.com

Hormicreteo Cía. Ltda., es una de las empresas que pertenece al Grupo Industrial Graiman, que es un holding de empresas reconocidas a nivel local e internacional por ser exportadores de cerámica para pisos y paredes.

Hormicreteo Cía. Ltda., es la empresa que se encarga de la producción y venta de materiales cementantes para construcciones como, cemento, hormigón y morteros, siendo una empresa que a más de vender a externos tiene una producción para demanda interna en la ejecución y fabricación de proyectos de obras civiles dentro de las otras empresas del Grupo Graiman.

Posee maquinaria e infraestructura para realizar explotación minera para la comercialización de áridos dentro de la ciudad, como ripio, base sub base, etc.

La siguiente línea de proceso es la fábrica de Clinker, que es el corazón de la empresa, ya que suministra la materia prima necesaria para la producción de cemento hidráulico para construcciones. Aquí cabe destacar que esta línea productiva ha tenido un crecimiento sustentable y en cierto modo acelerado en los últimos años, por esta razón se ha incrementado la necesidad de tener un control más riguroso del estado de activos, porque se requiere una disponibilidad de máquinas más elevado, por esta razón vamos a enfocar nuestro estudio a este proceso.

Conjuntamente con la línea de áridos y cemento, dan inicio a la fabricación de hormigones además de pegantes y morteros que son las líneas que cierran el proceso productivo de Hormicreteo Cía. Ltda.

La incesante búsqueda por contar con elementos necesarios para la elaboración de concreto, ha motivado la investigación, explotación y fabricación de los diferentes

insumos y materias primas a través de proyectos de gran envergadura como la Planta de Clinker y la Nueva Molienda de Cemento.

1.3 Cultura Corporativa

1.3.1 MISIÓN

“Ser un grupo industrial familiar con proyección empresarial, referente en todos los mercados donde estemos presentes por la calidad y el valor agregado de nuestros productos y servicios, la innovación en procesos productivos y la gestión organizacional de clase mundial, demostrando un compromiso con nuestros colaboradores, el cuidado del medioambiente y la responsabilidad social”

“Producir, comercializar e innovar materiales para la construcción, agregando valor mediante estrategias que sustenten un crecimiento perdurable, respetando a las personas, el medio ambiente y la ética empresarial”.

1.3.2 VISIÓN

Ser reconocidos a nivel nacional como líderes en la fabricación de productos de pegantes y morteros creando el mejor lenguaje publicitario, teniendo como base la comunicación total con los clientes la cual nos dará una diferencia única que nos identificará y hará más competitivos, demostrando un compromiso con nuestros colaboradores, el cuidado del medioambiente y la responsabilidad social.

“Construir el Ecuador del futuro” (GRAIMAN, 2007).

1.3.3 VALORES

- Trabajo en equipo
- Comunicación y Confianza
- Transparencia
- Seguridad
- Responsabilidad
- Lealtad

1.3.4 Organización interna de Hormicreteo

Se puede apreciar en la Fig. 1-2 una organización horizontal, de una empresa privada donde no se rigen por sindicatos ni procesos grupales de trabajadores.

Es importante destacar que muchos procesos de apoyo a la organización como el caso de Talento Humano se maneja de forma corporativa igual que el proceso de Seguridad Industrial, Nóminas, Logística y Comercialización por lo tanto no se ha incluido en este organigrama.

Este organigrama servirá más adelante también para definir responsabilidades y apoyos directos para llevar a cabo la filosofía TPM.

Nuestro enfoque será en el proceso crítico de producción y mantenimiento.

Las Gerencias más importantes están distribuidas de la siguiente manera:

1. Gerencia General: Abarca toda la parte administrativa y organizativa de la empresa donde se toman las decisiones de innovación, volúmenes de ventas, inversiones, gastos y manejo de presupuestación de todos los procesos críticos y de apoyo para toda la organización.
2. Gerencia técnica: Abarca todas las líneas de proceso productivo y por ende de toda la cadena de procesos de apoyo a la parte de producción, las decisiones de mejora en procesos o las planificaciones de personal y recursos deben ser aprobados desde esta Gerencia
3. Gerencia de Comercialización: Comprende la cadena de ventas de todas las líneas de proceso quien juntamente con Gerencia general organizan la cartera de clientes y productos en ciertas líneas de proceso como es el caso de Pegantes - Morteros y la línea de Trituración.

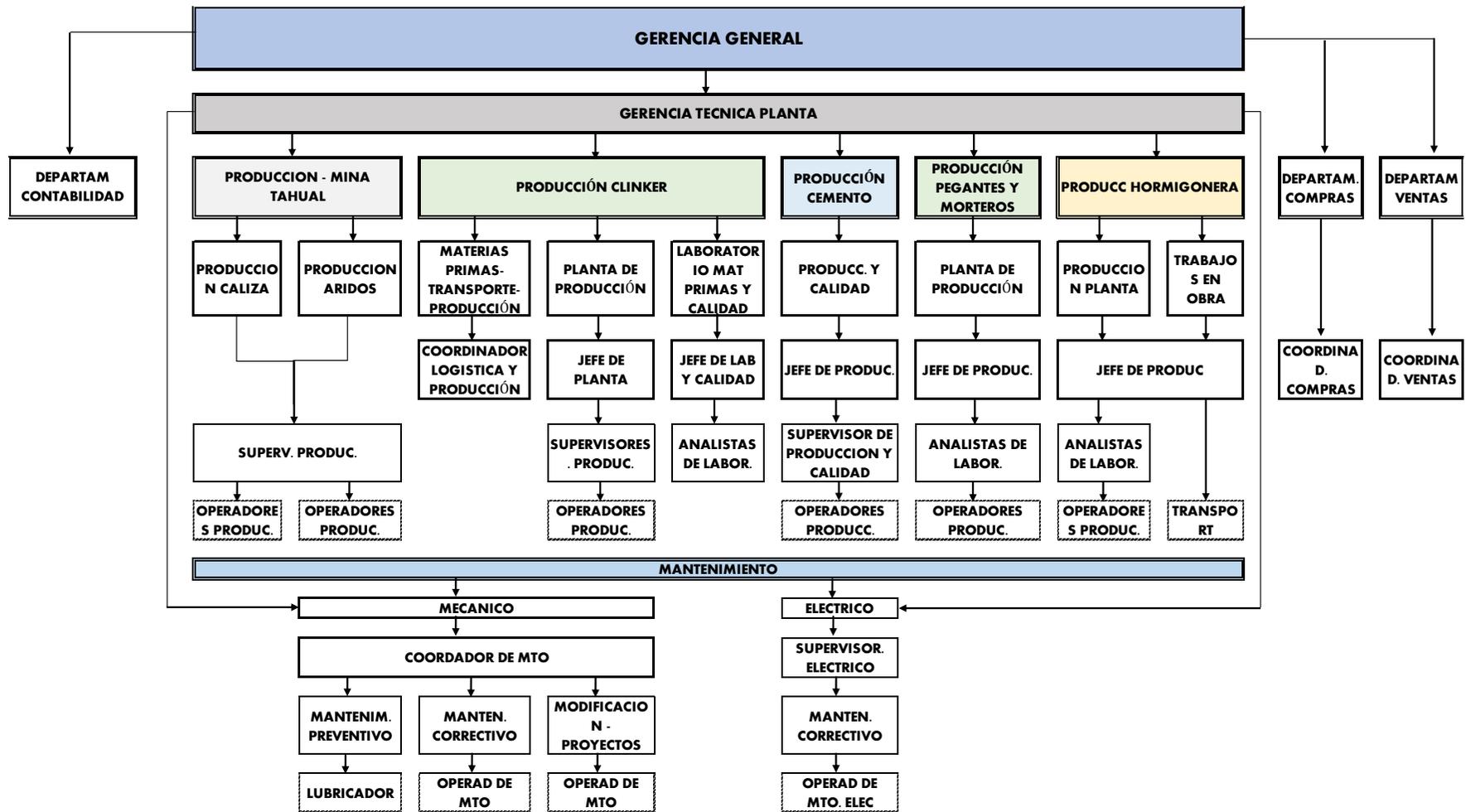


Fig.1-2 Organigrama empresarial
Fuente: Recursos Humanos Hormicroto Cía. Ltda.

1.4 Situación actual del mercado de Hormicreteo

Entre el año 2013 y 2015 Hormicreteo Cía. Ltda. fue una de las 100 empresas que más crecieron en el Ecuador, su participación en el mercado está presente principalmente en el Austro Ecuatoriano, comercializando su producto, cemento ATENAS con presentaciones de sacos de 50 Kg.



Fig.1- 3 Sacos de 50 Kg de Cemento comercializado por Hormicreteo.

Fuente: website [HORMICRETO www.hormicreteo.com](http://www.hormicreteo.com)

“En el país las empresas productoras y comercializadoras de cemento son cuatro empresas productoras que mantienen su porción del mercado nacional. El consumo de cemento que mantiene un ritmo de crecimiento sostenido en el Ecuador.

Entre el 2007 y el 2012, el movimiento de Holcim, UNACEM (cemento Lafarge), UCEM C.E.M (Guapán Chimborazo) y Hormicreteo Cía. Ltda., de ventas de cemento fue del 7% anual, y en el 2015, llegó a 10%, con 6 millones de toneladas anuales, Eso ha llevado al Ecuador a ocupar el tercer lugar en mayor consumo de cemento per cápita, solo detrás de Panamá y Trinidad y Tobago (Líderes, 2015)

En el mercado local, la multinacional Holcim es líder en este segmento. La compañía suiza tiene, en el mercado ecuatoriano, una participación del 66%, según datos del Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (Inecyc). (Líderes, 2015)

La francesa Lafarge, posee el 21% del mercado y es destacable porque lleva un periodo menor a 12 años en el país.

Los productos de la UCEM C.E.M tienen una participación del 12% del mercado por lo que buscan expandirse.

Finalmente Hormicroto tiene una representación en el mercado de un 1% a nivel nacional por tener una capacidad de 60.000 Ton/ año, que representa un 10% a nivel del Austro siendo su principal competidor el Grupo Unacem que tiene su planta en la vecina ciudad de Azogues llamada cementos Guapán. (Líderes, 2015)

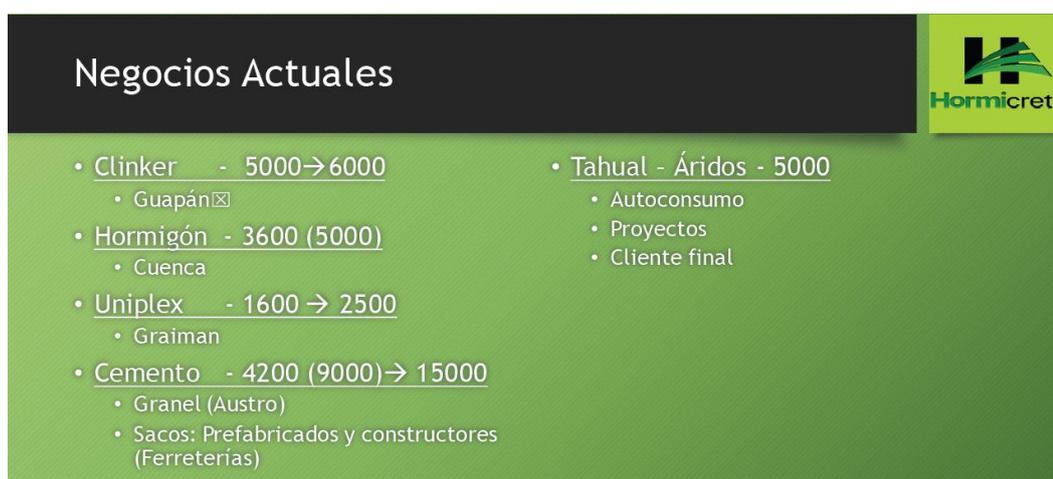


Fig.1- 4 Resumen de las líneas de producción de Hormicroto

Fuente: Autor

Recientemente se planificó la estrategia de Hormicroto considerando un tiempo de desarrollo de objetivos y metas en un lapso no mayor a 5 años por lo que la alta dirección tomó la principal decisión de invertir en una nueva planta de molienda de cemento que está en fase de construcción y próxima a producir volúmenes mayores debido a la demanda de consumidores y sobre todo por la calidad del producto final entregado.

Es por esto que se planteó para antes del 2021 estar entre las primeras 500 empresas a nivel nacional.



Fig.1- 5 Resumen de proyectos a corto y largo plazo de Hormicroto
Fuente: Autor

El enfoque de Hormicroto se da en productos complementarios para la construcción como el caso de la planta de adoquines, hormigoneras, etc., lo cual quiere decir que el mercado de cemento se verá beneficiado por un consumo interno para diversificar la cartera de productos.

1.5. Descripción del Proceso Productivo para la Elaboración de Cemento Hidráulico

El cemento es el ingrediente ligante o adhesivo del concreto. Está compuesto principalmente por óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro hasta en un 95%. El proceso tecnológico en estudio, es por vía seca y está diseñado para una producción diaria de 180 toneladas de cemento Portland puzolánico tipo 1P.

Los cementos Portland regulares son los productos utilizados en la construcción en general.

Los cementos Portland son cementos que se obtienen por molturación conjunta de su Clinker y de la cantidad adecuada de regulador de fraguado.

En la Fig.1-6, se puede apreciar las salidas finales de producto tanto en despacho a granel y despacho en sacos. El proceso se va a ir explicando más adelante por zonas específicas.

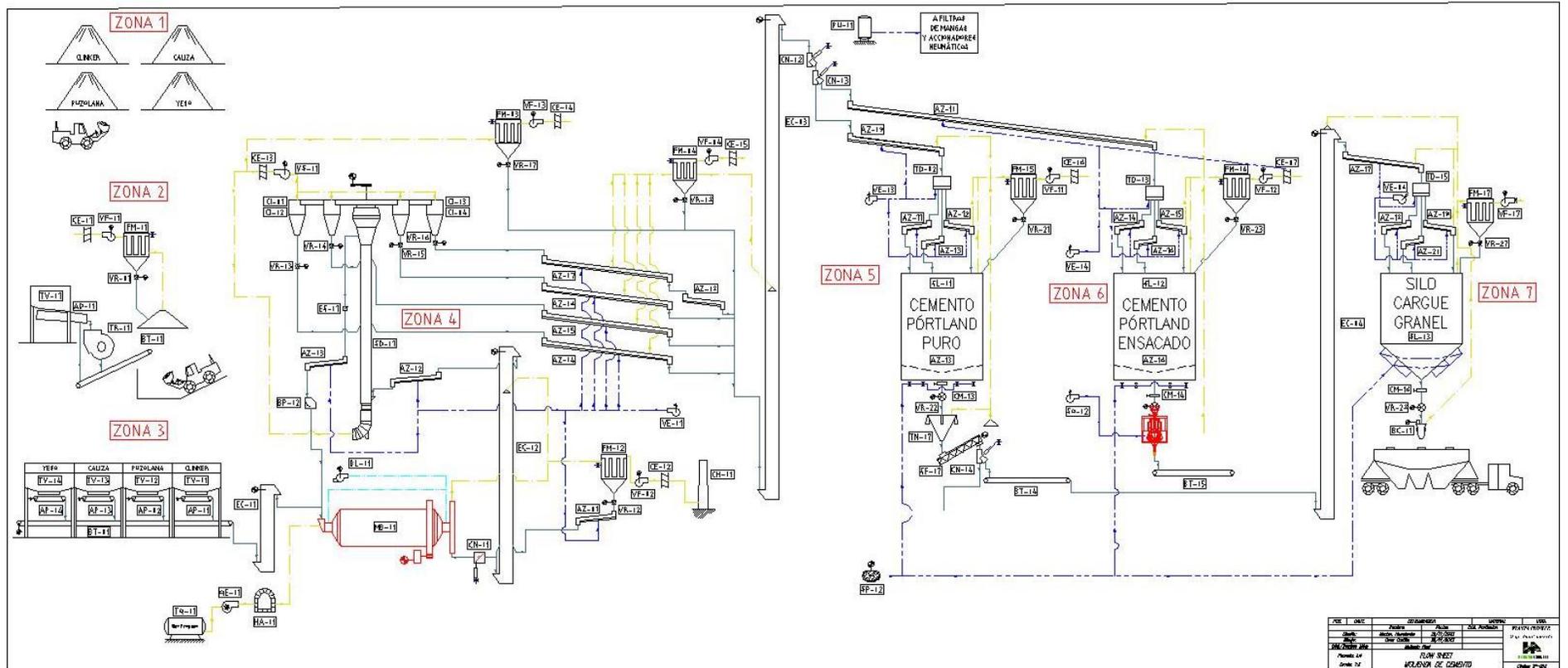


Fig.1- 6 Diagrama de flujo de la línea de cemento
 Fuente: Autor -Mantenimiento Hormicroto

Los cementos Portland con adiciones hidráulicamente activas son los que se obtienen por molturación conjunta de Clinker de cemento Portland y del regulador de fraguado en proporción igual o superior al 80% en peso y escoria siderúrgica, puzolana o ambas en proporción igual o inferior al 20% en peso.

En la Fig. 5 se presenta un diagrama de flujo donde constan principalmente las entradas de materias primas necesarias para procesar el cemento hidráulico y los principales activos que se utiliza para el proceso productivo

1.5.1 Zona 1 Almacenamiento de materias Primas

Para una mejor comprensión de proceso se ha desglosado en zonas por importancia siendo la primera la zona de almacenamiento de materias primas donde se receiptan y se acumulan en cajones de hormigón lo siguiente:

- Clinker para cemento tipo 2 con una granulometría no mayor a 2 pulgadas.
- Puzolana con una humedad máxima de 10 y una granulometría no mayor a 3mm.
- Caliza con una pureza sobre el 95% de óxidos de calcio y con una granulometría máxima de 10mm.
- Yeso con una humedad máxima del 8% y una granulometría de 1 pulgada

Todas las materias primas tienen un registro de control de calidad que se verifica en el laboratorio y mediante muestreo continuo.



Fig.1- 7 Zona de recepción de materias primas

Fuente: Autor

1.5.2 Zona 2 Secado de materias primas.

En esta sección se lleva a cabo el proceso de eliminación de humedad residual en la puzolana y en el yeso mediante la acción de un secador rotativo de tres pasos, que es accionado mediante un motoreductor de 30 HP. Se puede visualizar que existe la

tolva de alimentación y un sistema de transporte de material tanto al ingreso como a la salida del secador que provee el calor necesario mediante gases calientes provenientes de un quemador a diésel.

Los componentes principales de esta sección son: Secador rotativo de 3 etapas, Tamiz vibratorio, elementos de transporte como bandas y elevadores de cangilones.



Fig.1- 8 Zona de Secado (Proceso Auxiliar)
Fuente: Autor

1.5.3 Zona 3 Dosificación de Materias Primas

Esta sección es muy importante porque es la sección donde se lleva a cabo la dosificación de las materias primas de acuerdo al tipo de cemento a obtener y de acuerdo a la variación de materias primas presentes en la composición química y física del cemento.

La dosificación se realiza de forma automática mediante sistemas de pesaje provistos de bandas transportadoras con celdas de carga calibradas de acuerdo al porcentaje requerido en la composición del producto final. Ésta es monitoreada constantemente por los operadores de planta y personal de laboratorio pues se puede manejar las variaciones de materia prima para no alterar la calidad y resistencia del cemento.

Básicamente son 4 tolvas dosificadoras que alimentan de material de acuerdo a parámetros establecidos a una banda transportadora horizontal que lleva los materiales hacia un elevador de cangilones que es el que alimenta al molino de bolas.



Fig.1- 9 Tolvas de recepción y dosificación- pesaje
Fuente: Autor

1.5.4 Zona 4 Molienda y clasificación

Esta es otra zona muy importante porque de los dos activos fijos como son el molino de bolas y el separador dinámico se puede establecer estándares de calidad del producto final, tanto en finura como en resistencias iniciales y finales.

El Clinker, puzolana y yeso y caliza son llevados al molino de bolas MB-01 donde el material deberá adquirir una finura del orden de los 4900 cm^2/g . Este molino funciona con bolas de acero y está dividido en dos cámaras separadas por un diafragma. La capacidad de este molino para el tipo de cemento que realiza Hormicrete bordea de 7,5 a 8 Ton/h, y consume una potencia de 32 KW/ Ton.

El material que sale del molino entra al separador SD-01 en el cual los materiales con mayor granulometría a la requerida son recirculados en circuito cerrado al molino de bolas. Los materiales que han alcanzado el tamaño de partícula adecuado son inmediatamente transportados mediante aerodeslizadores y elevadores de cangilones hacia los diferentes silos tanto de producto final como de ensacado y despacho a granel.

En este equipo se toman muestras cada hora con el fin de obtener curvas de comportamiento del producto final y se lo realiza en el laboratorio de la empresa.



Fig.1- 10 Molido y clasificación de cemento en molino de bolas Capacidad: 7 - 8.5 Ton/h
Fuente: Autor

1.5.5 Zona 5 Almacenamiento de Producto final

El material es almacenado en un silo vertical de 200 Ton que a su vez tiene en su interior fluidificadores para homogenizar el cemento internamente en el silo, por ser un material volátil el cemento. Este silo tiene instalados filtros de mangas para recoger polvos finos que son contaminantes tanto para operadores como para los equipos de producción, además permite mantener una reserva de cemento de al menos 12 horas en caso de alguna eventual falla prevista en el sistema.



Fig.1- 11 Silo de almacenamiento principal Capacidad 200 Ton.
Fuente: Autor

1.5.6 Zona 6 Despacho de Material en sacos

El cemento obtenido en los procesos anteriores puede ser comercializado en sacos valvulados, tiene en esta zona todo un conjunto o línea de ensacado con un silo de 40 Ton., que alimenta a la ensacadora automática que produce entre 100 a 150 sacos por hora. Los mismos que se almacenan en pallets para su proceso final.

Es importante destacar que los sacos tienen impresa la fecha de elaboración así como leyendas como la marca, tipo de cemento y la norma de fabricación para poder cumplir con estándares de calidad en nuestro producto final, lo cual hace que tenga un registro y control de calidad hasta el final de la cadena de producción.



Fig.1- 12 Ensacadora neumática para sacos de 50 Kg Capacidad 100 sacos/h.
Fuente: Autor

1.5.7 Zona 7 Despacho de Material a Granel

Otra de las formas de comercialización del cemento igualmente obtenido de los procesos anteriores es cargada a granel, es decir se puede transportar en cisternas especiales que llevan entre 25 a 40 Ton de Producto.

Este tipo de comercialización se da para empresas del sector de la construcción que tienen al cemento como parte de su materia prima principal y cuyo volumen de producción es alto como por ejemplo fábricas de bloques, adoquines, hormigoneras, etc.

En la zona específicamente se tiene un silo de 60 Ton, que es alimentado mediante aerodeslizadores y elevadores de cangilones a una altura considerable para que el

camión cisterna pueda ingresar bajo el silo y cargar cemento mediante la adición de aire para fluidificación.



Fig.1- 13 Silo de despacho a Granel Capacidad 80 Ton/h.

Fuente: Autor

1.6 Conclusiones del Capítulo 1

- Se evidencia que el crecimiento en el sector constructivo es importante y esto ha aprovechado de la mejor manera Hormicreto hasta lograr en los últimos años cifras alentadoras de crecimiento en el sector constructivo por lo tanto la estrategia empresarial es fundamental para garantizar cubrir la demanda de cemento y complementarios del mercado local constructor. Por lo tanto se debe trabajar arduamente en la mejora de procesos productivos y capacitación interna y externa para posicionar y dar a conocer la marca Hormicreto – Atenas entre los constructores locales.
- La empresa tiene entre sus objetivos empresariales estar dentro del ranking de las 500 más importantes del país y esto se puede lograr con la participación activa desde la alta dirección y el personal de planta en la mejora de procesos acordes a normativas nacionales e internacionales.
- La ubicación de la empresa es estratégica para cubrir la demanda de ventas en el Austro ecuatoriano pues por sus niveles de producción pequeños es muy difícil competir contra las empresas Nacionales como Holcim y Lafarge. Sin embargo el crecimiento de Hormicreto en el corto tiempo que lleva ofreciendo sus productos es muy alentador por lo tanto se debe seguir mejorando sus procesos internos de manufactura y complementarios para garantizar un crecimiento sostenible en el tiempo.

CAPITULO 2

2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PROCESO

Antes de realizar el análisis de la situación de equipos, de criticidad y cualquier procedimiento para el diseño del plan de mantenimiento, fue necesario elaborar un inventario de equipos y recolectar toda la información técnica sobre los mismos para de esta manera establecer un orden y un mejor manejo de la información.

La información técnica de los equipos, que comprende manuales de operación, despiece y lista de partes recolectada fue transformada en formato digital y archivado en un ordenador con memoria compartida, para que todo el personal técnico e ingenieril del campamento pueda disponer de esta información en cualquier momento.

2.2 Equipos críticos del proceso productivo

En esta categoría se definirá como equipo crítico o clave a aquellos cuya parada pueda afectar gravemente al nivel de servicio de la línea de producción, además por el nivel de importancia ya sea por tener influencia directa en el producto final (cemento).

Para marcarla como crítico deberá de cumplir los siguientes requisitos:

- Se utiliza a diario (o diariamente durante épocas específicas).
- No existe máquina auxiliar o de repuesto, capaz de suplirla.
- No existe proceso auxiliar o manual que pueda sustituir el proceso que la máquina realiza.
- El fallo en el suministro del material que dicha máquina genera, afectará gravemente.

“El Análisis de Criticidad cuenta con una serie de indicadores en el orden de la frecuencia de fallas, impacto operacional, costo de mantenimiento, impacto en la seguridad y la flexibilidad operacional para evaluar a los equipos y decidir qué tan críticos son respecto a los demás y a su función. Para esto se debe establecer una referencia que viene dada por la ponderación numérica de los indicadores que se consideren necesarios dentro del análisis.” (Guerrero, 2014)

2.2.1 Indicadores de criticidad:

“Impacto operacional (IOP): Se refiere al impacto tanto económico como temporal que tiene una falla sobre la producción y el avance de la obra.

Impacto Ambiental (IA): Este indicador mide el impacto que una falla genera sobre el ambiente que rodea al equipo o al sistema de equipos.

Impacto en la seguridad personal (ISP): Es el indicador que mide si las fallas de los equipos perjudican la vida del personal dentro de las instalaciones.

Flexibilidad operacional (FO): La flexibilidad operacional significa si un equipo posee un suplente o secundario que lo sustituya en caso de fallar.

Costos de mantenimiento (CMR): Este indicador representa los costos vinculados a la inversión en mano de obra para ejecutar las actividades de mantenimiento, reparaciones y compra de repuestos para los equipos.

Frecuencia de fallas (FF): Se refiere a los intervalos de tiempo en los que la falla tiende a repetirse.” (Duffua, 2000)

En la tabla 2.1 se muestran los indicadores de criticidad con su correspondiente ponderación, donde el índice de criticidad (CC) proviene de multiplicar la frecuencia de aparición de una falla (FF) por la suma de los demás indicadores. Los valores ponderados no son específicos y pueden ser tomados a juicio del analista, siempre y cuando los rangos sean equivalentes.

Expresión de la criticidad:

$$CC = FF * [(FO * IOP) + IA + ISP + CMR]$$

Tabla 2- 1 Indicadores de Criticidad
Indicadores de Criticidad

$CC = FF \times \text{Consecuencias}$ $\text{Consecuencias} = [(IOP \times FO) + CMR + ISP + IA]$		
FRECUENCIA DE FALLA (FF)		VALOR
Baja	Mayor a 1 año	1
Media	3 meses a 1 año	2
Alta	1 semana a 3 meses	3
IMPACTO OPERACIONAL (IOP)		
Leve	Pérdida menor a los 50.000 \$	2
Moderado	Pérdida entre 50.000 y 150.000 \$	5
Severo	Pérdidas mayores a 150.000 \$	10
IMPACTO AMBIENTAL (IA)		
La falla afecta el ambiente		15
La falla no afecta el ambiente		1
IMPACTO EN LA SEGURIDAD PERSONAL (ISP)		
No produce		1
Severo	Daños graves, pérdida de vida.	20
COSTO EN MANTENIMIENTO / REPARACIÓN (CMR)		
Bajo	Gasto menor a 20.000 \$	2
Moderado	Gasto entre 20.000 y 150.000 \$	5
Elevado	Gasto mayor a 150.000 \$	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)		
El sistema posee un respaldo funcional		1
El sistema no posee un respaldo funcional		5

Fuente: (Duffua, 2000)

Por lo tanto tenemos como equipos críticos los siguientes:

1. Molino de Bolas con todos su complementarios
2. Separador dinámico y demás componentes
3. Línea de ensacado con sus complementarios.

En el diagrama de flujo de la figura Fig. 1-6, se aprecia toda la línea de proceso, por esto en la siguiente tabla se presenta un listado de los principales equipos de producción de la línea de cemento los mismos que están debidamente codificados e ingresados en el programa ERP JD Edwards.

Tabla 2- 2 Listado general de equipos de producción

		LISTADO DE EQUIPOS DE MOLIENDA DE CEMENTO				
SECCIÓN	LÍNEA	EQUIPO	Código sistema	Código de mto	OBSERVACIONES	EDAD DE EQUIPO
F A B R I C A C I Ó N D E C E M E N T O	SECADO DE PUZOLANA - YESO	TOLVA DE ALIMENTACIÓN	14031	SC-SP-01	Incluye banda de Descarga	Menor a 5 años
		ELEVADOR DE CANGILONES	14032	SC-EC-01		Menor a 5 años
		SECADOR ROTATIVO DE 3 ETAPAS	13578	SC-SR-01	Incluye cámara de combustión	Menor a 5 años
		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	14030	SC-LC-01	Incluye tanque de servicio	Menor a 5 años
		VIBROTAMIZ RECTANGULAR DE 3/4 HP	14033	SC-VT-01		Menor a 5 años
		ELEVADOR DE CANGILONES	13156	PM-EC-01		Menor a 5 años
		BANDA TRANSPORTADORA	14034	SC-BT-01		Menor a 5 años
	MOLIENDA DE FINAL	SISTEMA DE PESAJE DE YESO	13130	MF-SP-01	Incluye tolva- banda transportadora,	Mayor a 10 años
		SISTEMA DE PESAJE DE CALIZA	13157	MF-SP-02	Incluye tolva- banda transportadora,	Mayor a 10 años
		SISTEMA DE PESAJE DE CLINKER	13158	MF-SP-03	Incluye tolva- banda transportadora,	Mayor a 10 años
		SISTEMA DE PESAJE DE PUZOLANA	13159	MF-SP-04	Incluye tolva- banda transportadora,	Mayor a 10 años
		FILTRO DE MANGAS 5	13131	MF-FM-05		Mayor a 10 años
		VENTILADOR DEL FILTRO DE MANGAS	13132	MF-VE-07		Mayor a 10 años
		BANDA TRANSPORTADORA 1	13135	MF-BT-01		Mayor a 10 años
		ELEVADOR DE CANGILONES 1 (ENTR. AL MOL)	13137	MF-EC-01	Incluye aerodeslizadores de transporte	Mayor a 10 años
		MOLINO DE BOLAS	13133	MF-MB-01	Incluye sistemas de lubricacion (entrada y salida) Incluye motor, reductor de velocidad y elementos de transmisión piñon-corona	Mayor a 50 años Mayor a 30 años
		ELEVADOR DE CANGILONES 2 (SALIDA MOLINO)	13138	MF-EC-02	Incluye aerodeslizadores de descarga	Mayor a 10 años
		FILTRO DE MANGAS 1	13003	MF-FM-01	Incluye aerodeslizadores de descarga	Menor a 5 años
		VENTILADOR DEL FILTRO DE MANGAS	13136	MF-VE-02		Menor a 5 años
		SEPARADOR DINÁMICO	13139	MF-SP-01	Incluye aero entrada Incluye 4 válvulas rotativas Incluye 2 aeros de descarga Incluye aero de retorno de gruesos	Entre 10 y 12 años Entre 10 y 12 años Entre 10 y 12 años Entre 10 y 12 años
		VENTILADOR DEL SEPARADOR DINAMICO	13141	MF-VE-03	Incluye motor y variador de velocidad	Menor a 5 años
		SOPLADOR AIR SLIDERS 2 ,4, 5, 6	13148	MF-SO-01		Entre 10 y 12 años
		SOPLADOR AIR SLIDERS 3	13142	MF-SO-02		Entre 10 y 12 años
		SOPLADOR AIR SLIDER DESCARGA FILTRO	13162	MF-SO-03		Entre 10 y 12 años
		FILTRO DE MANGAS 2 SALIDA DEL SEPARADOR	13144	MF-FM-02		Menor a 5 años
		VENTILADOR FILTRO 2	13143	MF-VE-04	Incluye motor y variador de velocidad	Menor a 5 años
		ELEVADOR DE CANGILONES 3	13147	MF-EC-03		Mayor a 10 años
		SOPLADOR AEROS 1, 7, 12	13159	MF-SO-04		Mayor a 10 años
		FILTRO DE MANGAS 3 ENTRADA AL SILO 1	13160	MF-FM-03		Mayor a 10 años
		VENTILADOR DEL FILTRO 3	13161	MF-VE-05	Incluye motor y variador de velocidad	Mayor a 10 años
		SILO DE CEMENTO	13146	MF-SL-01		Mayor a 10 años
		SOPLADOR DEL SILO 1, AIR SLIDER 12	13150	MF-SR-01		Mayor a 10 años
	ELEVADOR DE CANGILONES 4 ENTRADA SILO 2	13152	MF-EC-04		Mayor a 10 años	
FILTRO DE MANGAS 4 (SILO 2)	13153	MF-FM-04		Mayor a 10 años		
VENTILADOR DEL FILTRO 4	13154	MF-VE-06		Mayor a 10 años		
SILO DE CARGUE GRANEL	13151	MF-SL-03		Mayor a 10 años		
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	13163	CCM4		Mayor a 10 años		
ENSACADO	SILO DE ENSACADO	13172	MF-SL-02	Incluye aerodeslizadores y válvulas automáticas de apertura y cierre	Menor a 5 años	
	ENSACADORA NEUMÁTICA 1	12393	MF-ESN-01	Incluye tableros de control y mando electroneumático	Menor a 5 años	
	ENSACADORA NEUMÁTICA 2	12394	MF-ESN-02	Incluye tableros de control y mando electroneumático	Menor a 5 años	
	SOPLADOR DE ENSACADORA 1	12395	SO-ESN-01		Menor a 5 años	
	SOPLADOR DE ENSACADORA 2	12395	SO-ESN-02		Menor a 5 años	
	BANDA TRANSP. DESCARGA DE SACOS	12396	BT-ESN-01		Menor a 5 años	
BANDA TRANSP. SALIDA SACOS	12397	BT-ESN-02		Menor a 5 años		

Fuente: Autor

Se puede apreciar resaltado en rojo cuales son los equipos más importantes y por ende críticos dentro del proceso productivo, cada equipo está identificado en las diferentes zonas que se explicó en el diagrama de flujo.

2.3.- Condición de los equipos críticos

2.3.1 Definiciones Fundamentales

2.3.1.1 Falla.

“Es la ocurrencia de un evento imprevisto en algún componente de un sistema de equipos, que impide total o parcialmente el cumplimiento de las funciones del sistema.

Causas de una Falla.- Motivos que dan origen al inicio de un mecanismo de falla en un equipo o sistema de equipos.

Mecanismo de Falla.- Suceso que proviene de una naturaleza inherente al equipo y que conlleva a una falla.

Efecto de Falla.- Es la evidencia visual o auditiva de que una falla ha ocurrido. Se manifiesta por las consecuencias asociadas al mecanismo de falla.

Ejemplo de efectos de falla:

- Daños al ambiente.
- Daños a personas.
- Destrucción parcial de piezas o componentes.
- Pérdidas económicas.

2.3.1.2 Tipos de Falla.

Los tipos de fallas más comunes se clasifican por su alcance en parciales o totales, por su rapidez de propagación en progresivas, intermitentes o súbitas y por su impacto en menores, mayores o críticas.

Por su alcance.

Parcial: Es aquella falla que afecta en parte la capacidad total del equipo.

Total: Es aquella que afecta totalmente la capacidad y funcionalidad del equipo.

Por su rapidez de propagación.

Progresiva: Es aquella falla donde la degradación del equipo es observable.

Intermitente: Como la palabra lo dice, es aquella falla que aparece y desaparece sin necesidad de ser periódica.

Súbita: Es la falla que ocurre en lapsos de tiempo muy breves, imperceptible a cualquier inspección.” (MOUBRAY, 2004)

Por su impacto.

Menor: Es aquella falla que no afecta a la producción.

Mayor: Es aquella falla que afecta parcialmente la producción.

Crítica: Es aquella falla que detiene completamente la producción.

2.3.1.3 Proceso evolutivo de una falla.

Las dos formas básicas en la que comúnmente se manifiesta una falla son por degradación progresiva y por falla súbita. Las fallas tienden a evolucionar por etapas, partiendo por la primera etapa de iniciación, la cual es producto de diversas causas como defectos internos del material o defectos de fabricación para luego pasar a la fase de propagación, donde la falla se desarrolla con una rapidez variable, dependiendo de los agentes internos y externos que estén involucrados al origen de la falla y finalmente terminar en la fase de ruptura, donde el componente o equipo deja de cumplir con su función.



Fig.2- 1 Esquema de evolución de una falla

Fuente: (MOUBRAY, 2004)

Durante la fase de iniciación y propagación, es posible que las fallas sean detectadas, siempre que sean intermitentes o progresivas. Por otro lado, una falla súbita es imperceptible a cualquier método de inspección y suelen ocurrir por reacciones bruscas sobre los equipos o por fallas de diseño. (MOUBRAY, 2004)

2.3.1.4 Período de vida útil de un Equipo.

Se conoce como el lapso en que el equipo o sistema de equipos cumple la función para la cual fue asignado hasta alcanzar su TMEF (tiempo medio de efecto de falla).

Generalmente el período de vida se describe en tres fases fundamentales: Período de arranque, vida normal y etapa de degradación. Estas etapas se pueden observar gráficamente en la llamada curva de la bañera.

2.3.1.5 Período de arranque.

Es el período comprendido desde la puesta en marcha del equipo hasta el momento en que se ajusta a las condiciones laborales para las que está siendo usado, dando comienzo a la siguiente etapa, a la vida útil. Estas condiciones laborales son las que definirán el tiempo de vida útil del equipo o sistema de equipos. (MOUBRAY, 2004)

2.3.1.6 Vida útil.

Etapa durante la cual el equipo o sistema de equipos cumple la función para la que fue adquirido hasta alcanzar su fase de degradación.

2.3.1.7 Etapa de degradación.

Es la etapa del equipo o sistema de equipos donde empiezan a surgir las fallas graves que traen como consecuencia el desgaste de los componentes. En esta etapa se toma la decisión de reponer sus componentes dañados o desechar el equipo totalmente y reponerlo por uno nuevo. Ésta última opción es la más utilizada en aquellos casos donde el costo de la reparación del equipo es muy cercano al costo del mismo equipo nuevo.

Las estadísticas determinan que la vida útil real de los equipos tiende a ser menor que la vida útil con la que fueron diseñados a medida que son reparados y así consecutivamente con las “n” reparaciones futuras a la que sean sometidos. Por esta razón suelen sustituirse los equipos luego de cierto número de reparaciones.

En la Figura 2.2 se muestra un esquema representativo de la vida del equipo o de un sistema de equipos mediante la llamada Curva de La Bañera. Recibe este nombre por el parecido que dibuja la trayectoria de la curva a una bañera. (MOUBRAY, 2004)

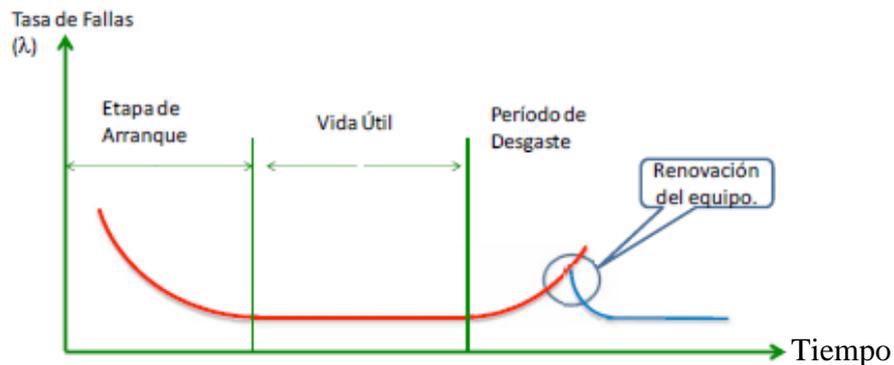


Fig.2- 2 Curva de la Bañera. Representación de la vida de un equipo.

Fuente: (MOUBRAY, 2004)

2.3.2 División por criticidad de equipos del proceso productivo

Podemos dividir en equipos que tienen menos de 5 años los cuales se han ido instalando con el afán de lograr mejoras en el proceso productivo y sobre todo diversificar la forma de comercialización en sacos de 50 Kg. Anteriormente se lo hacía únicamente a Granel.

Además existen equipos que han estado trabajando durante más de 10 años, que son equipos auxiliares y complementarios, salvo el caso del separador dinámico que es un equipo crítico que haremos énfasis más adelante.

Finalmente equipos que tienen un periodo de trabajo mayor a 15 años que se deben dar de baja o reemplazar ciertos componentes para mejorar la disponibilidad de estas unidades.



Fig.2- 3 Vista general de equipos de producción

Fuente: Autor

2.3.2.1 Condición del equipo Molino de bolas

El molino de bolas tiene más de 50 años de operación. Cabe resaltar que a este equipo Hormicrete lo adquirió usado y su tiempo de vida útil ya llegó a su punto máximo, por esta razón algunos de sus componentes principales ya se han

reemplazado y por ende los elementos de rodadura y transmisión de potencia ya han sido dados mantenimiento regenerativo, para continuar con la producción de cemento en Hormicrete, que en los últimos años ha ido en crecimiento ya que en sus inicios se utilizaba para consumo interno de la empresa, pero por la calidad ya se comercializa a clientes externos.

No se lleva un registro de las actividades de mantenimiento realizadas sino desde el 2013 en que se implementó el sistema de mantenimiento ERP JD Edwards, por ende no existe historial del equipo.

No se realiza mantenimiento autónomo y las actividades de mantenimiento solo se realizan con el equipo parado cuando se presenta algún daño mayor. Solo se está llevando a cabo un mantenimiento correctivo y preventivo a medias que solo es de inspección y visualización en base a la experiencia de los operadores de mantenimiento.



Fig.2- 4 Molino rotativo de Bolas

Fuente: Autor

2.3.2.2 Principales fallas del Molino de bolas

Se indica las fallas más comunes existentes en el equipo y las que nos dan paradas no programadas.

Las fallas de arranque se presentaron cuando cambiamos el elemento de transmisión de potencia piñón – corona, que debía ser lubricado con un polvo de baja fricción para proteger los engranajes lo cual nos provocó un descenso en la vida útil del equipo. Sin embargo cuando los operadores de producción y mantenimiento no se

cercioran de la lubricación del mismo, éste tiende a generar mayor fricción y sonido excesivo, por lo que debe ser intervenido de forma urgente.

Las fallas de operación se dan cuando no existe una correcta revisión tanto en los arranques del molino como cuando está en operación por parte de los operadores de producción que son los encargados de revisar parámetros específicos en cada turno.

Las fallas de desgaste son producidas por la continuidad de trabajo que tiene el equipo, los elementos con fallos en algunos casos ya han cumplido tiempo de vida útil y deben ser reemplazados o intervenidos para poner el equipo operativo nuevamente.

Tabla 2- 3 Listado general de fallas en molino de bolas

FALLAS RECURRENTE EN MOLINO DE BOLAS		
FALLAS DE ARRANQUE		
Ítem	Falla	Posible causa
1	Sonido excesivo en piñon-corona	Falla de lubricación, demasiada fricción
2	Sobrecarga de motor eléctrico	Problemas en sistema de transmisión de potencia
FALLOS DE OPERACIÓN		
3	Elevada temperatura en cilindro	Clinker muy caliente-ciclo de molienda muy alto
4	Desenso de producción	Desgaste en cuerpos moledores
5	Rotura de placas internas	Se dejó sin materia prima y existe contacto directo de placas y cuerpos moledores
6	Sobrecalentamiento de Cojinetes	Falla en bombas de recirculación de agua
FALLOS DE DESGASTE		
7	Rayaduras en eje muñon	Daño en cojinetes, rotura de alojamiento
8	Vibración excesiva en equipo	Desalineación en elementos rodantes
9	Taponamiento de diafragma	Bolas de acero desgastadas sin reemplazar
10	Vibración en reductor	Desalineación en motor y reductor

Fuente: Autor

2.3.3.1 Condición del equipo Separador dinámico

Otro de los equipos críticos e importantes es el separador dinámico que ya viene trabajando por un periodo de al menos 10 años, presentando desgastes en componentes tales como reductor principal, ciclones, rotor y estator.

Se realizan generalmente inspecciones y mantenimiento correctivo en las placas estacionarias que comúnmente se cambian cada año, al igual que en el caso del molino en el que se registran actividades correctivas recién desde el 2013. No se tienen manuales del fabricante y su tecnología con ciclones es antigua e ineficiente.



Fig.2- 5 Separador Dinámico

Fuente: Autor

2.3.3.2 Principales fallas del equipo Separador dinámico

Las fallas de arranque se presentaron cuando se reinicia el ciclo de la máquina por lo tanto este debe ser controlado con una revisión inicial por parte del operador antes de la puesta en marcha, sin embargo cuando el operador de producción y mantenimiento no se cercioran de la lubricación del mismo este tiende a generar mayor fricción y sonido excesivo que debe ser intervenido de forma urgente.

Las fallas de operación se dan cuando no se pretende obtener aumentos de producción para los que la máquina no está diseñada o existe algún daño en los componentes auxiliares del separador dinámico como el caso del ventilador centrífugo de tiro, o ciclones esto debe tenerse en cuenta por parte de los operadores de producción que son los encargados de revisar parámetros específicos en cada turno.

Las fallas de desgaste son producidas por la operación del equipo y por ser el cemento un material muy abrasivo que tiende a desgastar fácilmente elementos rodantes y de transporte además que algunos elementos de rotación ya han cumplido el tiempo de vida útil como el caso del rotor y deben ser reemplazados o intervenidos para poner al equipo operativo nuevamente.

Tabla 2- 4 Listado general de fallas en separador dinámico.

FALLAS RECURRENTES EN SEPARADOR DINÁMICO		
FALLAS DE ARRANQUE		
Ítem	Falla	Posible causa
1	Sonido excesivo en reductor	Falla de lubricación, demasiada fricción
2	Sobrecarga de motor eléctrico	Problemas en rotor interno, suciedad
FALLOS DE OPERACIÓN		
3	Descenso de producción	Taponamiento de ciclones con elementos extraños
		Desgaste en rotor o posibles daños en ventilador
4	Sobrecalentamiento de motor	Exceso de entrada de material, bajo tiro del ventilador
FALLOS DE DESGASTE		
5	Finuras muy altas	Desgaste de placas de estator
6	Vibración excesiva en equipo	Desbalanceo de rotor, material incrustado
7	Fugas de Aceite	Desgaste de retenes de reductor
8	Ruido anormal en rotor	Daño en rodamientos por falta de lubricación o desgaste de retenedores
9	Vibración en reductor	Desalineación en motor y reductor

Fuente: Autor

2.3.4.1 Condición de la línea de ensacado.

Esta línea tiene menos de 5 años y se instaló con el afán de lograr mejoras en el proceso productivo y sobre todo diversificar la forma de comercialización en sacos de 50 Kg, anteriormente se lo hacía únicamente a granel.

Actualmente se trabaja con dos ensacadoras neumáticas que tienen una producción de 100 sacos/h cada una, y equipos complementarios para carga y descarga de producto.

Prácticamente estos equipos son todavía nuevos y se encuentran en buenas condiciones pues tienen una disponibilidad del 85 al 90%.

Algunos componentes se fabricaron localmente pero tomando como referencia la tecnología española de PAYPER, lo cual garantiza los niveles de producción y una confiabilidad de los equipos. Es una máquina crítica porque es la que da la salida del producto final y tiene siempre que estar disponible para cumplir con la demanda que cada vez está en crecimiento.



Fig.2- 6 Línea de Ensacadora Neumática

Fuente: Autor

2.3.4.2 Principales fallas de la línea de ensacado.

Las fallas de arranque se presentan cuando se reinicia el ciclo de la máquina debido a que esta trabaja en turnos de 12h. Previo al arranque se realiza una revisión inicial por parte del operador.

Las fallas de operación se dan cuando no se ha limpiado ciertos componentes tales como los de pesaje y empieza a dar problemas en el peso de los sacos, por lo tanto debe realizarse por parte de los operarios de producción una limpieza continua en el equipo.

Las fallas de desgaste son producidas por la operación del equipo y por la abrasión del cemento.

También están asociadas a la falta de limpieza de los equipos antes durante y después del ciclo de ensacado que es muy importante para garantía de disponibilidad de la misma.

Tabla 2- 5 Listado general de fallas en línea de ensacado.

FALLAS RECURRENTE EN LINEA DE ENSACADO		
FALLAS DE ARRANQUE		
Ítem	Falla	Posible causa
1	Problemas de apertura de válvulas de mariposa	- Descenso de presión en línea de aire comprimido
2	Sobrecarga de motor eléctrico soplador	- Filtro de aire obstruido por cemento - Taponamiento de línea de aire de soplador
FALLOS DE OPERACIÓN		
3	Sacos con menos de 50 Kg	- Descalibración de ensacadora - daños en celdas de carga o módulo de pesaje
4	Sacos en mal estado	- Descalibración de mesa de salida de sacos - Problemas en bandas transportadoras
5	Lentitud de proceso de ensacado	- Fallo en soplador de lóbulos - Amontonamiento de cemento en silo
FALLOS DE DESGASTE		
5	Pérdidas de presión en línea	- Fugas en línea de aire comprimido
6	Válvulas que no cierran	- Pistones neumáticos con desgaste por abrasión - Electroválvulas en mal estado
7	Perdidas de presión en ensacadora	- Rotura de manguitos de válvulas de cierre
8	Ruido anormal en soplador	- Desgaste de rodamientos - Taponamiento de línea de aire
9	No se presuriza cámara superior	- Desgaste de polímero de sello de válvula de mariposa

Fuente: Autor

2.4 Recopilar información de los equipos

2.4.1 Codificar los equipos

Un sistema de codificación consiste en asignar un número de serie a todos los equipos con los que cuenta una empresa, con el fin de sistematizar y organizar los

procesos de mantenimiento. Cada empresa puede escoger el sistema que mejor se adapte a sus necesidades.

En este caso Hormicroto si dispone del mismo y en la Tabla 2-1, se puede observar por ejemplo: **MF-MB-01**,

Donde las primeras letras corresponden a la sección en este caso molienda de cemento

Las siguientes letras corresponden al activo en general en este caso (MB) molino de bolas.

Y Finalmente el número que significa posición o cantidad en este caso (01).

Toda esta codificación se tiene ingresado en JD Edwards que maneja una base de datos de todos los activos de la empresa.

Por lo tanto se continuará trabajando con la misma codificación para los planes de mantenimiento que se realizarán en el siguiente capítulo

2.4.2 Historial del equipo

Toda la información de averías e intervenciones que se lleve en una empresa ya sean estos en registros llenados manualmente o en paquetes informáticos, deben ser debidamente reunidos y ordenados de tal manera que se obtenga un histórico de averías para cada equipo. (García, 2003)

2.4.3 Reunir históricos de averías e intervenciones.

El caso de Hormicroto es particular porque se tienen registros desde el 2013 únicamente por lo tanto la recopilación debe hacerse de la siguiente manera:

Para equipos que ya tienen registros:

- Solicitar información existente de los equipos
- Leer el manual de operación para conocer los datos de los equipos.

Para equipos que no se tienen registros:

- Conseguir manuales, con el proveedor o con otras empresas que tengan equipos similares.
- Consultar con el personal técnico de la empresa de mayor conocimiento y experiencia técnica.
- Leer los datos de placa de los equipos.

Por ejemplo un historial de los equipos críticos se detalla a continuación, de la información extraída de JD Edwards.

Tabla 2- 6 Historial de intervenciones Molino de Bolas.

HISTORIAL DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS Y PLANIFICADAS EN MOLINO DE BOLAS																	
Nº orden	Nº equipo	Est OT	Descripción tipo orden	Tp ord	Nº unidad	Superv	Nº emisor	Fecha orden	Fecha fin solicitada	Descripción	Prioridad	F finlz real	Asignad o a	Horas reales	Hora día	Fecha actz	
2475430	13133	MA	REPARACION MOTOR MOLINO	WQ	MF-MB-01		5116	23/08/2016	23/08/2016	MOLINO DE BOLAS						155647	07/10/2016
2448538	13133	MZ	LUBRICAC D MOLINOS	WQ	MF-MB-01	4697	4697	26/07/2016	26/07/2016	MOLINO DE BOLAS	2	31/08/2016	40001702	30		152629	07/10/2016
2446057	13133	MZ	LUBRICAC D EQUIPOS MOL FINAL	WQ	MF-MB-01	4697	4697	23/07/2016	23/07/2016	MOLINO DE BOLAS	2	23/07/2016	40001702	12		152629	07/10/2016
2439308	13133	MZ	COMPLETAR ACETTE MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	18/07/2016	18/07/2016	MOLINO DE BOLAS	1	18/07/2016	40001702	4		152629	07/10/2016
2374903	13133	MJ	ARREGL FISURAS MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	13/05/2016	13/05/2016	MOLINO DE BOLAS	1	16/05/2016	110287	144		152627	07/10/2016
2363665	13133	MJ	CAMBIO DE DUCTO MF-FM-02	WQ	MF-MB-01	4697	4110	02/05/2016	02/05/2016	MOLINO DE BOLAS	2	05/05/2016	38196	48		93030	20/09/2016
2360659	13133	MJ	ROTUR BASE REDUCTOR MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	29/04/2016	29/04/2016	MOLINO DE BOLAS		29/04/2016	110287	144		152627	07/10/2016
2354890	13133	MJ	LUBRICAC D EQUIPOS MOL FINAL	WQ	MF-MB-01	4697	4110	25/04/2016	25/04/2016	MOLINO DE BOLAS	2	31/01/2016	38196	30		93028	20/09/2016
2337942	13133	MJ	ROTUR BASE REDUCTOR MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	05/04/2016	05/04/2016	MOLINO DE BOLAS		09/04/2016	110287	80		152626	07/10/2016
2319550	13133	MJ	COMPLETAR ACETTE MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	17/03/2016	17/03/2016	MOLINO DE BOLAS	1	17/03/2016	38196	6		152626	07/10/2016
2316156	13133	MV	LUBRICACION MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	14/03/2016	14/03/2016	MOLINO DE BOLAS	2	19/03/2016	38196	15		93023	20/09/2016
2284094	13133	MJ	MANT MOLINO MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	03/02/2016	03/02/2016	MOLINO DE BOLAS	2	03/02/2016	110287	16		93019	20/09/2016
2268115	13133	MJ	LUBRICACION MOL FINAL	WQ	MF-MB-01	4697	4697	19/01/2016	19/01/2016	MOLINO DE BOLAS	2	31/01/2016	38196	16		152626	07/10/2016
2265601	13133	MJ	DANO TUBERIA DE AGUA MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	15/01/2016	15/01/2016	MOLINO DE BOLAS	1	15/01/2016	38196	8		93016	20/09/2016
2221069	13133	MJ	CAMB BOMB CENTRALINA MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	19/11/2015	19/11/2015	MOLINO DE BOLAS	1	19/11/2015	38196	8		152625	07/10/2016
2214387	13133	MJ	COMPLETAR ACETTE MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	12/11/2015	12/11/2015	MOLINO DE BOLAS	2	12/11/2015	38196	4		93008	20/09/2016
2195631	13133	MA	CAMBIO TABLERO	WQ	MF-MB-01	4697	5116	23/10/2015	23/10/2015	MOLINO DE BOLAS			525849			155649	07/10/2016
2189548	13133	MJ	EJE NUEVO MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	16/10/2015	16/10/2015	MOLINO DE BOLAS	3	28/10/2015	4544265			93004	20/09/2016
2189513	13133	MJ	LUBRICACION MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	16/10/2015	16/10/2015	MOLINO DE BOLAS	3	16/10/2015	38196	23		93004	20/09/2016
2185301	13133	MJ	EJE ROTO MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4110	12/10/2015	12/10/2015	MOLINO DE BOLAS	1	15/10/2015	110287	188		93004	20/09/2016
2177871	13133	MJ	LUBRICACION MOL FINAL	WQ	MF-MB-01	4697	4697	05/10/2015	05/10/2015	MOLINO DE BOLAS	2	31/10/2015	38196	15		152624	07/10/2016
2178321	13133	MZ	SOBRETAMP CHAQUETA MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	05/10/2015	05/10/2015	MOLINO DE BOLAS	1	06/10/2015	110287	50		152624	07/10/2016
2145457	13133	MJ	FUGA DE MATERIAL	WB	MF-MB-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	MOLINO DE BOLAS		08/09/2015		4		152624	07/10/2016
2145473	13133	MJ	RUIDO EN REDUCTOR	WB	MF-MB-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	MOLINO DE BOLAS		08/09/2015		2		152624	07/10/2016
2126694	13133	MJ	PERNOS ROTOS MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	24/08/2015	24/08/2015	MOLINO DE BOLAS	2	25/08/2015	110287	4		92953	20/09/2016
2083356	13133	MJ	ROTURA EJE MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4110	16/07/2015	16/07/2015	MOLINO DE BOLAS	1	22/07/2015	10762	282		92945	20/09/2016
2067111	13133	MJ	ARREGL FISURAS MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	30/06/2015	30/06/2015	MOLINO DE BOLAS	1	02/07/2015	110287	296		152621	07/10/2016
2062221	13133	MJ	CAMBIO DE PERNOS MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	26/06/2015	26/06/2015	MOLINO DE BOLAS	2	26/06/2015	110287	26		92942	20/09/2016
2056913	13133	MJ	COMPLETAR ACETTE MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	22/06/2015	22/06/2015	MOLINO DE BOLAS	1	22/06/2015	38196	6		152621	07/10/2016
2041181	13133	MA	MATERIALES MANTENIMIENTO MOTOR	WQ	MF-MB-01		5116	04/06/2015	04/06/2015	MOLINO DE BOLAS						155646	07/10/2016
2019143	13133	MJ	MANTENIM MOTOR Y REDUCTOR	WQ	MF-MB-01	4697	4697	16/05/2015	16/05/2015	MOLINO DE BOLAS	1	16/05/2015	2688	54		152620	07/10/2016
2012996	13133	M	MOTOR DE MOLINO MOLIENDA FINA	WB	MF-MB-01		5446	12/05/2015	12/05/2015	MOLINO DE BOLAS						92935	20/09/2016
2006625	13133	MJ	CAMBIO DE PIÑON MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	06/05/2015	06/05/2015	MOLINO DE BOLAS	2	13/06/2015	10762	460		92934	20/09/2016
1974878	13133	MJ	CAMB CHAQUETA MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	07/04/2015	07/04/2015	MOLINO DE BOLAS	1	08/04/2015	2688	68		152620	07/10/2016
1973710	13133	MJ	MANTEN DEL PIÑON MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4110	06/04/2015	06/04/2015	MOLINO DE BOLAS	1	07/04/2015	110287	40		92929	20/09/2016
1942104	13133	MJ	LIMPIEZA DE DIFRAGMAS DEL MOLI	WB	MF-MB-01	4697	5446	09/03/2015	09/03/2015	MOLINO DE BOLAS		09/03/2015	4236	6		92924	20/09/2016
1926585	13133	MJ	LUBRICACION FEBR/2015 MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	25/02/2015	25/02/2015	MOLINO DE BOLAS	3	28/02/2015	38196	32		92921	20/09/2016
1923317	13133	MJ	LUBRIC FEBR 2015 MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	23/02/2015	23/02/2015	MOLINO DE BOLAS	2		38196			152619	07/10/2016
1872332	13133	MJ	CONST PERNOS TAPA MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	02/12/2014	02/12/2014	MOLINO DE BOLAS	2			1		152617	07/10/2016
1777938	13133	MJ	TUBERIA DOSIFICACION	WQ	MF-MB-01	4697	4697	13/10/2014	13/10/2014	MOLINO DE BOLAS	2	13/10/2014	529101	10		152616	07/10/2016
1776468	13133	MJ	MANT DIAFRAGMA MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	11/10/2014	11/10/2014	MOLINO DE BOLAS	1	11/10/2014	2612467	8		152616	07/10/2016
1644959	13133	MJ	REPARAR REDUCTOR MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	30/06/2014	30/06/2014	MOLINO DE BOLAS	1	03/07/2014	110287	24		152611	07/10/2016
1635711	13133	MJ	CAMB ACET CENTRALINA MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	20/06/2014	20/06/2014	MOLINO DE BOLAS	1	21/06/2014	529098	8		152611	07/10/2016
1525167	13133	MJ	DANO EN EL REDUCTOR MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4110	13/03/2014	13/03/2014	MOLINO DE BOLAS	1	16/03/2014	110287	222		92814	20/09/2016
1519306	13133	MJ	TAPONAMIENT DIAFRAGM MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4697	10/03/2014	10/03/2014	MOLINO DE BOLAS	1	08/03/2014	110287	6		152607	07/10/2016
1518291	13133	MJ	DIAFRAGMA TAPADO MF-MB-01	WB	MF-MB-01	4697	4110	08/03/2014	08/03/2014	MOLINO DE BOLAS	2	08/03/2014	110287	6		92812	20/09/2016
1517036	13133	MJ	REPARAC VENTILAD MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	07/03/2014	07/03/2014	MOLINO DE BOLAS	1	08/03/2014	173977	6		152606	07/10/2016
1449133	13133	MJ	CONTR DUCTO ALIMENTAC MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4697	07/01/2014	07/01/2014	MOLINO DE BOLAS	2	24/02/2014	2688	224		152603	07/10/2016
1446848	13133	MJ	CAMB DE ACETTE REDUCT MF-MB-01	WQ	MF-MB-01	4697	4110	04/01/2014	04/01/2014	MOLINO DE BOLAS	2	04/01/2014	529098	7		92801	20/09/2016
1422619	13133	MJ	ROTURA DE PIÑON	WB	MF-MB-01	4697	4E+07	05/12/2013	05/12/2013	MOLINO DE BOLAS	1	29/11/2013	529101	45		92757	20/09/2016
1415849	13133	MJ	CONSTR D DIENTE PIÑON MF-MB-01	WY	MF-MB-01	4697	4697	29/11/2013	29/11/2013	MOLINO DE BOLAS	1		40000160			152602	07/10/2016
1391592	13133	MJ	LIMPIEZA DE PIÑON Y CORONA	WQ	MF-MB-01	4697	4697	08/11/2013	08/11/2013	MOLINO DE BOLAS	H		110287	36		152601	07/10/2016
1427874	13133	MJ	MAQUINAR DIENTE Y POLEA	WY	MF-MB-01	4697	4110	10/12/2013		MOLINO DE BOLAS	2		40000160			92758	20/09/2016

Fuente: Autor

Se aprecia en forma general que se tiene el número de orden que es el que da el sistema en forma secuencial dependiendo de las fecha.

El número del equipo que se tiene en la base de datos de JD Edwards es único para cada activo fijo.

El estado de la orden, es decir si ya está cerrada, en ejecución o en proceso de aprobación donde cada estado tiene una denominación diferente por ejemplo MJ orden cerrada y concluida.

La descripción de la orden donde se identifica el daño o la intervención al equipo.

El tipo de orden que en este caso están correctivas emergentes, ordenes planificadas, etc.

El N° de unidad que es la codificación o código de mantenimiento para gestión de activos.

La fecha de la orden

La fecha de cierre de la orden

La asignación de recurso humano es también mediante un código numérico que es único para cada empleado.

Las horas de duración del trabajo

Hora de realizada la Orden de trabajo.

Tabla 2- 7 Historial de intervenciones Separador dinámico.

HISTORIAL DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS Y PLANIFICADAS EN SEPARADOR DINÁMICO															
N° orden	N° equipo	Est OT	Descripción tipo orden	Tp ord	N° unidad	Super visor	N° emisor	Fecha orden	Fecha fin solicitada	Descripción	Priori dad	F finlz real	Asignado a	Horas reales	Hora día
2413458	13139	MJ	ENGRANAJ REDUCT SEPARD MF-SD-0	WB	MF-SD-01	4697	4697	20/06/2016	20/06/2016	SEPARADOR DINAMICO	1	22/06/2016	110287	96	152628
2370700	13139	MJ	MODIF DE AERO MF-SD-01	WQ	MF-SD-01	4697	4110	10/05/2016	10/05/2016	SEPARADOR DINAMICO	2	09/05/2016	110287	16	93030
2281643	13139	MJ	MANT DE VALVULA VR-10	WQ	MF-SD-01	4697	4110	01/02/2016	01/02/2016	SEPARADOR DINAMICO	2	05/02/2016	2688	24	93019
2208809	13139	MJ	MANT DE VALVULA VR-11	WQ	MF-SD-01	4697	4110	06/11/2015	06/11/2015	SEPARADOR DINAMICO	2	16/11/2015	110287	4	93008
2190338	13139	MJ	CAMBIO DE VALVULA MF-SD-01	WQ	MF-SD-01	4697	4110	17/10/2015	17/10/2015	SEPARADOR DINAMICO	3	17/10/2015	110287	8	93004
2145490	13139	MJ	FUGA DE ACEITE	WB	MF-SD-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	SEPARADOR DINAMICO		08/09/2015		1	152624
2145481	13139	MJ	REPARAR DUCTOS DE SALIDA	WB	MF-SD-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	SEPARADOR DINAMICO				24	152624
2145529	13139	MJ	RUIDO EN VALVULA ROTATIVA 1	WB	MF-SD-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	SEPARADOR DINAMICO		08/09/2015		1	152624
2145967	13139	MJ	VIBRACION EN VENTILADOR	WQ	MF-SD-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	SEPARADOR DINAMICO		19/09/2015	2688	4	152624
2145553	13139	MJ	ACOPLE VALVULA ROTATIVA 4	WB	MF-SD-01	4697	4697	08/09/2015	08/09/2015	SEPARADOR DINAMICO		08/09/2015		1	152624
1925443	13139	MJ	PESA DEL PASO DE RETORNO	WB	MF-SD-01	4697	5446	24/02/2015	24/02/2015	SEPARADOR DINAMICO		24/02/2015	2688	3	92921
1843958	13139	MJ	VALVULA ROTATIVA MF-SD-01	WQ	MF-SD-01	4697	4110	06/12/2014	06/12/2014	SEPARADOR DINAMICO	3			1	92909
1805644	13139	MJ	DESGAST ALETAS SEPARA MF-SD-01	WQ	MF-SD-01	4697	4697	05/11/2014	05/11/2014	SEPARADOR DINAMICO	2	30/11/2014	110287	168	152616
1625854	13139	MJ	MANTENIMIENTO DE REDUCTOR	WB	MF-SD-01	4697	5446	10/06/2014	10/06/2014	SEPARADOR DINAMICO					92833
1398188	13139	MJ	INSPECCIÓN D DESGASTE MF-SD-01	WQ	MF-SD-01	4697	4697	14/11/2013	14/11/2013	SEPARADOR DINAMICO	2	13/11/2013	2688	6	152601

Fuente: Autor

Tabla 2- 8 Historial de intervenciones Línea de ensacado.

HISTORIAL DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS Y PLANIFICADAS EN SEPARADOR DINÁMICO																	
Nº orden	Nº equipo	Est OT	Descripción tipo orden	Tp ord	Nº unidad	Supervisor	Nº emisor	Fecha orden	Fecha fin solicitud	Descripción	Prior	F finl real	Asignado a	Horas reales	Hora día	Fecha actz	
2503322	12393	MA	MANGUITO ROTO MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4697	19/09/2016	19/09/2016	LINEA DE ENSACADO	2		40001702		152630	07/10/2016	
2486198	12393	MA	MANT BAND DESC SACOS	WQ	PP-EN01.	4697	4697	02/09/2016	02/09/2016	LINEA DE ENSACADO	1		110287		152630	07/10/2016	
2434208	12393	MZ	CAMB FILTRO INFER MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4697	12/07/2016	12/07/2016	LINEA DE ENSACADO	2	12/07/2016	40001702	2	152629	07/10/2016	
2427121	12393	MZ	CONST EJE BAND PLANA MF-ES 01	WQ	PP-EN01.	4697	4697	04/07/2016	04/07/2016	LINEA DE ENSACADO	2	04/07/2016		1	24	152629	07/10/2016
2421095	12393	MJ	MANGUITO ROTO MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4697	28/06/2016	28/06/2016	LINEA DE ENSACADO	2	05/07/2016		4236	4	152629	07/10/2016
2399908	12393	MJ	HABILITAR AIRE IMPRESORA SACOS	WQ	PP-EN01.	4697	4697	06/06/2016	06/06/2016	LINEA DE ENSACADO	1	09/06/2016		38196	40	152628	07/10/2016
2395641	12393	MA	MANT ENSACADORA MF-ES-01	WQ	PP-EN01.		4110	02/06/2016	02/06/2016	LINEA DE ENSACADO	2			4236		93033	20/09/2016
2381599	12393	MA	BOQUILLA 2 PARA CEMENTO	WQ	PP-EN01.		5116	20/05/2016	20/05/2016	LINEA DE ENSACADO						155647	07/10/2016
2354515	12393	MJ	MANGUITO ROTO MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4697	23/04/2016	23/04/2016	LINEA DE ENSACADO	2	23/04/2016	3563164	6	152627	07/10/2016	
2345643	12393	MV	MANT ENSACADORA MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	14/04/2016	14/04/2016	LINEA DE ENSACADO	2	14/04/2016		4236	4	93027	20/09/2016
2345766	12393	MO	HABILITACION ENSACADORA 1	WQ	PP-EN01.	4697	4697	14/04/2016	14/04/2016	LINEA DE ENSACADO		27/05/2016		10762	140	152626	07/10/2016
2335381	12393	MV	MANT ENSACADORA MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	02/04/2016	02/04/2016	LINEA DE ENSACADO	2	02/04/2016		4236	16	93025	20/09/2016
2284060	12393	MJ	MANT ENSACADORA MF-ES-01	WB	PP-EN01.	4697	4110	03/02/2016	03/02/2016	LINEA DE ENSACADO	1	03/02/2016		110287	4	93019	20/09/2016
2257299	12393	MJ	CAMB EJE ENSACADORA 2	WB	PP-EN01.	4697	4697	06/01/2016	06/01/2016	LINEA DE ENSACADO		06/01/2016		2688	8	152625	07/10/2016
2254821	12393	MJ	CONST EJE BAND PLANA MF-ES 01	WQ	PP-EN01.	4697	4697	04/01/2016	04/01/2016	LINEA DE ENSACADO	2	04/01/2016		1	14	152625	07/10/2016
2244623	12393	MJ	MANT DE ENSACADORA MF-ES 01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	14/12/2015	14/12/2015	LINEA DE ENSACADO	2	14/12/2015		4110	6	93013	20/09/2016
2233561	12393	MJ	CAMBIO DE PISTON MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	01/12/2015	01/12/2015	LINEA DE ENSACADO	2	01/12/2015		525849	3	93011	20/09/2016
2217385	12393	MJ	CAMBIO DE MANGUERA ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	16/11/2015	16/11/2015	LINEA DE ENSACADO	2	16/11/2015		110287	8	93009	20/09/2016
2167154	12393	MJ	MANT GENERAL MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	26/09/2015	26/09/2015	LINEA DE ENSACADO	1	26/09/2015		2688	34	93001	20/09/2016
2152489	12393	MA	HABILITACION ENSACADORA 2	WQ	PP-EN01.		5116	14/09/2015	14/09/2015	LINEA DE ENSACADO						155646	07/10/2016
2142635	12393	MJ	MANT GENERAL MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	05/09/2015	05/09/2015	LINEA DE ENSACADO	2	05/09/2015		110287	12	92957	20/09/2016
2142862	12393	MJ	MANT DE ENSACADORA	WB	PP-EN01.	4697	4697	05/09/2015	05/09/2015	LINEA DE ENSACADO		05/09/2015		110287	6	152624	07/10/2016
2090919	12393	MJ	EJE ROTO MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	23/07/2015	23/07/2015	LINEA DE ENSACADO	1	23/07/2015		2688	7	92946	20/09/2016
2040284	12393	MJ	CAMB VALVUL ENSACADORA CEMENT	WQ	PP-EN01.	4697	4697	03/06/2015	03/06/2015	LINEA DE ENSACADO		03/06/2015		525849	4	152621	07/10/2016
2011029	12393	MJ	MANT DELA ENSACADORA	WB	PP-EN01.	4697	4110	09/05/2015	09/05/2015	LINEA DE ENSACADO		09/05/2015		38196	6	92935	20/09/2016
1923632	12393	MJ	MANGUITO ROTO MF-ES-01	WQ	PP-EN01.	4697	4110	23/02/2015	23/02/2015	LINEA DE ENSACADO	2	23/02/2015		40001702	9	92920	20/09/2016
1914111	12393	MJ	INSTAL.D COMPRES ENSACADO MF	WQ	PP-EN01.	4697	4110	12/02/2015	12/02/2015	LINEA DE ENSACADO	3	24/02/2015		4110	16	92919	20/09/2016
1900220	12393	MJ	MANTENIM ENSACADORA MF-EM-02	WQ	PP-EN01.	4697	4110	01/02/2015	01/02/2015	LINEA DE ENSACADO	2	02/02/2015		40001702	20	92917	20/09/2016
1784898	12393	MJ	REVISION MANGUITOS	WQ	PP-EN01.	4697	4697	20/10/2014	20/10/2014	LINEA DE ENSACADO	2	03/10/2014		529101	8	152616	07/10/2016
1739974	12393	MJ	FACTURA MANGUERAS CADYMA	WQ	PP-EN01.		40000152	12/09/2014	12/09/2014	LINEA DE ENSACADO				30/10/2014		101251	07/10/2016
1740406	12393	MJ	LIMPIEZA VALVULAS	WB	PP-EN01.	40000152	40000917	12/09/2014	12/09/2014	LINEA DE ENSACADO				30/08/2014	40000025	101251	07/10/2016
1740473	12393	MJ	FUGA DE POLVO EN MANGAS	WB	PP-EN01.	40000152	40000917	12/09/2014	12/09/2014	LINEA DE ENSACADO				30/10/2014	40000917	101251	07/10/2016
1736108	12393	MJ	MANTEN ENSACAD	WQ	PP-EN01.	4697	4697	10/09/2014	10/09/2014	LINEA DE ENSACADO	1	10/09/2014		110287	9	152613	07/10/2016
1722988	12393	MJ	CAMBIO DE MANGAS	WQ	PP-EN01.	40000152	167602	01/09/2014	01/09/2014	LINEA DE ENSACADO	3	30/09/2014		167601		101251	07/10/2016
1713889	12393	MJ	BANDA DE SALIDA	WQ	PP-EN01.	40000152	40001734	26/08/2014	26/08/2014	LINEA DE ENSACADO	3	30/08/2014		40001734		101250	07/10/2016
1644861	12393	MJ	ENSACADORA PAYPER	WB	PP-EN01.	4697	4697	30/06/2014	30/06/2014	LINEA DE ENSACADO		28/06/2014		525849	14	152611	07/10/2016
1643471	12393	MJ	ENSACADORA	WB	PP-EN01.		167602	27/06/2014	27/06/2014	LINEA DE ENSACADO		29/06/2014		167602		101249	07/10/2016
1633475	12393	MJ	FLEJES SIN PERNOS	WB	PP-EN01.		5116	18/06/2014	18/06/2014	LINEA DE ENSACADO				525849	9	155644	07/10/2016
1625336	12393	MJ	MANGUERA TEMPERATURA	WQ	PP-EN01.		40000152	10/06/2014	10/06/2014	LINEA DE ENSACADO		29/06/2014		418908		101248	07/10/2016
1601465	12393	MJ	ROTURA MANGUERA 2 1/2"	WQ	PP-EN01.	4697	4697	20/05/2014	20/05/2014	LINEA DE ENSACADO	2	21/05/2014		529101	6	152610	07/10/2016
1526389	12393	MJ	MEZCLADOR DE MATERIAL	WB	PP-EN01.	40000152	40000918	14/03/2014	14/03/2014	LINEA DE ENSACADO	2	12/03/2014		40000918		101245	07/10/2016
1498031	12393	MJ	FUGAS SIN FIN RECICLADO	WQ	PP-EN01.	40000152	40001734	19/02/2014	19/02/2014	LINEA DE ENSACADO		31/03/2014		167601		101244	07/10/2016
1752440	12393	MJ	CONSTRUCCION DE PROTECCIONES	WQ	PP-EN01.	40000152	40000025	23/09/2014		LINEA DE ENSACADO		30/09/2014		40000917		101252	07/10/2016

Fuente: Autor

2.5 Ralentizar el deterioro de los Equipos y mejorar su estado

Se controla el deterioro de los equipos en forma radical y se desarrolla acciones que eviten la presencia de fallos similares en otros equipos idénticos. (García, 2003)

Se dice que un elemento, componente, sistema o equipo se encuentra averiado, cuando este ha perdido la función para la que fue diseñado, las averías son causadas por el descuido de los pequeños cambios en las condiciones tales como: corrosión, rayaduras, abrasión, grietas y métodos de ensamblado. Para eliminar el deterioro de los equipos se recomienda seguir los pasos que se muestran en la Figura 2.3.

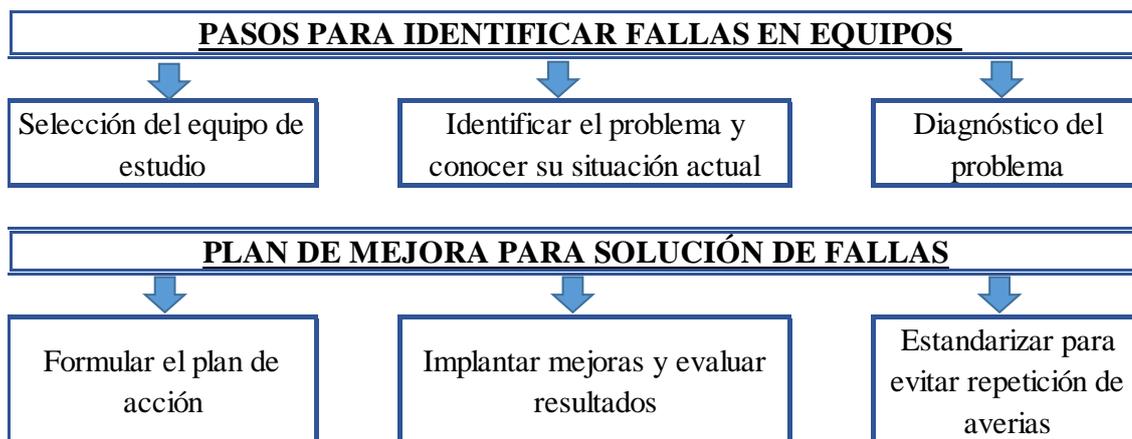


Fig.2- 7 Resumen de fallas en equipos y plan de corrección

Fuente: Autor

Se puede observar que la parte superior de la imagen son los contextos aplicados a lo largo de este capítulo por lo que se realizará la parte inferior de la imagen en el siguiente orden:

2.5.1 Formular el plan de acción

Este plan se basa en buscar varias alternativas para la eliminación de las causas críticas diagnosticadas en las tablas anteriores, luego se debe establecer las actividades necesarias con el fin de lograr dichos objetivos.

Dentro del plan de acción se incluyen puntos de evaluación del progreso, metas que se propone alcanzar y frecuencias de control de estas metas.

2.5.2 Evaluar los resultados

La evaluación de las mejoras debe ser publicada en una cartelera o en tableros de gestión visual en toda la empresa, con el objetivo de que cada área tenga conocimiento del progreso alcanzado.

2.5.3 Estandarizar para evitar repetición de averías

Para mantener las acciones correctivas y posteriormente aplicarlas en equipos similares, es necesario la realización de un informe conocido como:

“Aprender de las averías”, este informe permite la transferencia de conocimiento a todas las personas que se encuentran involucradas con el equipo.

Sin embargo es importante definir el alcance de esta estandarización ya que en el presente capítulo vamos a referirnos a los equipos críticos del proceso que son los de estudio y mejora. (García, 2003)

2.6 Conclusiones del Capítulo 2

- El análisis de equipos críticos nos da una pauta para realizar cualquier implementación de forma rápida y efectiva en estos equipos que suelen ser los más costosos o importantes dentro de cualquier proceso productivo, y con ello se tiene un panorama claro y en corto tiempo de todas las actividades, análisis y modos de fallo que afectan a la producción de la línea de cemento, para contrarrestar estos modos de fallo realizando una planeación de trabajos y tener una línea de producción con mejoras tanto en disponibilidad como en confiabilidad de equipos.
- Del resumen realizado se pudo evidenciar que algunos equipos productivos en su mayoría han cumplido un tiempo de vida útil elevado sin embargo los equipos críticos ya deben ser reemplazados para mejorar la producción y demanda actual. Por este motivo Hormicroto ya está realizando adquisición de equipos nuevos que mejoren e incrementen la capacidad de producción actual y poner más producto en el mercado.

CAPITULO 3

3. PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS PARA LA ACTUAL LÍNEA DE PROCESO

3.1. Marco Teórico aplicable

3.1.1 Mantenimiento

Se define como mantenimiento al conjunto de acciones necesarias que se aplican para conservar o restablecer un activo o un sistema a un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste relativamente bajo, para que pueda cumplir un servicio determinado.

3.1.2 Objetivos del Mantenimiento.

La gestión adecuada de mantenimiento, tiende a prolongar la vida útil de los activos, para obtener el mayor rendimiento de los mismos durante más tiempo, además de reducir el número de fallos.

Por lo tanto una falla en un activo es cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el activo.

Bajo este esquema los principales objetivos de mantenimiento deben estar encaminados hacia lo siguiente:

- Optimización de la disponibilidad de los equipos de producción.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar.
- Evitar paradas inútiles de máquinas.
- Maximización de la vida útil de la máquina y de otros bienes.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los activos.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.

3.1.3 Ciclo de Mantenimiento.

Para que un programa de mantenimiento sea efectivo y alcance sus objetivos es necesario que se cumplan 5 etapas, permitiendo de esta manera que el programa se administre de manera equilibrada con los recursos disponibles. En la Fig. 3-1 se muestra un esquema del ciclo de mantenimiento con sus etapas. (Tabarez, 2013)



Fig.3- 1 Ciclo de Mantenimiento con sus etapas

Fuente: (Tabarez, 2013)

3.1.3.1 Planificación.

La etapa de planificación consiste en definir claramente los objetivos que comprende el programa de mantenimiento, describiendo los procedimientos de las actividades en función de los recursos disponibles, tanto materiales como financieros, humanos y tecnológicos.

3.1.3.2 Organización.

La organización consiste en estructurar la planificación de las actividades de mantenimiento y los recursos de los que se dispone de manera tal que permita establecer el funcionamiento del programa. La organización de las actividades del mantenimiento abarca la estructura jerárquica del personal de la empresa, estableciendo las labores y responsabilidades a cada uno de manera particular.

3.1.3.3 Ejecución.

Consiste en la puesta en marcha de la planificación y organización del programa de mantenimiento definido para el logro de los objetivos propuestos. La

efectividad del plan de mantenimiento y de las actividades depende del nivel de especialización del personal, del enfoque en el logro de las metas y la comunicación entre los miembros del equipo de trabajo.

3.1.3.4 Control.

Comprende una serie de acciones que permite hacer seguimiento a las actividades del programa de mantenimiento y corregir aquellas desviaciones que se puedan presentar con relación a la planificación del mantenimiento.

3.1.3.5 Demanda.

La demanda consiste en la presencia de necesidad de realizar tareas de mantenimiento con la finalidad de prevenir o corregir fallas en la línea de producción de una empresa.

Estas tareas requieren de recursos tanto humanos como materiales y tecnológicos que deben ser suministrados el cumplimiento de las tareas.

3.1.4 Modelos de gestión de mantenimiento.

Existen diversos modelos de gestión de mantenimiento diseñados para los diferentes campos de aplicación y requerimientos de procesos industriales.

1. Mantenimiento Productivo Total (TPM).
2. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).
3. Análisis de Ciclo de Vida de equipos

3.2 Organización del Mantenimiento.

Para que el mantenimiento sea eficaz para lograr el cumplimiento a cabalidad de los objetivos antes expuestos y asegurar el correcto funcionamiento de los equipos o sistemas debe tener un orden estructural concreto, por este motivo se deben tener en cuenta dos aspectos que interfieren en la estructura de mantenimiento y son:

1. La Estructura jerárquica.
2. La centralización y descentralización de las decisiones.

3.2.1 Estructura Jerárquica.

En la estructura jerárquica del mantenimiento se puede apreciar que los departamentos de producción y mantenimiento dependen de una dirección principal.

Esta estructura propone como condición que tanto el departamento de producción como el de mantenimiento estén al mismo nivel y la planificación del mantenimiento se realiza entre ambos departamentos. (Tabarez, 2013)

En la Fig. 3-2 observamos la dirección principal para mantenimiento y producción en el mismo nivel jerárquico.



Fig.3- 2 Estructura del mantenimiento

Fuente: (Tabarez, 2013)

3.2.2 Centralización y descentralización.

La organización del mantenimiento centralizada propone una estructura piramidal, donde las decisiones son tomadas por una persona encargada, siendo esta organización útil en aquellas situaciones donde la cantidad de equipos a mantener es relativamente pequeña, ofreciendo ventajas como la optimización de las actividades, mejor control de los costos de mantenimiento y mejor gestión de personal.

La organización descentralizada propone una planificación segmentada en varios departamentos que se encargarán del mantenimiento de los equipos o sistemas de equipos asignados particularmente a cada departamento. Ésta se aplica cuando la cantidad de equipos es muy grande y requiere de una planificación más estructurada. Esta organización ofrece ventajas como: mejoras en las relaciones laborales con producción, mayor rapidez en la ejecución de los trabajos y mejor control de los equipos.

Considerando cualquiera de los modelos de organización de mantenimiento, éstos ofrecen las condiciones mínimas para que un programa de mantenimiento sea eficiente. Estas son:

1. Los procesos tanto de Producción como de Mantenimiento deben encontrarse al mismo nivel jerárquico para que la política de mantenimiento sea equitativa.

2. La ingeniería del mantenimiento debe estar separada de la ejecución, permitiendo un mejor control de la planificación y cumplimiento de las actividades.

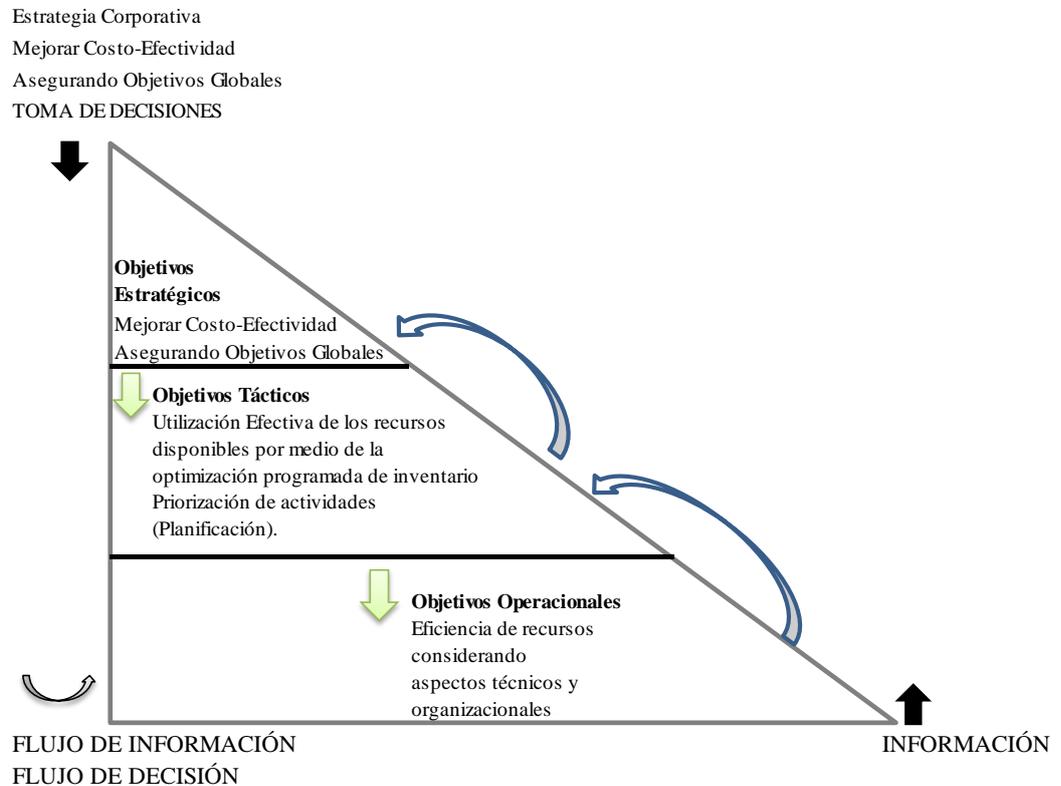


Fig.3- 2 Objetivos según jerarquía organizacional

Fuente: (Tabarez, 2013)

3.2.3 Características del Personal de Mantenimiento

La imagen regular que se ha formado a nivel local del personal que trabaja en el departamento de mantenimiento es la de una persona tosca, con uniforme sucio, lleno de grasa, mal hablado, lo cual trae como consecuencia problemas en la comunicación entre las áreas operativas y este departamento.

Al contrario en la actualidad a los operadores de mantenimiento deben capacitarse para cumplir ciertas competencias profesionales tales como:

- Programar y ejecutar los diferentes tipos de mantenimiento alcanzando confiabilidad, eficiencia en la instalación y montaje en las diferentes plantas industriales.

- Detectar, diagnosticar y reparar fallos en máquinas con funcionamiento hidráulico, neumático y electromecánico en base a la interpretación de manuales de operación.
- Conservar, construir y reparar equipos como: bombas, compresores, calderas, ventiladores, redes de agua, vapor, gases, entre otros, manteniéndolos en condiciones óptimas de operación y funcionamiento.
- Aplicar fundamentos teórico – prácticos de diseño para adaptar, modificar o innovar máquinas, equipos, dispositivos y accesorios mecánicos, realizando pruebas de inspección y evaluación.
- Interpretar manuales de funcionamiento de máquinas y equipos eléctricos y mecánicos a través de la investigación y desarrollo de técnicos acorde al avance tecnológico y de la ciencia.

3.2.4 Mantenimiento mecánico

Se encarga de realizar todas las reparaciones, ajustes y calibraciones de índole mecánica y neumática. Deberá estar adiestrado en la interpretación de planos y esquemas neumáticos, montaje, desmontaje, ajustes, lubricación, etc.

El personal asignado debe acreditar debidamente que tiene los conocimientos necesarios para desempeñar las funciones requeridas.

Debe, además, ser conocedor de los peligros potenciales de la manipulación de los equipos instalados, habiéndose leído el manual de uso de la instalación y haber hecho inducción en seguridad industrial. (Tabarez, 2013)

3.2.5 Mantenimiento eléctrico

Se encarga de realizar todas las reparaciones de índole eléctrica. Debe estar adiestrado en la interpretación de esquemas eléctricos, conexionado, herramientas de reparación eléctricas

El mantenimiento eléctrico se debe hacer, siempre que sea posible, en ausencia de tensión y siguiendo todas las instrucciones y requerimientos establecidos en la legislación vigente. Los fallos eléctricos son, en ocasiones, difíciles de detectar por lo que el mantenimiento preventivo cobra especial importancia. Se recomienda realizar las siguientes comprobaciones periódicamente:

- Comprobar que todos los elementos de protección contra contactos eléctricos funcionan adecuadamente. En caso de que alguno de los guardamotores corte la corriente debido a una sobreintensidad puntual, se debe sustituir el dispositivo aunque aparentemente no haya resultado dañado.
- Sustituir los cables atendiendo no solo a su sección interior sino a las características del aislante (cables flexibles, cables apantallados, etc.).
- Sustituir cualquier cable que tenga el revestimiento aislante dañado.

Cuando sea indispensable la realización de trabajos en tensión, el personal debe equiparse con guantes y calzado aislante homologados por la normativa vigente, para evitar accidentes mortales. (Tabarez, 2013)

3.3 Clasificación del Mantenimiento.

Los tipos de mantenimiento se relacionan directamente con el tiempo de aplicación, el tiempo de intervención del equipo y los recursos utilizados, esto se aprecia en la Fig. 3-4 donde se indica lo siguiente:

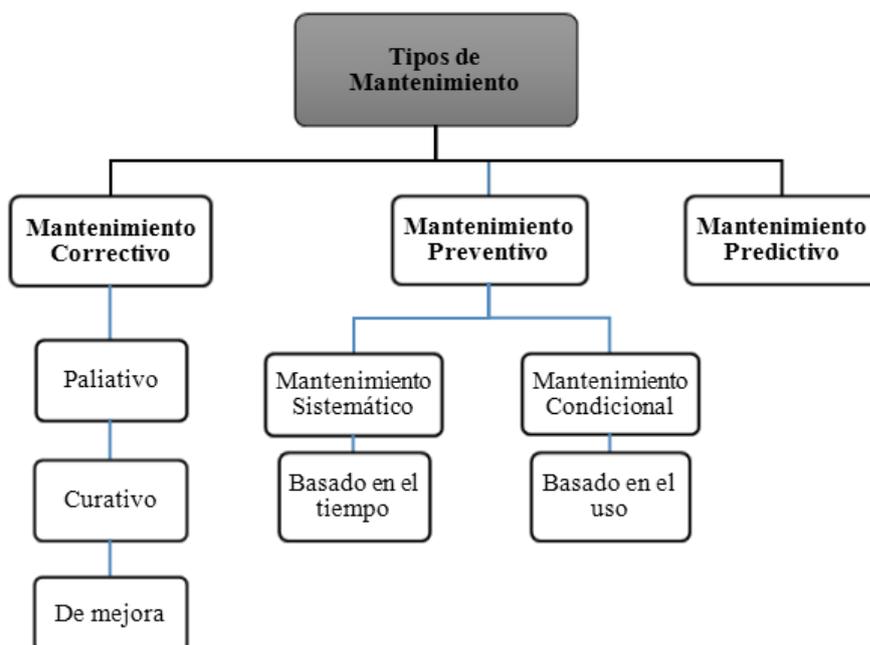


Fig.3- 3 Tipos de mantenimiento

Fuente: (Tabarez, 2013)

3.3.1 *Mantenimiento Correctivo*

El mantenimiento correctivo comprende el conjunto de actividades no programadas que se realizan una vez ocurrida la falla en el equipo con la intención de restituirlo para volverlo a condiciones normales de operación. Estas actividades generan paradas imprevistas y por tiempo indefinido debido a que generalmente no se cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo la reparación al momento de ocurrida la falla.

El mantenimiento correctivo puede subdividirse en tres tipos:

3.3.1.1 Mantenimiento correctivo paliativo

Es el tipo de mantenimiento que se aplica para que un equipo o componente funcione provisionalmente en forma degradada.

3.3.1.2 Mantenimiento correctivo curativo

El mantenimiento curativo corresponde una reparación completa de una falla, utilizando componentes idénticos a los originales.

3.3.1.3 Mantenimiento correctivo de mejora.

El mantenimiento de mejora, más que una tarea de mantenimiento corresponde a cambios de ingeniería con la intención de mejorar su rendimiento el diseño de piezas o componentes.

3.3.2 *Mantenimiento Preventivo*

A nivel mundial, la automatización de los procesos productivos en las industrias ha sido la prioridad para afrontar la exigencia de los mercados consumidores. Esta automatización y mejoramiento de los sistemas productivos ha dado lugar a la inversión por parte de las empresas en nuevos equipos que deben asegurar cierto grado de confiabilidad para mantener la producción.

Con el objetivo de mantener y en el mejor de los casos aumentar el nivel de confiabilidad en los equipos, se han ido desarrollando actividades de mantenimiento adecuadas a las condiciones de operación de cada uno de los equipos o sistema de equipos, dando origen a las conocidas actividades de mantenimiento preventivo.

Existen dos caminos, como se muestra en la Fig. 3-4 donde el mantenimiento preventivo se clasifica en función del tipo de análisis que realiza. Estos caminos son:

- El mantenimiento Condicional o basado en las condiciones.
- Mantenimiento Sistemático basado en el tiempo y en el uso.

3.3.2.1 Mantenimiento preventivo condicional.

El mantenimiento condicional (basado en las condiciones de falla) detecta deterioros o degradación del equipo centrandose su estudio en la medición de parámetros tomados en tiempo real y en intervalos de tiempo debidamente programados, permitiendo que estos tiempos sean lo suficientemente grandes como para generar el mantenimiento preventivo correspondiente.

3.3.2.2 Mantenimiento preventivo sistemático.

El mantenimiento preventivo sistemático centra su estudio en la frecuencia de fallas de los equipos con base en el tiempo o en el uso, siendo este método más factible cuando la probabilidad de ocurrencia de fallas aumenta con el tiempo o el uso respectivamente.

Básicamente el mantenimiento preventivo aporta un grado de seguridad sobre la efectiva operatividad del equipo durante un período de tiempo determinado, detectando de la manera más rápida los posibles desperfectos en los equipos y resolviéndolos antes de que fallen y evitando que el impacto sea mayor.

3.3.2.3 Ventajas y desventajas del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento como plan de acción para proteger la vida de los equipos y asegurar su funcionamiento ofrece tanto beneficios como desventajas que suelen ser tema de debate al momento de decidir el tipo de mantenimiento a aplicar.

3.3.2.3.1 Ventajas del Mantenimiento Preventivo:

- Reducción de las actividades de mantenimiento correctivo mediante la programación de paradas.
- Mayor control y cuidado de los equipos, permitiendo que cumplan su vida útil estimada.

- Disminución del número de fallas imprevistas y por consiguiente mejoras en el rendimiento (horas producción) de los equipos.
- Mejor gestión de mantenimiento debido a las actividades programadas.
- Mayor rendimiento de los equipos durante su vida productiva.
- Mayor seguridad laboral para los empleados y técnicos.

3.3.2.3.2 Desventajas del Mantenimiento Preventivo.

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Puede ser económicamente inviable si no se programan correctamente las actividades preventivas.
- Se requiere de infraestructura organizada para que sea efectivo.
- Es altamente dependiente del entrenamiento del personal y de la calidad de las herramientas y apoyo de fabricación.

3.3.2.4 Parámetros del mantenimiento preventivo

3.3.2.4.1 Sustitución de elementos deteriorados

Antes de realizar la sustitución de la pieza, el responsable debe asegurarse de que la referencia del componente a sustituir es coincidente con la del material de repuesto. Posteriormente debe realizar lo siguiente:

- Desmontar la pieza deteriorada.
- Montar, alinear y ajustar la pieza de manera que los elementos no queden forzados o tensionados.
- Utilizar una llave dinamométrica para apretar los tornillos con el par de apriete recomendado para cada tornillo.

3.3.2.4.2 Lubricación

Para la lubricación de los distintos componentes se deben utilizar aquellos aceites y grasas indicadas en las especificaciones de mantenimiento del fabricante en la cantidad justa indicada por éste. Sin embargo hay equipos que carecen de esta información, por lo tanto se hará en función de recomendaciones de proveedores expertos en el tema además de la documentación que ha ido guardándose a lo largo de varios años en la empresa, con el fin de determinar cantidades tipologías y marcas.

3.3.2.4.3 Limpieza

Los periodos de limpieza de las distintas partes de la instalación deben estar contemplados en el plan de mantenimiento preventivo, así como en las distintas hojas de mantenimiento correspondientes.

Utilizar, en la limpieza de la instalación, productos adecuados dependiendo de la naturaleza y uso de las partes a limpiar. Se debe tener especial cuidado en no utilizar productos que ataquen químicamente al lubricante al realizar la limpieza de las partes móviles.

3.3.3 Mantenimiento Predictivo

Es el tipo de mantenimiento mediante el cual, aplicando una serie de mediciones, se obtienen parámetros importantes de todo el equipo, permitiendo mantener un monitoreo constante del comportamiento y predecir en función de las lecturas obtenidas cuándo ocurrirá la falla y cuál será el componente del equipo que fallará.

Una desventaja de éste tipo de mantenimiento es la vinculación al costo en que se puede incurrir para diagnosticar el estado de los equipos. Por lo que en muchos casos se recomienda un tipo de mantenimiento preventivo. (Fernando Harmsen, 2013)

3.3.3.1 Metodología de las inspecciones

Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o línea, el paso siguiente es determinar las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina.

La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y eficacia.

- De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico. *Vigilancia de máquinas*: Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar su grado de severidad.

- *Protección de máquinas:* Su objetivo es evitar averías catastróficas. Una máquina está protegida, cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos y la máquina se detiene automáticamente.
- *Diagnóstico de averías:* Su objetivo es definir cuál es el problema específico, estimar cuánto tiempo más podrá funcionar la máquina sin riesgo de sufrir una avería. (Fernando Harmsen, 2013)

3.3.3.2 Análisis de Vibraciones

El interés de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con la alerta que implica un elemento vibrante en una máquina, y la necesaria prevención de las averías que conllevan las vibraciones a medio plazo.

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar son:

Desequilibrio, desalineamiento, excentricidad, defectos en rodamientos y/o cojinetes, defectos en engranajes, defectos en correas, holguras, falta de lubricación

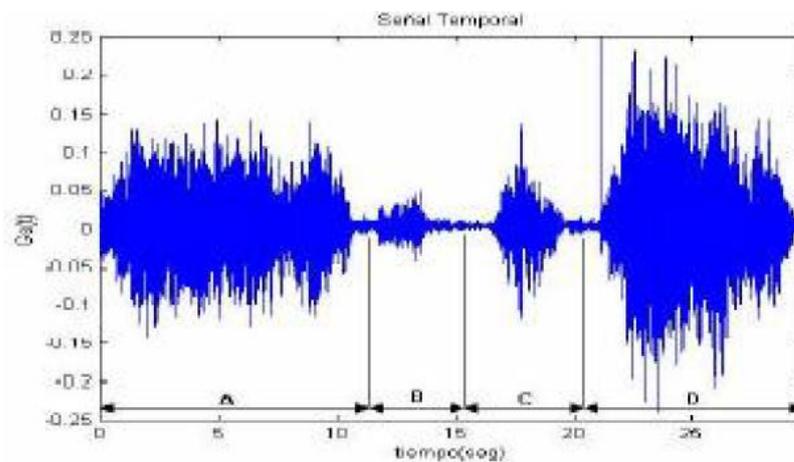


Fig.3- 4 Medición de vibraciones en máquinas rotativas

Fuente: Autor

3.3.3.3 Análisis de Lubricantes

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

- *Análisis Iniciales:* Se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas por cambios en condiciones de operación.

- **Análisis Rutinarios:** Aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación, entre otros.
- **Análisis de Emergencia:** se efectúan para detectar anomalías en el equipo y/o lubricante, ya sea contaminación con agua o presencia de partículas sólidas (filtros y sellos defectuosos) o uso de un producto inadecuado.

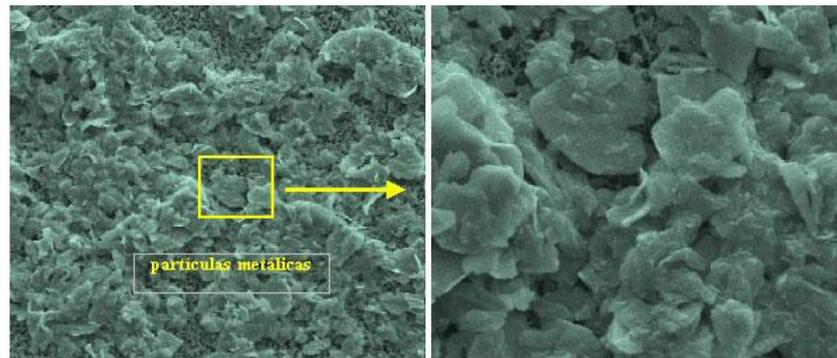


Fig.3- 5 Análisis de Aceites. Presencia de partículas sólidas

Fuente: Autor

-
Fabian Bernal
--
- - -

Unit ID: **BOTTOM PART** Unit Worksite: **HORMICRETO** Comp. Ref NO.: **7126058**
Component Type: **GEARBOX** Component: **GEARBOX**
Unit Manufacturer and Model: **Unknown/Unspecified UNKN UNKNOWN** Oil Type: **SHELL OMALA 320**
Component Manufacturer and Model: **Unknown/Unspecified UNKN UNKNOWN** Component Serial Number:
Maintenance Recommendations for Lab No. 201701100890 Reported On: **Jan 12 2017**
From: **HORMICRETO**
ANALISIS INDICA CONDICIONES FAVORABLES DEL ACEITE Y LA UNIDAD. El aceite puede seguir en uso si no ha sido cambiado. TOMAR MUESTRA al intervalo normal. programado.

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS IN PARTS PER MILLION																						
LAB NO.	Iron	Chromium	Nickel	Aluminum	Lead	Copper	Ti	Silver	Tungsten	Silicon	Boron	Sodium	Potassium	Magnesium	Phosphorus	Zinc	Calcium	Sulfur	Magnesium	Antimony	Vanadium	Sample Drawn
0890	1	<1	<1	<1	1	<1	1	Δ.1	<1	4	1	<1	<1	<1	323	5	45	<1	<1	<1	<1	01/08/17

SAMPLE INFORMATION						PHYSICAL TEST RESULTS		
LAB NO.	MIHR UHR	MIHR OIL	OIL ADD	FLTR CHG	OIL CHG	Water	D7279 Vis 40 °C	D584(M) TAN
0890	30	30	0	-	C	<0.1	318.1	0.45

3.3.3.4 Termografía

Se caracteriza por su facilidad de manejo y capacidad de detección de puntos calientes, la medida de temperatura sin contacto es una técnica fundamental en mantenimiento eléctrico que ha experimentado grandes cambios en los equipos e instrumentación disponibles, y que está aún en continua evolución. La reducción en los precios de las cámaras termográficas ha permitido que cualquier departamento de mantenimiento se beneficie de esta potente técnica predictiva.

La termografía por rayos infrarrojos se ha ido extendiendo durante más de 20 años desde el campo de aplicación médico y militar a otras aplicaciones de mantenimiento industrial, especialmente en equipo eléctrico en alta y baja tensión (líneas, subestaciones, centros de control, etc.). La termografía no sólo se aplica a la

inspección de armarios eléctricos, sino que existen otras muchas aplicaciones útiles para las funciones del mantenimiento predictivo tales como:

Inspección de motores eléctricos para buscar calentamientos localizados por fallos en el estator, calentamiento de cojinetes y rodamientos por mala lubricación o daños en las pistas de rodadura, en los elementos rodantes o en la jaula.



Fig.3- 6 Análisis Termográfico de un interruptor

Fuente: Autor

3.4 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento

Este análisis y diagnóstico se desarrollará con la participación de las jefaturas de mantenimiento, especialistas en el área de planificación, organización y principalmente los usuarios de los equipos.

Para evaluar la situación de los distintos aspectos de la gestión de mantenimiento se utiliza las siguientes etapas. (Tabarez, 2013)

- Visitar las instalaciones, talleres y oficinas de las áreas de actuación de mantenimiento para conocimiento de las actividades desarrolladas por cada una de ellas.
- Elaborar el formato para el desarrollo de los trabajos de análisis.
- Reunir a los responsables del mantenimiento para discutir el informe de diagnóstico.

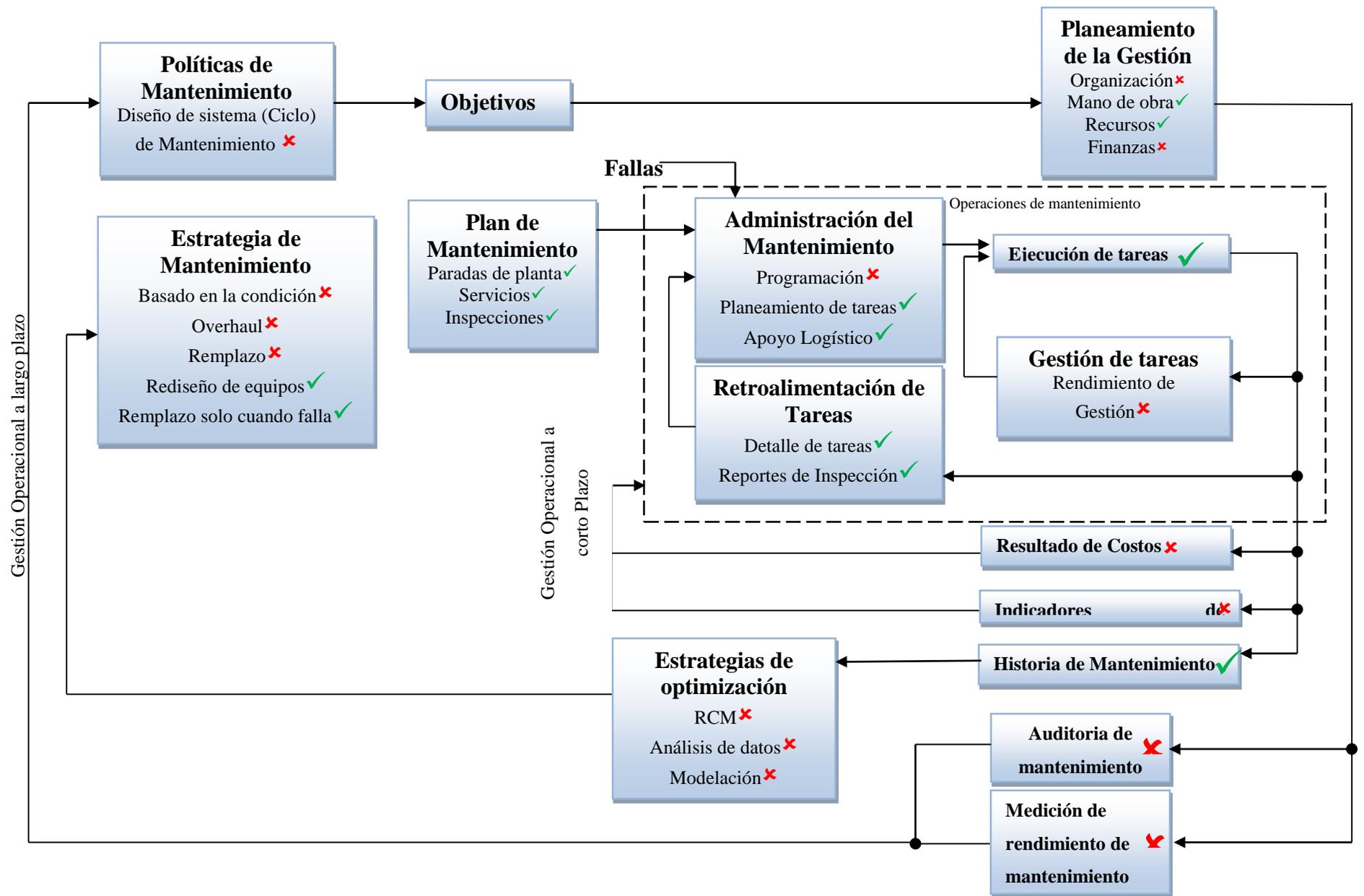


Fig.3- 7 Ciclo de Mantenimiento aplicado en Hormigreto

Fuente: Autor

Inexistentes:

- **Políticas de mantenimiento.-**

No se tiene definido ni documentado políticas claras de mantenimiento.

Diseño de sistema (ciclo) de mantenimiento.

- **Planeamiento de la gestión de mantenimiento.**

La organización.- No se ejecutan trabajos de forma organizada Los trabajos se realizan mediante órdenes verbales cuando alguien recuerda algún problema

Finanzas.- No se tiene en cuenta costos de mantenimiento.

- **Administración del mantenimiento**

Programación.- La programación no se cumple según el plan de trabajo sino de acuerdo a los daños presentados.

- **Gestión de tareas.**

Rendimiento de gestión y calidad de gestión.- No se tiene ningún indicador.

- **Resultados de costos.-** No se tiene esa información, (no se evalúan costos de mantenimiento).

- **Indicadores de rendimiento.-** Sin datos, no existe indicador.

- **Estrategias de optimización.**

No se lleva a cabo ya que no se tiene indicadores por este motivo no se puede evaluar correctamente que estrategia a seguir.

- **Auditoria de mantenimiento.-** No se realizan.

- **Medición de rendimiento de mantenimiento.-** No se realizan.

- **Estrategia de mantenimiento.-** No se tiene datos ni se evalúan.

EXISTENTES:

- **Objetivos.-** El principal objetivo es hacer que produzcan las plantas ya sea con intervenciones correctivas y necesarias para este fin
- **Planeamiento de la Gestión.**
 - Mano de obra.- Esta gestión se realiza dependiendo el tipo de trabajo que puede durar algunos días y de la complejidad
 - Recursos.- Si se dispone de herramientas, repuestos y maquinaria necesaria para trabajos de mayor complejidad.
- **Fallas.**
- **Administración del mantenimiento.**
 - Planeamiento de tareas.- Se planea trabajos de acuerdo a la criticidad y prioridad solicitada por el Gerente de planta.
 - Apoyo logístico.- Existente y generalmente es accesible para realizar compra de repuestos cuando se requiera no existe limitantes.
- **Ejecución de tareas.-** las tareas son supervisadas y se entrega los trabajos con los equipos funcionando correctamente.
- **Retroalimentación de tareas.**
 - Detalles de tareas.- Informe realizado por los mecánicos de turno en bitácora dando énfasis en actividades más importantes y a rutas diarias de trabajo.
 - Reporte de inspección.- Se realiza de forma periódica y existe un formato específico para cada proceso en las diferentes plantas de producción, este reporte lo realiza los mecánicos de turno y el lubricador.
- **Plan de mantenimiento**
 - Paradas de planta.- ya se tienen identificadas varios frentes de trabajo cuando se dan paradas de planta y se cubren algunas máquinas por dar mantenimiento.
 - Servicios.- Se contratan servicios de otras compañías como el caso de Tugalt para el mecanizado de piezas en torno y fresadora.
 - Contratistas externos para alineación y balanceo de ventiladores, etc.

Inspecciones.- Realizadas frecuentemente en todas las plantas de producción por el monitor de mantenimiento y mecánicos de turno.

- **Historial de mantenimiento.-** Se está llevando con la introducción del sistema JD Edwards.
- **Estrategia de mantenimiento.**

Rediseño de equipos.- Se efectúa cuando algún componente presenta defectos o no da la garantía de trabajo, ya que existen maquinas antiguas con ciertas tecnologías discontinuadas.

Reemplazo solo cuando falla.- Esto se da en mayor porcentaje dentro de los trabajos de mantenimiento por ser producción en línea, es decir se interviene cuando se presenta daños

3.5 Mejoras para incrementar la confiabilidad, operatividad y disponibilidad de su actividad crítica y aumentar la ganancia de la empresa.

Mejorar la gestión de mantenimiento en Hormicroto aplicando correctamente el ciclo de Casper Coetzee, dando énfasis en aplicar la Administración del Mantenimiento, realizando una programación de mantenimiento preventivo anual basado en la confiabilidad de los equipos de producción, vinculando la planeación de tareas correctamente apoyándonos el software JD EDWARDS.

Aplicando correctamente la administración de mantenimiento y el apoyo del software se pretenden mejorar la confiabilidad de los equipos de Hormicroto porque permitirá llevar un registro histórico cada vez que ocurra un fallo o anomalía y programar a futuro actividades.

Para esto se requiere la siguiente información, dentro de las órdenes de mantenimiento:

- Fecha de arranque de operación del activo:
- Alarmas presentes:
- Fecha de parada de operación del activo, tiempo de parada
- Mano de Obra
- Materiales y repuestos utilizados
- Anexos

Estos datos los llenará el Operador de mantenimiento y se dará al jefe o supervisor de mantenimiento para tener un histórico de fallas.

Implementar procesos como gestión de tareas ya que las actividades no están bien definidas para la planta por lo que no se puede medir el rendimiento como la gestión del mantenimiento. Con este proceso se pretende mejorar la *disponibilidad*, registrando todas las fallas que ocurran y se modelarán los datos para definir una disponibilidad aproximada a la realidad, donde se registrarán los tiempos cuando la máquina está produciendo y los tiempos cuando está parada pero lista para funcionar; pero no consignada a mantenimiento.

Se recomienda analizar conjuntamente con el Departamento de Producción, Mantenimiento y Administrativo sobre los cambios que se realicen en el Ciclo de Mantenimiento de la Planta de Hormicreto, para que de esta manera mejorar las falencias encontradas en el mismo, asegurando confiabilidad y disponibilidad en nuestros equipos y por ende teniendo un producto final de alta calidad aumentando las ganancias para la empresa. Con esto la operatividad de la maquina se verá reflejada en el incremento de producción generada en el tiempo.

Estos datos se registrarán por parte de los operadores y supervisores de producción en un registro de producción diario.

Finalmente debemos contratar consultoría externa para realizar el análisis de costos, y mejorar la gestión de tareas, evaluando además rendimiento y calidad de gestión.

Los siguientes son planes propuestos de mantenimiento anual para procesos productivos de cemento.

3.6 Pasos y desarrollo de un Mantenimiento Preventivo.

En la Tabla 3.1 se muestran los pasos básicos necesarios realizar para construir un plan de mantenimiento preventivo de equipos o un sistema de equipos.

Tabla 3- 1 Desarrollo del mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Administración del Plan	Consiste en organizar un grupo de trabajo por especialistas en el área de mantenimiento que ejecuten las actividades comprendidas en el plan.
Inventario-croquis de las Instalaciones	Consiste en elaborar un listado y croquis que contenga la ubicación de todas los equipos o sistemas de equipos instalados en el lugar de trabajo.
Identificación de los equipos	Se deben identificar todos los equipos y piezas con un código que los diferencie de los demás. Este código debe contener la ubicación, tipo y número de la máquina.
Data técnica	Crear una base de datos para registrar toda la información técnica de los equipos (fabricante, códigos, seriales, especificaciones, capacidad, etc).
Actividades de Mantenimiento	Elaboración de una lista detallada de las tareas de mantenimiento con su procedimiento bien desarrollado que deben realizarse para cada uno de los equipos.
Programación de las Actividades	Se debe elaborar una planificación donde se distribuyan en periodos específicos las diversas actividades de mantenimiento, manteniendo un balance entre la carga laboral y el proceso de producción.
Control de las Actividades programadas	Vigilar directamente el cumplimiento de las actividades de mantenimiento y la programación establecida detectando y reportando las variaciones que estas puedan sufrir para evitar que no se cumpla el preventivo preestablecido.

Fuente: (Duffua, 2000)

En las siguientes tablas se va a demostrar una forma de programar el mantenimiento preventivo de los activos que conforman la línea de Molienda en Hormicreto. Esta programación se está tomando como referencia del manual de cada máquina y en algunos casos donde no existe esa información se tomará la programación de la

experiencias de las personas que realizan día a día el mantenimiento en planta y tanto eléctrico como mecánico.

La codificación de los activos se toma de la Tabla 2.1 donde constan los códigos que representa a cada equipo

La elaboración de un plan de mantenimiento puede hacerse de tres formas:

1. Realizando un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta.
2. Realizando un Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.
3. Realizando un plan basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse.

En plantas que no tienen ningún plan de mantenimiento implantado, puede ser conveniente hacer algo sencillo y ponerlo en marcha. Eso se puede hacer siguiendo las recomendaciones de los fabricantes o basándose en la experiencia propia o de otros. Son los modos 1 y 2.

Proceso Crítico.-

El proceso crítico de la actividad de mantenimiento mecánico se da cuando se necesita realizar trabajos en máquinas críticas en cualquiera de las plantas ya que es muy difícil realizar paradas programadas, es decir en algunas ocasiones se permite intervenir en mantenimiento solo cuando los daños ya se presentan, complicando el conseguir repuestos, y en otros casos se debe dejar operativas las maquinas sin importar el cansancio por parte de los operadores de mantenimiento, teniendo inclusive que apoyarse con personal que está de descanso.

En este caso nuestro proceso crítico es la administración del mantenimiento, que incluye programación de trabajos, y planeamiento de tareas.

Este proceso crítico se da al no tener retroalimentación de las jefaturas de producción, es decir muchas veces la coordinación de trabajos preventivos no se realiza por falta de tiempo y programación y casi en la mayoría de casos se indica algún daño cuando las máquinas realmente se encuentran en mal estado o con algún daño correctivo. (Duffua, 2000)

Tabla 3- 3 Rutas de Lubricación para cada equipo de producción.

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO LUBRICACIÓN MECÁNICA - MOLINERÍA FINAL						Código: MH-01-009 Fecha: Revisión: 1	
ZONA: ALIMENTADORES DOSIFICADORES - ELEVADOR DE CANGILONES 1									
CODIGO	EQUIPO O COMPONENTE	COMP. ó REFER.	PUNTO	CANT.	TEMP	RUIDO ROD.	PERIODO	OBSERVACIONES	
MF-VE-01	VENTILADOR FILTRO 1	MOTOR	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
AD-005	ALIMENTADOR DOSIFICADOR 1 (YESO)	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR 1	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
		REDUCTOR 2	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
AD-006	ALIMENTADOR DOSIFICADOR 2 (CALIZA)	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR 1	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
		REDUCTOR 2	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
AD-007	ALIMENTADOR DOSIFICADOR 3 (CLINKER)	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR 1	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
		REDUCTOR 2	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
AD-008	ALIMENTADOR DOSIFICADOR 4 (PUZOLANA)	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR 1	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
		REDUCTOR 2	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
MF-BT-01	BANDA TRANSPORTADORA	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220
MF-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES 1	CHUMACERA TAMBOR LIBRE	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA TAMBOR TRACCION	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear 600 XP-220
									Aceite Mobil Gear 600 XP-220

✓ = BIEN

M = MEDIO

X = MAL

REALIZADO POR:.....

FECHA:.....

REVISADO POR:.....

FECHA:.....



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
RUTA DE LUBRICACIÓN MECÁNICA - MOLIENDA FINAL

Código: MH-01-010
 Fecha: /11/2012
 Revisión: 2

ZONA: EJE DE TRANSMISION DEL MOLINO DE BOLAS-VÁLVULA ROTATIVA 2 DEL SEPARADOR DINÁMICO

CODIGO	EQUIPO	COMP. ó REFER.	PUNTO	TEMP.	NIVEL	RUIDO ROD.	PERIODO	OBSERVACIONES
UH-003	UNIDAD HIDRÁULICA 1	MOTOR BOMBA HIDRÁULICA 1	LS					Sellado
			LT					Sellado
UH-004	UNIDAD HIDRÁULICA 2	MOTOR BOMBA HIDRÁULICA 1	LS					Sellado
			LT					Sellado
ET-001	EJE DE TRANSMISION	CHUMACERA DEL MOLINO	LS					Mobilux EP2
			LT					Mobilux EP2
		CHUMACERA 1	1P					Mobilux EP2
		CHUMACERA 2	1P					Mobilux EP2
		CHUMACERA 3	1P					Mobilux EP2
		REDUCTOR	NIVEL					Aceite Mobil Gear.... Aceite Mobil Gear....
		PIÑÓN						Aceite KluberFluid
		CORONA						Aceite KluberFluid
ACOPLE						Grasa Mobil...		
MT-089	MOTOR DEL MOLINO	MOTOR	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
MF-VE-02	VENTILADOR FILTRO 2	MOTOR	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
		CHUMACERA	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
MF-EC-02	ELEVADOR DE CANGILONES SALIDA DEL MOLINO	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS					Sellado
			LT					Sellado
REDUCTOR	NIVEL					Aceite Mobil Gear.... Aceite Mobil Gear....		
MF-SO-01	SOPLADOR AIRLIDE 1,2, 4, 5, 6 Y 7	MOTOR	LS					Sellado
			LT					Sellado
MF-SD-01	SEPARADOR DINÁMICO	MOTOR	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
		REDUCTOR	NIVEL					REDUCTOR CON GRASERA REDUCTOR CON GRASERA
								Grasa Mobil...
		ROD. EJE CENTRAL						Grasa Mobil Grease XHP 222
VR-008	VÁLVULA ROTATIVA 1 SEPARADOR DINÁMICO	VÁLVULA	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS					Sellado
			LT					Sellado
		REDUCTOR	NIVEL					Aceite Mobil Gear.... Aceite Mobil Gear....
								Grasa Mobil..
VR-009	VÁLVULA ROTATIVA 2 SEPARADOR DINÁMICO	VÁLVULA	LS					Grasa Mobilux EP2
			LT					Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS					Sellado
			LT					Sellado
		REDUCTOR	NIVEL					Aceite Mobil Gear.... Aceite Mobil Gear....
								Grasa Mobil...

√ = BIEN

M = MEDIO

X = MAL

REALIZADO POR:-----

FECHA:-----

REVISADO POR:-----

FECHA:-----



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
RUTA DE LUBRICACIÓN MECÁNICA - MOLINERA FINAL

Código: MH-01-011
 Fecha:
 Revisión: 3

ZONA: VÁLVULA ROTATIVA 3 DEL SEPARADOR DINÁMICO-VENTILADOR DEL FILTRO DE MANGAS 4

CODIGO	EQUIPO	COMP. ó REFER.	PUNTO	TEMP.	NIVEL	RUIDO ROD.	PERIODO	OBSERVACIONES	
VR-010	VÁLVULA ROTATIVA 3 SEPARADOR DINÁMICO	VÁLVULA	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear....
									Aceite Mobil Gear....
ACOPLE							Grasa Mobil...		
VR-011	VÁLVULA ROTATIVA 4 SEPARADOR DINÁMICO	VÁLVULA	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear....
									Aceite Mobil Gear....
ACOPLE							Grasa Mobil...		
MF-VE-03	VENTILADOR DEL SEPARADOR DINÁMICO	MOTOR	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
ACOPLE							Grasa Mobil...		
MF-SO-02	SOPLADOR AIRLIDE 3	MOTOR	LS					Sellado	
			LT					Sellado	
MF-VE-04	VENTILADOR DEL FILTRO DE MANGAS 2	CHUMACERA	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
MF-EC-03	ELEVADOR DE CANGILONES 3	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear...		
								Aceite Mobil Gear...	
MF-SO-03	SOPLADOR AEROS DE ENTRADA AL SILO DE CEMENTO	MOTOR	LS					Sellado	
			LT					Sellado	
MF-VE-05	VENTILADOR DEL FILTRO DE MANGAS 3	CHUMACERA	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		MOTOR	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
VR-012	VÁLVULA ROTATIVA DEL SILO 1 (DE CEMENTO)	VALVULA	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
		REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear...
									Aceite Mobil Gear...
ACOPLE							Grasa Mobil...		
MF-SR-01	SOPLADOR DE LÓBULOS DEL SILO 1 DE CEMENTO	MOTOR	LS					Sellado	
			LT					Sellado	
		UNIDAD DE COMPRESIÓN	NIVEL						Aceite Omega fluid 220
MF-SO-04	SOPLADOR AIRLIDE 12	MOTOR	LS					Sellado	
			LT					Sellado	
MF-EC-04	ELEVADOR DE CANGILONES ENTRADA AL SILO DE CARGUE A GRANEL	CHUMACERA LADO SERVICIO	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		CHUMACERA LADO TRANSM.	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2
		MOTOR	LS						Sellado
			LT						Sellado
REDUCTOR	NIVEL						Aceite Mobil Gear...		
								Aceite Mobil Gear...	
MF-VE-06	VENTILADOR DEL FILTRO DE MANGAS 4	VENTILADOR	LS					Grasa Mobilux EP2	
			LT					Grasa Mobilux EP2	
		MOTOR	LS						Grasa Mobilux EP2
			LT						Grasa Mobilux EP2

V = BIEN

M = MEDIO

X = MAL

REALIZADO POR:.....

FECHA:.....

REVISADO POR:.....

FECHA:.....

Fuente: Autor

3.7 Desarrollo del Mantenimiento Predictivo en Hormicreto.

Su objetivo es pronosticar el punto futuro de falla de un componente o de un equipo, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Este mantenimiento permite que la Gerencia de la empresa tenga el control de los equipos y de los programas de mantenimiento de manera que la planificación sea más precisa.

El objetivo del paso cinco, es introducir tecnologías de Mantenimiento Predictivo, para esto es necesario seguir las etapas que se indica en la Fig. 3-9

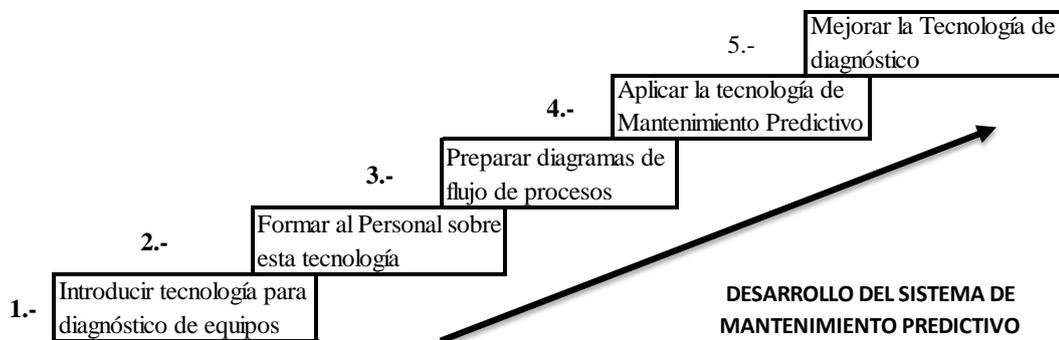


Fig.3- 8 Desarrollo del sistema de Mantenimiento Predictivo.

Fuente: (Fernando Harmsen, 2013)

3.7.1 Introducir tecnología para el diagnóstico de equipos.

Consiste en incluir una técnica predictiva a largo plazo, con el fin de monitorear los equipos, la Fig. 3.9 muestra las fases a seguir:

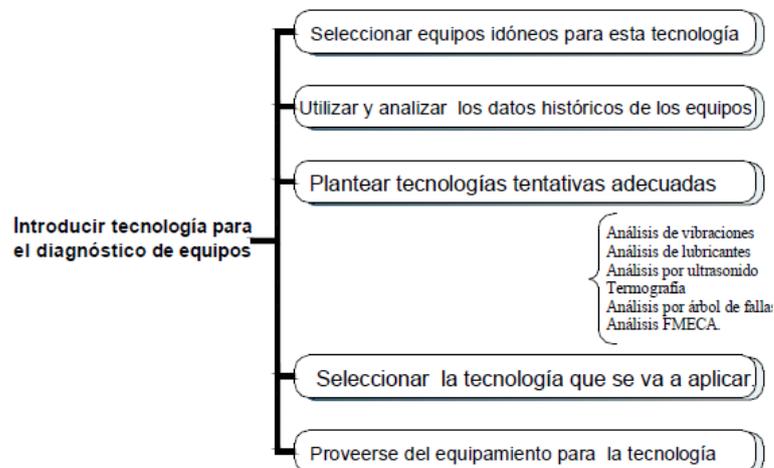


Fig.3- 9 Fases para introducir tecnología para diagnóstico de equipos

Fuente: (Fernando Harmsen, 2013)

3.7.2 Formar al personal, sobre tecnología para el diagnóstico de equipos

Se realiza un programa de formación continua para actualizar y mejorar el conocimiento del personal de mantenimiento. Este programa de formación comprende básicamente la tecnología para el diagnóstico de equipos.

3.7.3 Preparar diagramas de flujo de procesos del Mantenimiento Predictivo

En esta etapa se realiza el diagrama de flujo de procesos de la nueva tecnología adquirida, se debe seguir una serie de pasos que se indica en la Fig. 3.6.

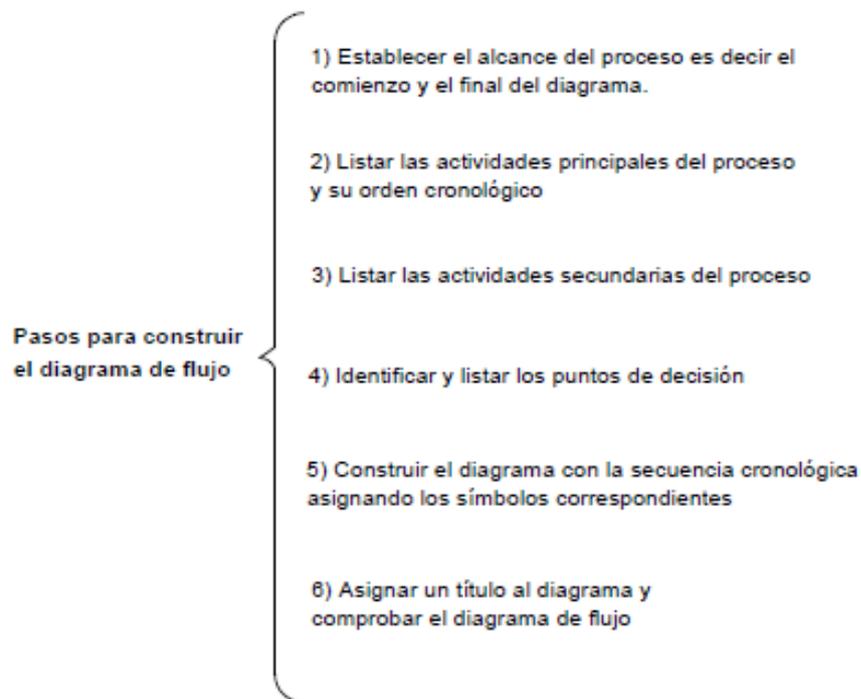


Fig.3- 10 Pasos para construir un diagrama de flujo.

Fuente: (Fernando Harmsen, 2013)

3.7.4 Aplicar la tecnología de Mantenimiento Predictivo

Se aplica la nueva tecnología en los equipos seleccionados con la utilización de los diagramas de flujo realizados anteriormente.

Para diagnosticar si una industria está o no apta para la ejecución de esta etapa del Mantenimiento Planificado, es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tecnología existente
- Solvencia económica
- Prioridades y necesidades

Como se explicó anteriormente esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Análisis de vibraciones
- Inspecciones infrarrojas
- Análisis de aceites
- Detección de ultrasonidos
- Análisis de motores eléctricos

3.8 Conclusiones del Capítulo 3

- La eliminación de fallos por parte de mantenimiento concentrándose en Lubricación, limpieza y ajuste es muy efectivo en el campo industrial ya que permite tener un monitoreo continuo de los equipos productivos y con esta retroalimentación programar actividades preventivas y predictivas para garantizar una disponibilidad de máquinas mayor y con ello menores costos por repuestos emergentes y en casos muy costosos.
- Por lo tanto es importante considerar que la productividad de la empresa aumentará cuando las averías en las máquinas disminuyan de una forma sustancial en el tiempo, por este motivo resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con el personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de averías como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.
- Se han mencionado varias de las técnicas de análisis utilizadas en la actualidad, entre las que se destaca el análisis de vibraciones mecánicas, termografía, etc., con esto podemos mejorar la disponibilidad y confiabilidad de equipos al tener un diagnóstico acertado, prolongando el tiempo de vida de las máquinas aumentando la producción y disminuyendo los costos de mantenimiento.

CAPITULO 4

4.- Desarrollar la metodología TPM como modelo de gestión de mantenimiento

4.1 Significado e Historia del TPM

La metodología se origina en Japón como un concepto innovador y fue definido originalmente por el JIPM (Instituto Japonés de mantenimiento de plantas), se originó por la necesidad de optimizar la gestión de mantenimiento para alcanzar la velocidad con la que se automatizaron y sofisticaron los procesos productivos, como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero averías” en todo el ciclo de vida del sistema productivo.

Se aplica a todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos.

El TPM es una técnica que promueve un trabajo en equipo donde están siempre unidos, según los mismos objetivos: el Hombre, la Máquina y la Empresa, es decir en la participación de todos los miembros de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. De esta manera, el trabajo de conservación de los medios de producción, pasa a ser preocupación y acción de todos, desde el directorio hasta el operador del proceso (o servicio). (Nakajima, 1994).

El TPM compromete la eficacia de la propia estructura orgánica de la empresa, por medio de mejoras a ser introducidas e incorporadas, tanto en las personas como en los equipos y abarca lo siguiente:

La maximización de la efectividad general de los equipos, el TPM está fuertemente basado en trabajo en equipo de pequeños grupos multifuncionales de colaboradores, típicamente compuestos de personal de Mantenimiento, Producción, Calidad e Ingeniería.

Por lo tanto la Gerencia es responsable de proveer recursos y crear un ambiente de trabajo propicio para el trabajo en equipo, estableciendo políticas y reglas claras, incluyendo prácticas de reconocimiento (no monetario) de las personas, es por este motivo que el TPM es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria ya que permite tener equipos de producción siempre listos, su metodología

establece las estrategias adecuadas para el aumento continuo de la productividad con miras a lograr afrontar el éxito y competitividad en el proceso de Internacionalización y Apertura de la Economía.

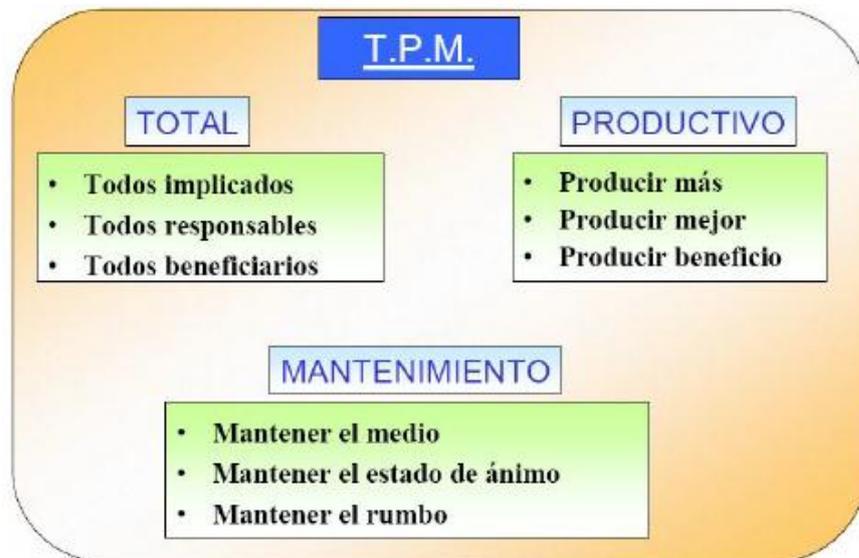


Fig.4- 1 Significado del TPM

Fuente: (NAKAJIMA, 1991)

4.2 Objetivos del TPM.

El TPM se caracteriza por los objetivos “cero”. Para que cualquier cosa tenga un valor cero, hay que impedir que ni tan siquiera ocurra una sola vez. Sencillamente, es demasiado tarde si se espera a que ocurra un problema para luego resolverlo.

- Cero averías
- Cero defectos
- Maximizar la eficacia global de la planta
- Desarrollar personas competentes en los equipos.
- Lugares agradables participativos y eficientes.

Tabla 4- 1 Objetivos del TPM

Objetivo	Medida	Meta
Reducir fallas en los equipos	xx/mes	menos de 10 fallas al mes
Relacionar fallos en los equipos	xxx cada hora	menos de 0,1% cada hora
Reducir frecuencia de fallos en equipos	0,x %	menos de 0,2%
Reducir tiempos de parada	Xx horas por mes	menos de 1/5
Aumentar la Eficiencia Global de los equipos y de los trabajadores	OEE	más del 85%
Aumentar la productividad	xx%	más del 50%
Reducir productos con defectos	0,x %	menos de 0,1%
Economizar la energía	Valor de referencia	menos de 70%
Reducir accidentes de trabajo	X al año	0 al año

Fuente: (Tabarez, 2013)

Por ello, el TPM pone mayor énfasis en la prevención la cual se fundamenta en los siguientes tres principios:

1. Mantenimiento de las condiciones normales o básicas de la instalación, impedir el deterioro de la máquina mediante un mantenimiento que maximice su vida útil y su disponibilidad.
2. Descubrimiento temprano de anomalías o causas de variabilidad, ya que modifican las condiciones operativas normales y afectan negativamente a los resultados económicos del proceso productivo, al incurrirse en mayores gastos.
3. Respuesta rápida. Ante la detección temprana de anomalías, la empresa debe disponer de una estructura competente, ágil y flexible que reaccione rápidamente y elimine las incómodas causas de variabilidad, antes de que se produzcan las averías.

De acuerdo con informes divulgadas por el JIPM - "Japan Institute of Plant Maintenance" (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta), con la aplicación del TPM se puede obtener los siguientes efectos tangibles:

- Mejora de la productividad por valor agregado - de 1,5 a 2 veces;
- Reducción de la proporción de defectos en proceso - 10%;
- Reducción en la proporción de reclamos de los clientes - 25%;
- Reducción de los costos de producción - 30%;

- Reducción del almacenamiento de productos - 50%
- Obtención del cero accidente en el lugar de trabajo y cero contaminaciones. (NAKAJIMA, 1991).

Y los siguientes efectos intangibles, principalmente en el factor humano:

- Control totalmente autónomo de los equipos "a mi equipo lo cuido yo";
- Desarrollo del "sentido de responsabilidad", a través de la aplicación de las "5S";
- Construcción de un ambiente de trabajo salubre, pues el mismo se torna limpio, sin residuos de lubricantes o suciedades (sentido de limpieza y sentido de aseo de las "5S")
- Proporcionar la imagen de una buena empresa para los visitantes, que se asociará a nuevos pedidos para el sector de ventas. (Tabarez, 2013)

4.3 Conceptos

El TPM surgió como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos productivos, para hacer factible la producción “Just in time”, la cual tiene como objetivos principales la eliminación sistemática de desperdicios.

4.3.1 Las seis grandes Pérdidas

Aumentar la eficiencia del equipo y mantenerlo en óptimas condiciones es una de las metas fundamentales del TPM, para lograrlo es necesario aproximarse a cero defectos y cero averías que se consigue eliminando las seis grandes pérdidas que limitan la eficiencia del equipo:



Fig.4- 2 Resumen de las 6 grandes pérdidas.

Fuente: (López, 2009)

El esquema general de la filosofía TPM se representa a través de la construcción de un templo, Fig. 4-1, para mostrar de una forma sencilla y fácil, los elementos principales a la hora de su implantación.

De la figura se interpreta que la base de esta filosofía son “las 5 S’s”, que reciben el este nombre de las cinco palabras japonesas:

1. Seiso.- Limpieza
2. Seiton.- Orden
3. Seiri.- Organización, clasificación
4. Seiketsu.- Estandarización
5. Shitsuke.- Disciplina

Sobre esta base y sustentando el TPM, los ocho pilares:

1. Pilar de Mantenimiento Autónomo
2. Pilar de Mantenimiento Efectivo
3. Pilar de Mantenimiento de Calidad
4. Pilar de Mejoras Enfocadas
5. Pilar de Gestión Temprana de Equipos
6. Pilar de Seguridad Laboral y Medio Ambiente
7. Pilar de Formación y Desarrollo
8. Pilar de TPM en Administración.



Fig.4- 3 Símil del Templo

Fuente: (NAKAJIMA, 1991)

4.3.2 Los Ocho Pilares del TPM

Un Pilar o proceso fundamental es un conjunto de acciones, que tiene un propósito específico en el progreso de una empresa, cada uno de los pilares tiene una función determinada, lideradas por responsables de las diferentes áreas e involucrando a todos los empleados. Además existe una conexión de realización entre los pilares que tienen los siguientes efectos escalonados:

- Eliminar las 6 grandes pérdidas
- Prevenir que vuelvan a aparecer
- Transformar radicalmente el sistema productivo
- Lograr el desarrollo de las personas
- Conseguir la transformación de la empresa.

4.3.2.1 Pilar de Mantenimiento Autónomo

El Mantenimiento Autónomo es básicamente la prevención del deterioro en los equipos y componentes por parte de los operarios de producción, que es realizada diariamente en los equipos que operan.

Estas actividades se rigen por estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios de producción y mantenimiento, que deben ser capacitados de manera que tengan los conocimientos necesarios para operar correctamente los equipos.

El Mantenimiento Autónomo Incluye:

- Limpieza diaria, como un proceso de inspección.
- Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- Pequeños ajustes
- Formación-Capacitación técnica para todos los operarios
- Reporte de fallas que no puedan repararse cuando se detecten

4.3.2.2 Pilar de Mantenimiento Efectivo

Este pilar tiene como principal objetivo mejorar la eficiencia de aquellas actividades de mantenimiento que no están englobadas en el mantenimiento Autónomo.

Este objetivo se traduce principalmente en la reducción de las 6 grandes pérdidas que existen en una línea de producción:

1. Fallas en los equipos principales
2. Cambios y ajustes no programados
3. Ocio y paradas menores
4. Reducción de Velocidad
5. Defectos en el proceso
6. Pérdidas de Arranque

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

1. Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
2. Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
3. Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

Los resultados que se consigan en la reducción de estas 6 grandes pérdidas se verán reflejados en términos económicos.

4.3.2.3 Pilar de Mantenimiento de Calidad

Este pilar es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante, es así que este pilar tiene como objetivo, facilitar la operación de los equipos donde se generen defectos de calidad mediante la prevención, lo que certifica que la máquina cumpla las condiciones para lograr cero defectos en el producto.

Este pilar se ocupa de asegurar la calidad en el producto acabado antes de que llegue a manos del consumidor. Para esto, puede apoyarse en la aplicación de la Norma ISO 9001-2008.

4.3.2.4 Pilar de Mejoras Enfocadas

Este pilar hace referencia a mejorar la eficiencia de los equipos aumentando la capacidad productiva del mismo. No busca la solución a un problema importante y/o repetitivo, como en el caso de la Gestión Temprana; sino que brota de la necesidad de mejorar un proceso, operación u otros.

Los puntos clave de este pilar son:

1. Abandonar las actividades organizadas de manera funcional y pasar a una gestión basada en procesos.
2. Tener un mayor entendimiento de la estructura de pérdidas. Para ello se puede realizar un árbol de pérdidas en el que se analiza cuáles son las principales pérdidas de una línea.

Cada pérdida se identifica por un KPI (Key Performance Indicator) o Indicador Clave de Rendimientos. De todas las pérdidas se trata de atacar a las 3 primeras, siguiendo la LEY DE PARETO: “Atacando el 20% de las causas podremos eliminar el 80% de nuestras pérdidas.

4.3.2.5 Pilar de Gestión Temprana de Equipos

En este pilar buscamos reducir los tiempos innecesarios para que el equipo sea completamente fiable desde el primer momento.

Los puntos clave de este pilar son:

- Implementación de un sistema de revisión de proyectos. Los líderes de este pilar tienen que tener conocimiento de las mejoras que se han hecho con

anterioridad y sus posibles aplicaciones a problemas que se presentan en la actualidad.

- Sistematizar el conocimiento de estas mejoras. Para esto se deberá crear una base de datos que contenga: el diseño de mejoras posibles y factibles a corto plazo; y los problemas persistentes en el equipo.
- Integración entre los departamentos de diseño, producción e ingeniería. Los líderes en este pilar serán los encargados de controlar las fechas de inicio y fin de las tareas propias de estos proyectos, así como del avance y seguimiento de las mismas.

4.3.2.6 Pilar de Seguridad Laboral y Medio ambiente.

Todas las actividades relacionadas a proyectos de ingeniería e intervenciones de montaje y mantenimiento, están siempre expuestas a grandes y pequeños riesgos de accidentes, por lo tanto la mayoría de los accidentes se debe a una gestión deficiente en relación a la prevención.

Este pilar desarrolla una gestión segura de los riesgos que evita la pérdida de vidas y de otros daños económicos, el adoptar una conducta de prevención es la nueva cultura del TPM.

Los principales objetivos de este pilar son:

- Cero Accidentes: Reducir el riesgo de accidentes en el entorno laboral e implementar las medidas necesarias, para que en el caso de que ocurran, las consecuencias sean lo más leves posibles.
- Crear y fomentar un entorno de trabajo más agradable, reduciendo en lo posible, los riesgos laborales.
- Reducción del impacto medioambiental, mediante el control de: segregación de residuos, gestión de los recursos de agua, tanto potable, como aquella eventualmente necesaria en los procesos, consumo de recursos energéticos, emisiones a la atmósfera.

4.3.2.7 Pilar de Formación y Desarrollo

El principal objetivo de este pilar es mejorar la pericia de los operarios y mecánicos en la operación y el mantenimiento de los equipos, con el fin de obtener mayores rendimientos. La formación debe estar centrada en eliminar las mayores pérdidas que

estén directamente relacionadas con el desconocimiento de las tareas propias del puesto de trabajo.

Los puntos claves de la formación son:

1. Entrenamiento en la conducta, para aquellas tareas que sean “suaves”, es decir, que no requieran conocimientos técnicos y/o mecánicos elevados
2. Formación técnica, para aquellas tareas que sí precisen de la misma.

La utilización de este modelo es necesario aplicar en situaciones concretas de la empresa, el aprendizaje adquirido por cada operario sobre los temas que se han concretado anteriormente, a través de la gestión diaria del TPM.

El supervisor evalúa a los operarios si han estudiado el tema, resuelve dudas y asigna un trabajo concreto en donde el operario debe practicar el conocimiento adquirido. La validez de la formación tradicional para el TPM, se concreta con una reunión con los operarios y se realiza una conferencia sobre los temas.

Entrenamiento en el puesto de trabajo.

Después de la adquisición del conocimiento teórico por parte de los trabajadores, se procede a la aplicación en situaciones concretas de la empresa. El conocimiento de las operaciones y el desarrollo de habilidades debe ser el propósito de un sistema de educación para el TPM. El líder o supervisor es la imagen más importante

4.3.2.8 Pilar de TPM en Administración

Este pilar está dirigido a las áreas administrativas, ya que estas influyen directamente en el costo del producto en las etapas del diseño y desarrollo del sistema de producción, para evitar pérdidas de información, coordinación en las actividades respectivas, orden y entrega de materia prima entre otros factores importantes. Para lograr estos objetivos se utilizan técnicas o estrategias utilizadas en el mantenimiento autónomo por ejemplo las 5 S's.

Además este pilar tiene como objetivo el incremento de la eficiencia en el área de administración mediante la revisión de los sistemas, material y flujo de productos administrativos para reducir los tiempos muertos y los stocks.

Los puntos clave son:

- Uso del mantenimiento autónomo paso a paso
- Uso de proyectos de mejoras enfocadas.

4.3.3 Las Cinco Eses en TPM

De la Fig. 4-1 observamos que la base representa las 5 ideas que constituyen los cimientos de TPM, las 5 S's. Estas "eses" tienen su origen en 5 palabras japonesas:

6. Seiso.- Limpieza
7. Seiton.- Orden
8. Seiri.- Organización, clasificación
9. Seiketsu.- Estandarización
10. Shitsuke.- Disciplina

En realidad, cuando nos referimos a limpieza, no sólo es a la limpieza de las zonas de trabajo, sino también a la limpieza de los procedimientos a seguir, tanto los realizados en planta, pertenecientes al proceso productivo, como a aquellos procesos administrativos y de gestión necesarios para que la empresa funcione.

En general esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. 5 S's simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

Al poner en práctica las 5 S's mejoran los niveles de calidad, los plazos de fabricación y los costes, de tal forma que:

- El tiempo de preparación se reduce al disponer por anticipado los materiales y elementos necesarios. Ahorrándonos el tiempo que se pierde buscando los elementos necesarios.
- En una fábrica limpia los defectos y problemas se pondrán de manifiesto antes y esto creará sentimientos de orgullo en los trabajadores, motivándolos para que se reduzcan los defectos y evitando materiales o productos defectuosos, plazos de fabricación incumplidos y zonas desordenadas.
- Aumentar la seguridad: Las cargas incorrectamente apiladas, el aceite en el suelo, etc., pueden causar lesiones a los trabajadores y quizás también a los productos, lo que aumentará los costes y retrasará las entregas
- Las 5 S's., cultivan además las buenas relaciones humanas en la empresa y elevan la moral. Las fábricas limpias y ordenadas ganan la confianza de los clientes, los proveedores y los visitantes en general.

Tabla 4- 2 Resumen de las 5 S 's.

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

Fuente: (López, 2009)

4.3.4 Implementar 5S's como punto de partida de TPM

Una vez determinados los desperdicios que causan tiempos muertos en las diferentes máquinas de la línea de producción, y debido a la forma de distribución de la planta, se recomienda utilizar la metodología 5S, como herramienta para disminuir y controlar estos desperdicios.

Una vez realizado esto se deberá seguir el siguiente cronograma tentativo que sugiere 6 meses para su implementación considerando el estado actual y tamaño de la Línea de Producción que estamos mejorando, de la siguiente manera:

Tabla 4- 3 Cronograma para implementar 5S's

MODELO TPM HORMICRETO CIA. LTDA																											
		CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTACIÓN 5S's												Código:		150902-HTP-002											
		LINEA DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO												Fecha:		02/09/2016											
FORMACIÓN Y DESARROLLO										Revisión:		2															
X					X										X												
ELABORADO POR:					REVISADO POR										APROBADO POR												
GENERALISTA RECURSOS HUMANOS					GERENTE TÉCNICO PLANTA										DIRECTOR DE RECURSOS HUMANOS												
ACTIVIDAD		RESPONSABLES		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
1	Estructura Organizacional	Facilitadores de 5S's		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2	Lanzamiento del Programa	LÍDER 5S's Facilitadores Líderes Área																									
3	Seleccionar	Coordinad. de Área Líderes Área																									
4	Ordenar	Coordinad. de Área Líderes Área																									
5	Limpiar	Coordinad. de Área Líderes Área																									
6	Estandarizar	Coordinad. de Área Líderes Área																									
7	Disciplina	Coordinad. de Área Líderes Área																									
8	Auditorías y análisis de beneficios	LÍDER 5S's Facilitadores Líderes Área																									
9	Elaboración de informe Final	Facilitadores de 5S's																									

Fuente: Autor

4.3.4.1 Estructura Organizacional 5S's

Una estructura organizacional con las responsabilidades de cada actor se presenta en la siguiente Figura:

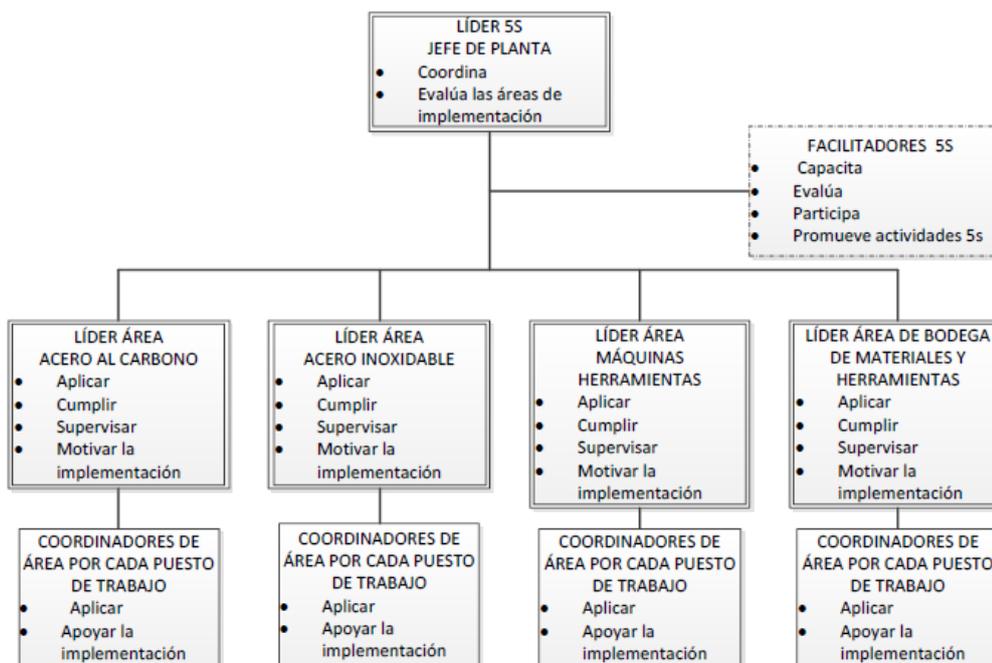


Fig.4- 4 Modelo de organigrama funcional con roles para implementar 5S's

Fuente: (Concha & Barahona, 2013)

4.3.4.2 Lanzamiento del Programa y Capacitación

Un punto fundamental es dar a conocer la metodología y que todo el personal de la empresa y personas ajenas a ella puedan identificar claramente en qué consiste y lo que significa.



Fig.4- 5 Pancarta de Publicación de lanzamiento 5S's

Fuente: (Concha & Barahona, 2013)

4.3.4.3 Seleccionar, Organizar o Clasificar (SEIRI)

Es el primer pilar de las 5s, que ayudará a tener buenos criterios de clasificar lo necesario, para mantener un ambiente despejado y seguro, dando importancia a la necesidad de tener un puesto de trabajo libre de desperdicios.

Con la aplicación de las tarjetas rojas el Seleccionar, se convierte en un seleccionar visible, destacan y resaltan que el sitio de trabajo existe algo innecesario que son de difícil movilización o que no se puedan reubicar en ese instante.

La Fig.4-6 muestra un ejemplo de una tarjeta roja que puede aplicarse.

TARJETA ROJA	
N°	
Fecha:	/ /
Elemento:	
Descripción:	
Cantidad:	
Ubicación:	
Destino:	
Grupo:	

Fig.4- 6 Modelo de Tarjeta Roja para seleccionar

Fuente: (Concha & Barahona, 2013)



Fig.4- 7 Modelo de Tarjeta Roja en aplicación

Fuente: (Concha & Barahona, 2013)

4.3.4.4 Ordenar (SEITON)

En segundo pilar determinaremos un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. En esta parte de la implementación se procederá a la ampliación del área de recepción de materias primas adaptando criterios de distribución para darle un orden técnico y lógico a las cosas y demostrar que se pueden combinar diferentes técnicas de organización, dentro de cada área de trabajo para esto realizaremos la planificación para su posterior implementación y evaluación.



Fig.4- 8 Cartel informativo de Estandarización TUGALT- Graitman

Fuente: Autor

4.3.4.5 Limpieza, Limpiar (SEISO)

Lo que se desea conseguir con la limpieza es un acto de conciencia de los trabajadores hacia su entorno laboral agradable, queriendo llegar al hábito y que se lo realice de forma planificada.

El tercer pilar de las 5S nos ayuda a mantener el área de trabajo limpia. El mantener un lugar limpio, libre de impurezas brinda un ambiente seguro y en óptimas condiciones,

con gente más comprometida con su trabajo y entusiasta en cuanto a las actividades que realiza.



Fig.4- 9 Modelo de Tarjeta Roja en aplicación

Fuente: Autor

Tabla 4- 4 Check List de Limpieza en aplicación

CRITERIOS PARA EVALUACIÓN "5S" EN PLANTAS INDUSTRIALES					
LIMPIAR	1	2	3	4	5
PISOS	Permanentemente con polvo, papeles, trapos, chatarra y restos de basura.	Con polvo y chatarra permanentemente.	Con polvo se ensucian por más que son barridos.	Están limpios al finalizar la jornada.	Están limpios en forma permanente.
TECHOS, PAREDES Y VENTANAS	Techos y paredes deterioraos totalmente, con manchas y sucios. Ventanas con vidrios rotos o remendados y sin lugar específico de materiales de limpieza	Techos y paredes deteriorados. Ventanas con vidrios sucios sin lugar específico de materiales de limpieza	Techos y paredes limpios, sin pintura. Ventanas con vidrios con polvo. Lugares de limpieza definidos pero no se encuentran obstruidos	Techos y paredes limpias y pintadas, con polvillo y tela de arañas. Ventanas con vidrios y algo de polvillo lugares de materiales de limpieza definidos y accesibles a ellos	Techos y paredes limpias y pintadas. Ventanas con vidrios limpios. Lugares de materiales de limpieza definidos y accesibles a ellos
ARMARIOS ESTANTERÍAS, MESAS Y HERRAMIENTAS	Deteriorados con oxido, sin pintura, no se limpia nunca.	Deteriorados con óxido, sin pintura, se limpian poco. Algunas herramientas en buenas condiciones de uso	Pintados la limpieza se hace semanalmente. Herramientas en un 50% en buenas condiciones de uso.	Pintados, la limpieza se hace al finalizar la jornada. Herramientas en un 90% en buenas condiciones de uso.	Pintados, la limpieza se hace al finalizar la tarea. Herramientas en un 100% en buenas condiciones de uso.
MÁQUINAS Y EQUIPOS	Sucias, con oxido y aceite. Se limpian esporádicamente.	Sucias con aceite y sin óxido. Se limpian una vez al mes	Limpios en 50%; el resto con aceite. Existen rutinas de limpieza	Limpios un 90% el resto con algo de aceite. La rutina de limpieza se cumple en un 80%	Todo está limpio la rutina de limpieza se cumple totalmente

Fuente: (DORBESSAN, 2000)

4.3.4.6 Estandarizar (SEIKETSU)

El estandarizar pretende mantener el estado alcanzado con la aplicación de las 3 primeras S, mediante la aplicación continua de estas. En esta etapa se puede utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas que puedan ser vistas por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que deberían permanecer; otra herramienta es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con su área de trabajo.



Fig.4- 10 Carteles informativos 5S

Fuente: (Concha & Barahona, 2013)

TUGALT		HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO FORMADORA 5		Código	TP 751-0366		
				Fecha	2016-09-27		
				Revisión	1		
HOJA DE ELEMENTOS DE TRABAJO							
Realizado por: <i>[Firma]</i> Coordinador de Producción		Revisado y aprobado por: <i>[Firma]</i> Jefe de Producción					
				<i>[Firma]</i> Jefe de Seguridad			
ÁREA: FORMADORA 5	Simbolos	Inspección de calidad	Control de calidad	Seguridad	Inventario en proceso		
ACTIVIDAD: EMPAQUETAR							
				Código	FSA4		
				# OPERARIOS	4		
				TUJOS	2		
Imagen	Simbolos	Paso #	Paso Principal (Qué)	Punto Importante (Cómo)	Tiempo	Detalles	Documentos
		1	Colocar zunchos	Utilizar Enzunchadoras Neumáticas y zunchos adecuado	3 min	Verificar hoja de "CANTIDAD DE TUBOS POR PAQUETE" F5-4DE	TD-SSO-015-Formado de tubos. Precaución y Obligación específica para esa actividad.
		2	Colocar sogas y subir a mesas de empaquetado	Utilizar Tacle con Controles de "Derecha", "Izquierda", "subir" y "Bajar"	0.8 min		TD-SSO-015-Formado de tubos. Precaución y Obligación específica para esa actividad.
		3	Colocar plástico y cinta	Utilizar Rollo Plástico Stress	1.5 min		
		4	subir a carro de paquetes	Utilizar Tacle con Controles de "Derecha", "Izquierda", "subir" y "Bajar"	1 min		TD-SSO-015-Formado de tubos. Precaución y Obligación específica para esa actividad.
		Tiempo de Trabajar (min)	6.3				

Fig.4- 11 Cartel informativo de Estandarización TUGALT- Graiman

Fuente: Autor

4.3.4.7 Disciplina (SHITSUKE)

La disciplina es un canal entre las 5S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, auditorías sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás y una mejor calidad de vida laboral.

Este pilar evita a toda costa que se rompa los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la auto disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos adoptados, se podrá disfrutar de los beneficios que estos brindan, En muchos lugares de trabajo la palabra disciplina lleva con ella la connotación negativa de llamadas de atención por algún error.

En el contexto de las 5S, disciplina tiene un significado diferente; quiere decir, hacer un hábito las tareas que implican toda la metodología, para ir mejorando y cambiando la cultura de las personas.

Evaluación de la quinta S. Llegado a este quinto pilar evaluamos lo logrado hasta este punto en el que, el compromiso del personal se vuelve cada vez más autónomo.

Tabla 4- 5 Ítems de evaluación 5S

EVALUACIÓN "5S" EN PLANTA INDUSTRIAL					
N°	Realizó:				
Grupo:	Lider:	Fecha:			
Ítem a evaluar	Valores asignados				
	1	2	3	4	5
SELECCIONAR					
1. ¿Existe objetos innecesarios, chatarra y basura en el piso?					
2. ¿Existen equipos, herramientas y materiales innecesarios?					
3. ¿En armarios y estanterías hay cosas innecesarias?					
4. ¿Existen cables, Mangueras y objetos en áreas de circulación?					
PUNTAJE TOTAL					
ORDENAR					
1. ¿Cómo es la ubicación/devolución de herra., materiales y equipos?					
2. ¿Los armarios, equip., herra., materiales, etc. están identificados?					
3. ¿Hay objetos sobre y debajo de armarios y equipos?					
4. ¿Ubicación de máquinas y lugares?					
PUNTAJE TOTAL					
LIMPIAR					
1. ¿Grado de limpieza de los pisos?					
2. ¿El estado de paredes, techos y ventanas? Material de limpieza presente					
3. ¿Limpieza de armarios, estanterías, herramientas y mesas?					
4. ¿Limpieza de máquinas y equipos?					
PUNTAJE TOTAL					
ESTANDARIZAR					
1. ¿Se aplican las 3 primeras "S"?					
2. ¿Cómo es el hábitad de la planta?					
3. ¿Se hacen mejoras?					
4. ¿Se aplica el CONTROL VISUAL?					
PUNTAJE TOTAL					
DISCIPLINA					
1. ¿Se aplican las cuatro primeras "S"?					
2. ¿Se cumplen las normas de la empresa y del grupo?					
3. ¿Se usa uniforme de trabajo?					
4. ¿Se cumple con la programación de las acciones "5S"?					
PUNTAJE TOTAL					

Observaciones: _____

Fuente: (DORBESSAN, 2000)

4.4 Etapas de Implantación del TPM

Una estimación media en la fase preparatoria del TPM sería de 3 a 6 meses y de 2 a 3 años para el inicio de la etapa de consolidación.

A continuación se presenta una serie de 12 pasos necesarios para la implementación de la siguiente manera: (Tabarez, 2013)

Tabla 4- 6 Etapas para la implementación de TPM

ETAPAS	PASOS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1. Decisión de la dirección de aplicar el TPM en la organización.	Comité de dirección
	2. Campaña de información técnica o educativa.	Seminarios y presentaciones.
	3. Estructura de promoción TPM.	Grupos de Trabajo y comisiones de líderes
	4. Establecer políticas y objetivos del TPM.	Diagnostico y análisis de condiciones actuales.
	5. Plan maestro y desarrollo del mismo.	Plan de implementación.
IMPLEMENTACIÓN PRELIMINAR	6. Lanzamiento del TPM.	Programación de evento de difusión del lanzamiento del TPM.
IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	7. Mejora de la efectividad de los equipos.	Selección y mejoramiento de equipos.
	8. Desarrollo del programa de mantenimiento autónomo.	Desarrollo de los pasos del Mantenimiento Autónomo.
	9. Plan y programación del mantenimiento.	Desarrollo del sistema dedicado al mantenimiento.
	10. Mejorar las habilidades de operaciones y mantenimiento.	Entrenamiento en técnicas de detección y acción correctiva.
	11. Desarrollo del programa de gerencia.	Diseño de mantenimiento productivo. Análisis del costo de vida.
ESTABILIZACIÓN	12. Implementación perfecta y aumento de niveles del TPM.	Evaluar el costo del mantenimiento productivo y establecer objetivos mayores.

Fuente: (Tabarez, 2013)

4.4.1 1ª Etapa - Compromiso de la alta gerencia (*Etapa inicial*)

Como en todo proceso de implementación es necesario y relevante que se tenga el apoyo de la alta dirección puesto que, tiene que estar comprometida y no solamente involucrada, y este compromiso debe ser divulgado.

La información sobre esta implementación debe ser estudiada pues debe ser brindada a todos los funcionarios, indicando las intenciones y expectativas con relación a los objetivos que se pretende obtener con la implementación del TPM.

Tabla 4- 7 Actividades Macro e informe a la Gerencia sobre TPM

MODELO TPM HORMICRETO CIA. LTDA				
	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES			Código: 150902-HTP-5
	INFORME A LA GERENCIA			Fecha: 02/09/2016
	LINEA DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO			Revisión: 2
	ETAPA	PASO	ACTIVIDADES A REALIZAR	
FASE 1	1	Estudio de TPM	Lectura de Documentos	
			Investigación en la Web	
			Visitas a empresas con TPM	
			Capacitación de Mantenimiento Autónomo	
			Generalidades del TPM	
	2	Implementación TPM Equipos Pilotos	Desarrollo del proyecto piloto	
PREPARACION	3	Presentación del TPM a la gerencia	Creación del anteproyecto	
			Revisión por parte del Equipo de Mantenimiento	
			Revisión Final y Ajuste	
			Entrega del Proyecto a Gerencia	
			Capacitación de Directivos de todas las áreas	
Ing. Jefe de Calidad		Ing.		
AUDITOR 1		CONSULTOR EXTERNO		

Fuente: Autor

Los informes de la dirección superior, sobre la decisión de implantación, deben ser comunicados durante reuniones, tanto del directorio como de las gerencias y divulgados por escrito a través de avisos.

En grandes organizaciones, es recomendable seleccionar sectores (equipos pilotos) para el desarrollo del TPM y ganar la experiencia necesaria para extender a toda la organización

Para cumplir esta primera etapa, la decisión debe ser formalmente divulgada a través de documentos que circulen en toda la empresa y sean de conocimiento de TODOS los empleados.

Además de eso, el directorio debe estar consciente y seguro de cumplir las siguientes directrices, para obtener el éxito de esta etapa de implantación y verificar lo siguiente:

- Nivel de comprensión de los colaboradores, a través de visitas a las áreas.
- Divulgación de los conceptos del TPM sean de forma correcta.
- Aspectos relacionados a la planificación y ejecución.
- Resultados presentados evitando extrapolaciones y conclusiones apresuradas;
- Ofrecimiento de apoyo a los problemas de los grupos si en caso existieran.
- Actitudes positivas en todos los colaboradores.
- Que se hable abiertamente y francamente sobre los problemas, siempre con postura positiva, tratando de motivar el grupo en la búsqueda de soluciones.
- Elogiar e incentivar por áreas el esfuerzo del trabajo realizado
- Que la críticas moderadamente y, siempre, para incentivar el trabajo.

(Tabarez, 2013)

4.4.2 2ª Etapa - Campaña de difusión del método

La meta del TPM, es la reestructuración de la cultura empresarial, a través del perfeccionamiento, tanto de los recursos humanos como de los equipos y de las instalaciones.

Por este motivo se deberá elaborar un programa de educación introductoria a todos los gerentes, supervisores y facilitadores en cursos y conferencias específicas, para que comprendan plenamente la metodología a través del establecimiento de un lenguaje común, orientado a sus propósitos. Los demás empleados, deberán ser capacitados a través de explicaciones de sus supervisores tras haber recibido capacitación.

El TPM no funciona cuando se trata de colocarlo inmediatamente después de la decisión superior. Su implantación demanda la adecuada capacitación y educación previa.

No solamente el personal de las áreas de proceso deberá ser capacitado, sino que todos, incluyendo las áreas de: desarrollo, compras, financiera, relaciones humanas, asuntos generales etc., para poder cooperar y participar de las actividades pertinentes.

Además de eso, se recomienda una campaña con carteles y otros medios de divulgación.



Fig.4- 12 Curso “Filosofía de TPM”

Fuente: Autor

Tabla 4- 8 Temas para capacitación de TPM

MODELO TPM HORMICRETO CIA. LTDA					
	CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN			Código:	150902-HTP-4
	LINEA DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO			Fecha:	02/09/2016
	SECCIÓN MATERIA PRIMA Y TRITURACIÓN			Revisión:	2
					
CAP	TEMAS	Fecha			Horas
1	Plan Piloto de TPM	Mes 1			2
	Cronograma de Actividades				1
	Equipo de Trabajo				1
	Pilares de TPM				2
	Proceso Inicial de mantenimiento autónomo				2
2	Las cinco eses y sus herramientas				2
	Mantenimiento Autónomo: Limpieza Inicial				1
	Mantenimiento Autónomo: Fuentes de contaminación	Mes 1			1
	Mantenimiento Autónomo: Estándares de Limpieza y Lubricación				1
3	Las 5 eses: Clasificar				1
	Las 5 eses: Organizar				1
	Las 5 eses: Limpiar	Mes 1			1
	Las 5 eses: Estandarizar				1
	Las 5 eses: Disciplina				1
4	Seguimiento 5 S's	Mes 1			2
	Implementación de Lección de un punto	Mes 2			2
5	Mantenimiento Autónomo: Limpieza Inicial	Mes 2			2
Ing. Jefe de Calidad		Ing. LÍDER DE TPM			
AUDITOR 1		Gerente de Mantenimiento			

Fuente: Autor

Tabla 4- 9 Acta de Grupo de TPM

MODELO TPM HORMICRETO CIA. LTDA					
	ACTA DE CONSTITUCIÓN DE GRUPO TPM			Código: 150902-HTP-002	
	LINEA DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO			Fecha: 02/09/2016	
	SECCIÓN MATERIA PRIMA Y TRITURACIÓN			Revisión: 2	
NOMBRE DEL GRUPO		"LÍDERES EN PRODUCCIÓN "	FRECUENCIA DE REUNIONES		
FECHA DE CREACIÓN		24/01/2017	01 mensual		
		NOMBRE Y APELLIDO	ÁREA	CÉDULA	FIRMA
1	LÍDER EQUIPO				
	MEJORA				
2	MIEMBROS				
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18	COORDINADOR				
19					
Ing. LÍDER DE TPM Gerente de Mantenimiento			Ing. LÍDER DE LEAN Gerente de Producción		

Fuente: Autor

4.4.3 3ª Etapa - Definición del Comité de Coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.

En esta etapa, se establece el Comité de Coordinación de Implantación (de preferencia jefes de departamentos) que, a su vez, nombrarán sus equipos de trabajo en cada área.

Una de las características del TPM, son las actividades desarrolladas por los grupos de trabajo que actúan mutuamente y son liderados, en las respectivas etapas, por personal que se destacan en las funciones de supervisión.

Como es normal, que el TPM demore entre 3 y 5 años para que funcione efectivamente, se debe designar para los comités permanentes, personal que asuman a tiempo completo, las responsabilidades de promoción de sus actividades.

El éxito del TPM depende además de la selección del jefe del comité y de los encargados de la implantación. Éstos deben ser seleccionados en el ámbito de las personas más idóneas para desarrollar esas funciones. (Tabarez, 2013)

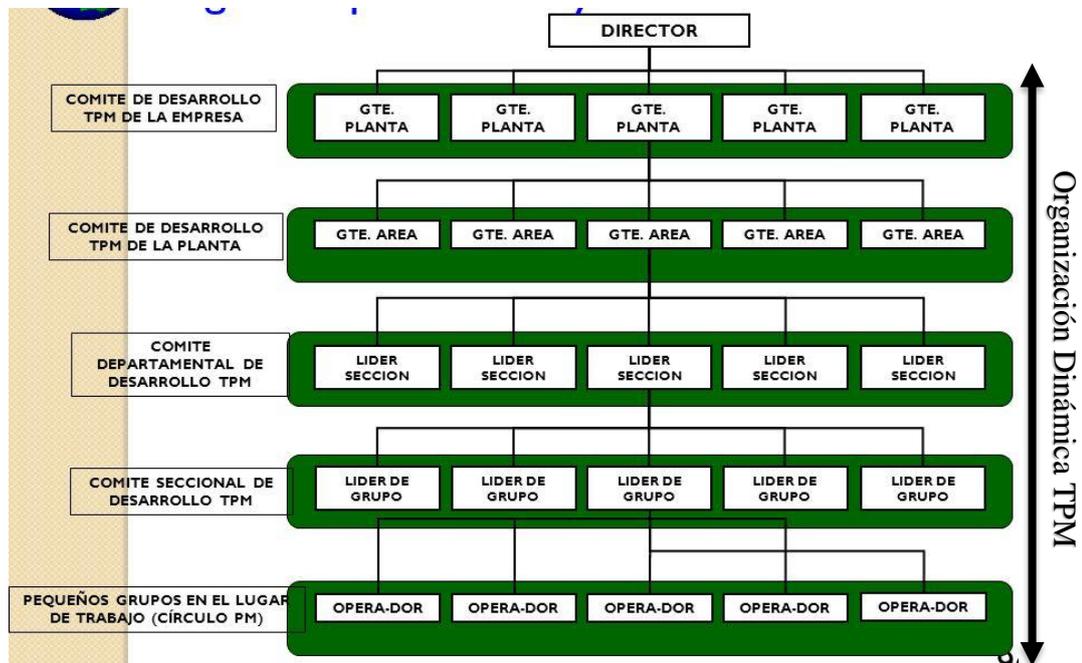
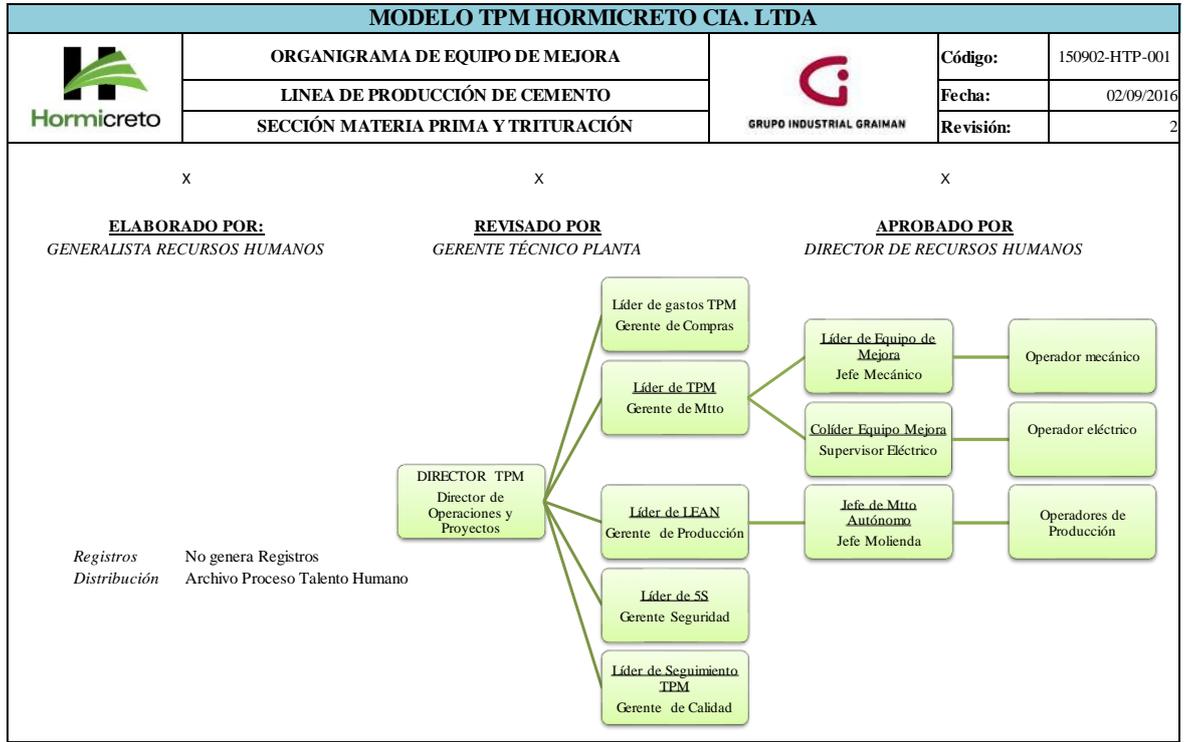


Fig.4- 13 Desarrollo Organizacional para TPM.

Fuente: (López, 2009)

Aplicado a la empresa Hormicrete se puede adoptar el siguiente modelo para la implementación, el que deberá ser difundido y dado a conocer en toda la sección a implementar TPM.

Tabla 4- 10 Ejemplo de Modelo Organizacional para TPM en Hormicrete Cía. Ltda.



Fuente: Autor

En este caso el factor humano debe ser imprescindible para la implementación del TPM, a continuación se muestra una tabla donde se puede observar los cambios de roles de los empleados que son necesarios para no tener barreras al momento de la implementación.

Tabla 4- 11 Cambio de roles en el equipo de implementación TPM.

Rol Tradicional	Responsabilidades Tradicionales	Rol TPM	Responsabilidades TPM
Operario	<ul style="list-style-type: none"> • Decirle que tiene que hacer. • Nunca preguntarle por ideas u opiniones. • Usan brazos y piernas pero no el cerebro. • No siente conexión con el trabajo, clientes ni con la empresa. 	Propietario/Operario	<ul style="list-style-type: none"> • Sentir empoderamiento para ser parte del negocio. • Visitar y hablar con el cliente. • Capacitado para llevar a cabo la rutina diaria de prevención en las tareas de mantenimiento. • Menos reparaciones. • Contribuir a resolver los problemas.
Oficial de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Fijar los equipos como si estos se rompieran, por que nunca ha tenido tiempo de hacer las cosas bien. • Está física y emocionalmente separado de la compañía, producción y clientes. • Ha desarrollado mentalidad de "apagador de incendios". 	Técnico de Mantenimiento preventivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenar a todos los operadores , con rutinas diarias de tareas para mantenimiento • Pensar en mantenimiento preventivo. • Llevar a cabo un horario con tareas de inspección del mantenimiento preventivo. • Ayudar a diagnosticar, desarrollar e implementar estrategias del mantenimiento preventivo.
Industrial/ Ingeniero de Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable por el diseño de los equipos y la selección de proveedores. • Trabajar a través de talleres con los supervisores cuando existen problemas con los equipos. 	Industrial/ Ingeniero de Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Educar a los proveedores de los equipos sobre requerimientos de documentación y mantenimiento. • Trabajar con los propietarios de las maquinas y los supervisores para resolver los problemas. • Corrige y mejora el equipo actual.
Gerente	<ul style="list-style-type: none"> • Confianza limitada de los empleados. • No esta cercano al proceso de producción (con excepción de los supervisores). • Comunicación limitada con los operarios. • Cómodo con el mantenimiento correctivo. 	Gerente	<ul style="list-style-type: none"> • Gasta más del 20%de su tiempo en los talleres del TPM como un líder. • Fomenta planes para la mejora de la maquinaria. • Es abierto, a naves de una comunicación rápida y mensualmente realiza reuniones en toda la planta. • Requiere gente entrenando y desarrollando.

Fuente: (López, 2009)

4.4.4 4ª Etapa - Política básica y metas

Promoción del TPM, como parte de una política y de una administración objetiva, esclareciendo su integración, a mediano y largo plazo, con las políticas de la empresa, así como la introducción de su meta en el objetivo comercial de la empresa. Previsión del tiempo necesario para la obtención del concepto de "Excelencia Empresarial" y definición de la meta primaria y secundaria a ser obtenidas como: porcentajes de reducción de fallas, porcentajes de incremento de disponibilidad, porcentajes de aumento de productividad etc. Estas metas deberán ser establecidas, tomando como referencia los valores actuales de los ítems que serán mejorados.

Establecer criterios de comparación, entre las referencias actuales y cuando se alcance el concepto de "Excelencia Empresarial", para prever los progresos que serán obtenidos y la relación costo x beneficio consecuente de los mismos.

El concepto de "Excelencia Empresarial", no se constituye en la meta, pero si en el medio, para alcanzar el perfeccionamiento operacional deseado.

4.4.5 5ª Etapa - Plan piloto

Establecer el plan piloto, para el acompañamiento desde la preparación de la introducción del TPM hasta su implantación definitiva, para la verificación de los progresos obtenidos, y establecer parámetros actuales y comparar con el desarrollo, cambiando los esquemas necesarios.

El TPM se destina, al perfeccionamiento de los recursos humanos y de los equipos e instalaciones, sus objetivos iniciales como sus resultados, pueden llevar algún tiempo para ser alcanzados.

El manual de implantación del TPM, debe ser preparado antes del inicio de cada etapa, de manera que los trabajadores que participan de las actividades, puedan comprender las maneras de ejecutar las actividades concretas.

Se deben efectuar reuniones mensuales de los coordinadores, para la verificación tanto del progreso como de la adecuación del desarrollo.

Antes de las reuniones de los coordinadores deben ser realizadas, con los mismos objetivos, las de los grupos de trabajo en el ámbito sectorial.

Tabla 4- 12 Cronograma de plan piloto TPM en Hormicreto

MODELO TPM HORMICRETO CIA. LTDA																											
	CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTACIÓN											Código:		150902-HTP-002													
	LINEA DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO											Fecha:		02/09/2016													
	FORMACIÓN Y DESARROLLO											Revisión:		2													
X										X										X							
ELABORADO POR:										REVISADO POR										APROBADO POR							
GENERALISTA RECURSOS HUMANOS										GERENTE TÉCNICO PLANTA										DIRECTOR DE RECURSOS HUMANOS							
ACTIVIDAD		RESPONSABLES	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				
			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	Diagnóstico del Recurso Humano de la Sección	TQM	■	■																							
2	Dictado de la filosofía de TPM	TQM			■	■																					
3	Diagnóstico del equipo / máquina (condiciones de trabajo, deficiencias, fallas)	Mntto.			■	■																					
4	Listado de principales actividades de Mantenimiento del Equipo - (Cambio de respuestos, lubricación y ajustes)	Mntto.			■	■																					
5	Definición de los indicadores a medir	TQM - Prod.					■	■																			
6	Definición de los módulos de capacitación Teórico-Técnica	Mntto. - TQM					■																				
7	Elaboración del Material Didáctico de Capacitación Teórica-Técnica	Mntto. - TQM						■	■	■																	
8	Dictado de módulos Teórico-Técnicos	Mntto.									■	■															
9	Capacitación en campo a Operadores	Mntto.										■	■	■													
10	Preparación de Banco de Preguntas	Mntto - Prod.											■	■													
11	Evaluación escrita	TQM												■	■												
12	Evaluación en Campo	Mntto.													■	■	■										
13	Elaboración de Formatos TPM para operadores (Limpieza, Lubricación, Inspección y Ajustes)	Mntto. - TQM												■	■	■											
14	Capacitación en el llenado de los formatos	Mntto. - TQM - Prod.														■	■	■									
15	Traslado de las actividades básicas de TPM a los operadores	Mntto. - TQM															■	■	■								
16	Formación de grupos de TPM	TQM - Prod.																■	■	■	■						
17	Capacitación autónoma	TQM - Prod.																	■	■	■	■					

Fuente: Autor

4.4.6 6ª Etapa - Inicio de la implantación

“La implantación debe ocurrir después de la comunicación del desafío de reducir las seis grandes pérdidas”. (NAKAJIMA, 1991)

Es importante planificar un evento para conmemorar la ocasión, con la participación de todos los empleados y el pronunciamiento de los directores, con palabras de estímulo para el éxito del programa.

Sin embargo debe haberse concluido el proceso de educación introductoria al TPM, a todos los empleados antes del día del inicio de la implantación.

Debe ser programada una visita a todas las áreas con preguntas directas a los empleados, para verificar si comprendieron plenamente los objetivos a ser alcanzados a través del TPM.

Tabla 4- 13 Inicio de Implementación-Auditoría

MODELO TPM HORMICRETO CIA. LTDA			
	INFORME DE AUDITORÍA TPM		Código: 150902-HTP-3
	LINEA DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO		Fecha: 02/09/2016
	SECCIÓN MATERIA PRIMA Y TRITURACIÓN		Revisión: 2
			
EQUIPO AUDITADO: MOLINO DE BOLAS			
DPTO AUDITADO	Producción	<i>PERSONAS CONTACTADAS</i>	
JEFE DPTO	Ing. Jefe de Producción	Sr: Operador de Producción	Sr: Operador Eléctrico
AUDITADOR	Ing. Jefe de Calidad	Sr: Operador de Producción	
		Sr: Operador Mecánico	
1.- RESUMEN DE LA AUDITORÍA			
El día 23 de Enero se realizó una auditoría a los equipos mas importantes de molienda de cemento en Hormicroto Cía. Ltda, para la del cumplimiento de las 5 S's, como parte fundamental en la aplicación de TPM			
2.- NO CONFORMIDADES			
ASPECTO DE TPM		DESCRIPCIÓN	
3.- OBSERVACIONES			
ASPECTO DE TPM		DESCRIPCIÓN	
1. Orden y Limpieza		No se tiene una clasificación de artículos de limpieza y están en lugares inapropiados	
2. Orden y Limpieza		Contaminación con objetos que no son del proceso, botellas, plásticos, maderas	
3. Control de Herramientas		Los operadores mecánico y eléctricos tienen insuficientes herramientas y en mal estado	
4. Ajuste		El molino de bolas presenta vibración en la base se debe reajustar sus pernos de soporte	
5. Inspección		El reductor principal del molino tiene fugas muy grandes que deben ser intervenidas de forma emergente	
6. Lubricación		La lubricación es deficiente y mal llevada porque no se tiene un plan de lubricación	
7. Control de Herramientas		Los operadores no tienen htas para realizar mantenimiento autónomo	
4.- RECOMENDACIONES			
ASPECTO DE TPM		DESCRIPCIÓN	
1. ORDEN Y LIMPIEZA		Mejorar la limpieza en el área de producción	
2. INSPECCIÓN		Definir zonas e instalar tableros indicativos para los operadores verifiquen las hojas de seguimiento de máquinas	
Ing. Jefe de Calidad AUDITOR 1		Ing. LÍDER DE LEAN Gerente de Producción	

Fuente: Autor

4.4.7 7ª Etapa - "Kobetsu-Kaizen" para la obtención de la eficiencia en los equipos e instalaciones.

"Kobetsu-Kaizen" es el levantamiento detallado de las necesidades de mejora de un equipo, efectuado por un grupo multidisciplinario, formado por: ingenieros, gerentes de línea, mantenedores y operadores.

El grupo debe seleccionar, como plan piloto, una línea de equipos donde se presente un "cuello de botella", que genera pérdidas crónicas, donde pueda ser alcanzada la perfección a través de los esfuerzos continuos, dentro de un plazo de tres meses.

Todos los componentes del grupo, deben ser estimulados a presentar sugerencias para mejorar el equipo en estudio.

Elegir como temas para análisis, algunas pérdidas que necesiten soluciones urgentes, que puedan ser alcanzadas, a través de actividades dirigidas para la reducción de las 6 grandes pérdidas.

Se suele utilizar tarjetas coloridas, para identificar las áreas y/o criterios en que serán ejecutadas las acciones, para la reducción de las pérdidas. Por ejemplo:

- Acciones de operación - color amarillo.
- Acciones de mantenimiento - color verde.
- Acciones de ingeniería (cambios en el proyecto) - color rojo.

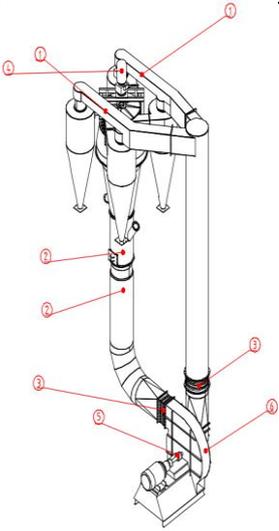
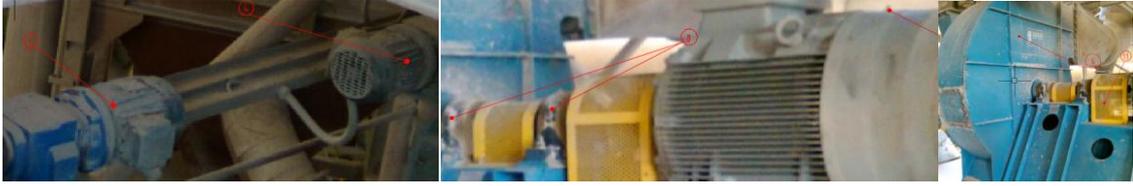
4.4.8 8ª Etapa - Establecimiento del "Jishu-Hozen" (mantenimiento autónomo)

El método de desarrollo del "Jishu-Hozen", se refiere al control de sus propios equipos de forma permanente por cada operador. Es desarrollado en siete pasos, uno cada vez, pasando al siguiente, solamente después de haber concluido el anterior, con el apoyo y evaluación de los gerentes. Los pasos se presentan a continuación.

1. Relacionados a la "inspección de limpieza".
2. Medidas defensivas contra causas de suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación.
3. Formulación de los estándares de trabajo, para la preparación de los criterios que deben ser observados por los operadores.
4. Inspección general, destinado a la capacitación sobre cómo conducir una inspección de los componentes de los equipos por ejemplo: filtros, lubricadores, reguladores etc., de manera que, los operadores sean habilitados para la ejecución de la inspección autónoma (5º paso).
5. Inspección autónoma, tiene como objetivo que los operadores puedan, al ejecutar la inspección, detectar problemas y corregir pequeños daños en desarrollo.
6. Estandarización, se destina al establecimiento y mantenimiento, de las condiciones de control de los elementos de campo.
7. Control totalmente autónomo, se destina a dar continuidad a las actividades "Jishu-Hozen", aprovechando al máximo, los conocimientos adquiridos a través de los pasos (1) a (6).

Los pasos básicos (1) a (4) están asociados al perfeccionamiento de los recursos humanos y mejora de los equipos, cuando son rígidamente cumplidos y pacientemente mantenidos.

Tabla 4- 14 Hoja de Mantenimiento Autónomo Separador dinámico

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO MOLINERÍA DE CEMENTO									
 <p>GRUPO INDUSTRIAL GRAITMAN</p> 	ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN PARA SEPARADOR DINÁMICO				PLANTA: Hormicroto Cia. Ltda. Jefe de Producción Ingeniero PM Supervisor				
	ÁREAS DE LIMPIEZA		ESTÁNDARES DE LIMPIEZA	MÉTODOS DE LIMPIEZA	ÚTILES DE LIMPIEZA	TIEMPO DE LIMPIEZA	CICLO DE LIMPIEZA		
	Nº	CATEGORÍA					DÍA	SEM	MES
	1	Ductos De Salida	Sin residuos endurecidos o pegados	Remover de las paredes de los ductos	Martillo de Goma-Palanca para remover	20 min		●	
	2	Ducto de Ascenso	Sin residuos endurecidos o pegados	Remover de las paredes de los ductos	Martillo de Goma-Palanca para remover	20 min			●
	3	Juntas Flexibles	Sin Fugas de Material	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min			●
	4	Motoreductores	Sin residuos de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	2 min		●	
	5	Chumaceras del Ventilador	Sin residuos de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min		●	
	6	Ventilador	Sin residuos de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min			
	7	Impulsor de Ventilador	Sin residuos endurecidos o pegados	Remover de las paredes del impulsor	Martillo de Goma-Palanca para remover-Compresor	15 min			●
	ÁREAS DE LUBRICACIÓN		ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN	MÉTODOS DE LUBRICACIÓN	ÚTILES DE LUBRICACIÓN	TIEMPO DE LUBRICAC.	CICLO DE LUBRIC.		
	Nº	CATEGORÍA					DÍA	SEM	MES
	8	Chumaceras del Ventilador	Engrasar	Usar Grasa EP2	Lubricadora manual	2 min.			●
9	Reductores	Completar niveles de Aceite	Usar aceite ISO VG 220	Lubricadora manual	10 min.			●	
10	Rodamientos de Motor	Engrasar	Usar Grasa EP2	Lubricadora manual	2 min.			●	
11	Acople Flexible	Engrasar	Usar Grasa Multipropósito	Lubricadora manual	2 min.			●	
PUNTOS DE REVISIÓN GENERAL									
12	Revisión de Desgaste en Rotor	Verificar estado del desgaste			5 min.			●	
13	Revisión de Desgaste en placas deflectoras	Verificar estado del desgaste			5 min.			●	
									

Fuente: Autor

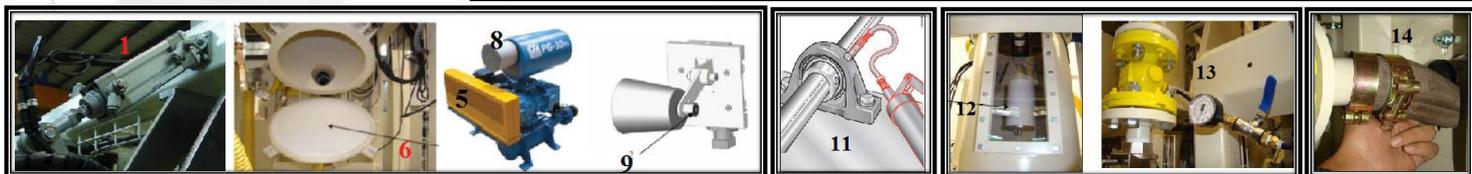
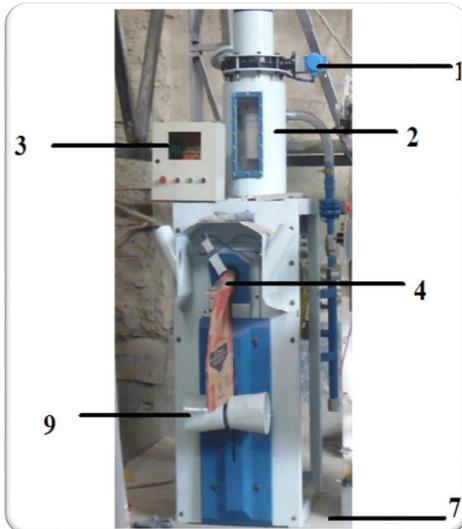
Tabla 4- 15 Hoja de Mantenimiento Autónomo Molino de Bolas

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO MOLIENDA FINAL										
		ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN PARA ENSACADORA NEUMÁTICA				PLANTA: Hormicreto Cia. Ltda. Jefe de Producción Ingeniero PM Supervisor				
N°	ÁREAS DE LIMPIEZA	ESTÁNDARES DE LIMPIEZA	MÉTODOS DE LIMPIEZA	ÚTILES DE LIMPIEZA	TIEMPO DE LIMPIEZA	CICLO DE LIMPIEZA				
	CATEGORÍA					DÍA	SEM	MES		
1	Unidades de Lubricación	Sin residuos de aceite, polvo,	Limpiar con aire - desengrasante	Compresor	10 min		●			
2	Motor Eléctrico	Libre de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min		●			
3	Reductor	Libre de polvo	Limpiar con aire	Aspiradora manual	5 min			●		
4	Chumaceras	Sin residuos de polvo o grasa en exceso	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min			●		
5	Boca de Alimentación	Sin residuos de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min		●			
6	Descarga de Material	Sin residuos de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor, Escoba	5 min		●			
7	Cámara Interna - Diafragma	Libre de metales, bolis atascadas	Limpiar manualmente	Cinzel, Martillo	25 min				●	
N°	ÁREAS DE LUBRICACIÓN	ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN	MÉTODOS DE LUBRICACIÓN	ÚTILES DE LUBRICACIÓN	TIEMPO DE LUBRICAC.	CICLO DE LUBRIC.				
	CATEGORÍA					DÍA	SEM	MES		
8	Piñon Corona	Lubricar con aceite adhesivo	Usar Aceite CF3 Ultra	Lubricar en forma manual - Ajustar aceite	15 min				●	
9	Reductor Principal	Completar Niveles de aceite	Usar aceite ISO VG 220	Lubricadora manual	5 min.				●	
10	Unidades de lubricación	Colocar Aceite en recipiente del lubricador	Usar Aceite ISO VG 320	Lubricar en forma manual - Ajustar aceite	5 min.				●	
11	Rodamientos de eje de transmisión	Engrasar rodamientos	Usar Grasa EP2	Lubricadora neumática	5 min.				●	
PUNTOS DE REVISIÓN										
12	Revisión de compuertas de descarga	Que no presente daño o fuga de material					●			
13	Verificar consumo de corriente en motor eléctrico	Que no presente daño, elevada corriente					●			
14	Verificar interior de molino	Que no presente rotura de placas, cuerpos molidores desgastados								●

Fuente: Autor

Tabla 4- 16 Hoja de Mantenimiento Autónomo Ensacadora Neumática

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO MOLIENDA DE CEMENTO									
		ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN PARA ENSACADORA NEUMÁTICA PAYPER				PLANTA: Hormicreto Cia. Ltda. Jefe de Producción Ingeniero PM Supervisor			
N°	CATEGORIA	ESTÁNDARES DE LIMPIEZA	MÉTODOS DE LIMPIEZA	ÚTILES DE LIMPIEZA	TIEMPO DE LIMPIEZA	CICLO DE LIMPIEZA			
						DÍA	SEM	MES	
1	Actuadores neumáticos	Sin residuos de aceite, polvo,	Limpiar con aire - desengrasante	Compresor	2 min			●	
2	Cámara Superior	Libre de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	2 min	●			
3	Módulo de electroválvulas	Libre de polvo	Limpiar con aire	Aspiradora manual	10 min			●	
4	Boquilla de ensacado	Sin residuos de polvo o sacos rotos	Limpiar con aire comprimido	Compresor	2 min	●			
5	Motor de Soplador de Lóbulos	Sin residuos de aceite, polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min			●	
6	Filtro Cámara inferior	Sin residuos de polvo	Limpiar con aire comprimido	Compresor	5 min			●	
7	Contorno de ensacadora	Sin sacos rotos y libre de polvo	Limpiar con aire - manualmente	Compresor - escoba	5 min	●			
ÁREAS DE LUBRICACIÓN									
N°	CATEGORIA	ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN	MÉTODOS DE LUBRICACIÓN	ÚTILES DE LUBRICACIÓN	TIEMPO DE LUBRICAC.	CICLO DE LUBRIC.			
8	Soplador de Lóbulos	Lubricar con aceite para lobulos	Usar Aceite ISO VG 220	Lubricar en forma manual - Ajustar aceite	15 min			●	
9	Silla elevadora de sacos	Engrasar rodamientos	Usar Grasa EP2	Lubricadora manual	5 min.			●	
10	Unidades de Mantenimiento	Colocar Aceite en recipiente del lubricador	Usar Aceite DTE 24	Lubricar en forma manual - Ajustar aceite	5 min.			●	
11	Banda de descarga de sacos	Engrasar rodamientos	Usar Grasa EP2	Lubricadora manual	5 min.			●	
PUNTOS DE REVISIÓN									
12	Revisión de filtro interno	Que no presente daño o fuga de aire, material fluidificándose							●
13	Verificar manómetro y presiones de aire	Que no presente daño, fuga de aire, pérdidas de presión							●
14	Verificar uniones con mangueras	Que no presente daño, fuga de aire, pérdidas de presión, rotura							●



Fuente: Autor

4.4.9 9ª Etapa - Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación + mantenimiento).

Implantación de la metodología en el equipo piloto, normalizando y transformando en rutina, todo aquello que fue suministrado en la etapa anterior. Por lo tanto el mantenimiento programado que realiza el departamento de mantenimiento, debe coordinarse con las actividades de mantenimiento autónomo del departamento de operaciones, de forma que los departamentos puedan funcionar de manera organizada, para mejorar las funciones de conservación, prevención, predicción y mejoramiento tecnológico.

Esto se puede conseguir mediante el desarrollo de productos fáciles de fabricar y de equipos fáciles de operar y mantener. Esto incluye mantenimiento periódico y predictivo y gestión de repuestos, herramientas, dibujos y programas.

Adicional se debe establecer las condiciones para eliminar defectos de productos y facilitar los controles.

Tabla 4- 17 Hoja de Mantenimiento Preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - PREDICTIVO										
		MOLIENDA FINAL - MOLINO DE BOLAS								
		CÓDIGO JDE 13133			CÓDIGO MTTO			MF-MB-01		
NOMBRE DEL EQUIPO		MOLINO DE BOLAS CAPAC: 7 Tn/h								
ACTIVIDADES Y FRECUENCIA										
PLANIFICACION DE TAREAS	PREVENTIVO	MTTO	ITEM	DESCRIPCION CORTA	FRECUENCIA					
					<i>DIA</i>	<i>SEM</i>	<i>MES</i>	<i>TRIM</i>	<i>SEMES</i>	<i>ANUAL</i>
			1	Chequeo desgaste en placas (chequeo dimensional)			x			
			2	Chequeo de estado de diafragmas				x		
			3	Chequeo de placa de hormigón (salida molino)				x		
			5	Verificar asentamiento entre piñón-corona					x	x
			6	Cambio de aceite de reductor						x
			7	Revisión de ruido en chumaceras y reductor, ruta de inspección y monitoreo		x				
			8	Reajuste de pernos de placas internas					x	
			9	Limpieza de cojinetes de magnolia						x
			10	Limpieza de rodamientos de eje trasmisión						x
			11	Cambio de rodamientos de motor						x
		12	Mantenimiento interno de motor eléctrico						x	
	PREDICTIVO	13	Termografía en motor eléctrico y cuadro eléctrico de mando						x	
		14	Limpieza y verificación de fisuras en piñón-corona con tintas penetrantes						x	
		15	Medición de vibraciones y temperaturas en piñón corona de molino				x			
16		Análisis de aceite de lubricación de reductor y cojinetes						x		

Fuente: Autor

Tabla 4- 18 Hoja de Mantenimiento Preventivo Ensacadora

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
		MOLIENDA FINAL - ENSACADORA NEUMATICA									
CÓDIGO JDE				CÓDIGO MTTO	MF-ES-01						
NOMBRE DEL EQUIPO		MF-ES-01	ENSACADORA NEUMATICA CAPAC: 90 Sac/h								
ACTIVIDADES Y FRECUENCIA											
PLANIFICACION DE TAREAS	MTTO	ITEM	DENOMINACION	DESCRIPCION CORTA	FRECUENCIA						
					DIA	SEM	MES	TRIM	SEMES	ANUAL	
		1	Camara Inferior Fondo Abatible Dosapro Ø50 F-1110	Manguito DN-50 GN Antiabrasivo						x	
		2		Filtro Inferior camara PFG-10 Lona Filtrante						x	
		3	Camara Sup. Fluidificacion Limpia F-1110	Anillo Elastomero 350 Isoria-10 Tipo CB						x	
		4		Manguito DN-80 GN Antiabrasivo						x	
		5	Colector Soplado PFG-10 L.540	Manguito DN-40 GN Antiabrasivo						x	
		6	Soplado Boquilla Dosapro Ø50	Manguito Goma Boquilla Ø65						x	
		7	Boquillas 130/140 (F-1110)	Manguito DN-40 GN Antiabrasivo						x	
		8	Kit de Descompresion Toba PFG-10 F-1110	Manga Lona Filtrante Ø250*1000 Cal. Poliester PPE/W-450						x	
		9	Camara Inferior	Revisar Estado de Filtro y Limpiar Filtro		x					
		10		Cambiar Filtro				x			
		11	Camara Superior de Fluidificacion	Revisar Estanquidad Cilindro Neumatico			x				
		12		Verificar Holgura Rotula			x				
		13		Verificar Filtro Interior					x		
		14	Colector de Soplado	Verificar Manguito Valvula		x					
		15		Sustituir el Manguito				x			
		16	Union Elastica	Comprobar que no se Agriete						x	
		17	Rodillos de Evacuacion del Saco	Verificar Holgura Rotula				x			
		18		Verificar y Engrasar Rodamientos			x				
		19		Revisar Estanquidad Cilindro Neumatico						x	
		20	Soplado Boquilla	Revisar Estado Manguito de Goma				x			
		21		Cambiar Manguito de Goma						x	
		22		Limpieza		x					
		23	Sistema de Pesaje	Verificar Calibracion de Pesaje		x					
		24		Comprobar Estado Tirantes		x					
		25		Revisar Estanquidad Cilindro Neumatico						x	
		26	Camara Superior de Fluidificacion	Limpiar Lona Filtrante				x			
		27		Sustituir Lona							x
		28	Camara Superior de Fluidificacion	Revisar Estanquidad Cilindro Neumatico			x				
		29		Verificar Holgura Rotula			x				
		30		Cambiar Filtro Interior						x	

Fuente: Autor



Fig.4- 15 Hoja Informativa de defectos en fabricación TUGALT- Graiman
Fuente: Autor

4.4.10 10ª Etapa - Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.

Estas actividades no involucran el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información, incrementando la eficiencia tanto en el ámbito de las oficinas como de los equipos.

Análisis de criterios para reducir esperas (material, herramientas, traslados, dispositivos, transporte etc.).

Desarrollo y aplicación del JIT (just in time) o Justo a tiempo en español, es un sistema de organización de la producción y lo que buscaba es reducir el costo asociado a la producción, eliminando las pérdidas debido a stocks innecesarios, de esta forma se produce sobre pedidos reales y no sobre suposiciones, y tiene los siguientes objetivos:

- Minimizar los tiempos de entrega: Cuando producción y comercial están coordinados, desaparecen los problemas de incumplimiento en los tiempos de entrega, pues producción ya sabe cómo sincronizar los tiempos de trabajo.
- Minimizar el Stock: Primero ayuda a disminuir considerablemente los costos de almacenamiento e inventario y mejora con la relación con proveedores y subcontratistas.

- Tolerancia a cero errores: Todo se fabrica bajo la premisa de cero errores o cero defectos, el no hacerlo de esta forma implicaría incurrir en altos costos y entregas tardías.

En resumen se crea el sistema de mejoramiento de los equipos de la planta que permite llevar a la práctica las ideas de cambio y modificaciones en el diseño para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad.

4.4.11 11ª Etapa - Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo.

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad, empleando metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, para así contribuir significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

Análisis e implantación de las "Recomendaciones de Seguridad".

Implantación de estímulos a la notificación de condiciones inseguras en el trabajo y de perjuicio al medio ambiente.

Meta - alcanzar Cero accidente y Cero polución.

Tabla 4- 19 Hoja de Seguridad y Lección Puntual

PASO	NOMBRE	ACTIVIDADES
1	Seguridad en la limpieza inicial en Mantenimiento Autónomo.	Se emplean mapas de seguridad, análisis de riesgos potenciales, conocimiento básico del equipo e identificar las fuentes de contaminación,
2	Mejora de equipos para evitar fugas que producen trabajos inseguros.	Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso que producen riesgos potenciales de accidentes.
3	Estandarizar las rutinas de seguridad.	<ul style="list-style-type: none"> - Emplear rutinas para las tres primeras "S" (Clasificar, Ordenar y Limpiar). - Realizar verificaciones de seguridad. - Emplear controles visuales. - Limitar riesgos mediante revisiones de seguridad. - Realizar Campañas de Sensibilización.
4	Desarrollo de personas competentes para la inspección general de equipos sobre seguridad.	Desarrollar conocimiento profundo sobre el funcionamiento del equipo y causas potenciales de riesgo mediante ejemplos reales.
5	Inspección general del proceso y el entorno.	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la supervisión de las condiciones del proceso y el entorno. - Establecer medidas para evitar deficiencias de la operación. - Establecer medidas de seguridad de "trafico" en planta.
6	Sistematizar el Mantenimiento Autónomo de Seguridad.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar Estandares. - Realizar acciones de mejora continua.

Fuente: (Hartmann, 1992.)

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO CORTE DE FLEJES									
HOJA DE ELEMENTOS DE TRABAJO									
Revisado por: <i>[Firma]</i> Coordinador de proyectos		Revisado y aprobado por: <i>[Firma]</i> Jefe de producción		Revisado y aprobado por: <i>[Firma]</i> Jefe de calidad		Revisado y aprobado por: <i>[Firma]</i> Jefe de seguridad		Codigo: TP-751-016 Fecha: 18/03/2016 Revisión: 1	
Corte de flejes		Inspección de calidad		Control de calidad		Seguridad		Código: CAZ	
# OPERARIOS: 1		Cursos:							
Imagen	Simbolo	Paso #	Paso Principal (Ust)	Punto Importante (Caso)	Controles	Detalles	Documentos		
		1	Pasar lámina por Cuchillas Circulares	Utilizar controlador de lámina y controles de Cuchillas Circulares. "Adelante" "Destrenar" "Acarar" y "Separar"	CUCHILLAS CIRCULARES				
		2	Pasar flejes por Mesa de Foso	Utilizar controles de Mesa de Unión, "Subir" y "Bajar", Mesa de Foso "Subir" y "Bajar"	MESA DE FOSO MESA DE UNIÓN	Subir mesa de foso al igual que la mesa de unión			
		3	Pasar flejes por Prensa de Frenado	Utilizar controles de Prensa de Frenado "Subir Viga", "Bajar Viga", "Frenar" y "Destrenar" y "Tacodirame" "Subir" "Bajar" "Cazalla circular" "Adelante"	PRESA DE FRENADO VEHICULO TACODIRAMADO	Si la prensa de frenado esta abajo mantener presionado "Bajar viga" y subir el seguro de la prensa de frenado antes de presionar "Subir viga" luego pasar flejes			
		4	Pasar flejes por tambor de flejes	Utilizar controles de Mesa de empuntado "Subir" y "Bajar", "Enrollador", "Atrás" y "Adelante", Brazo Separador de Bandas "Subir" y "Bajar" "Cazalla circular" "Adelante"	ENROLLADOR BRAZO SEPARADOR DE BANDAS MESA DE EMPUNTADO	Una vez que se a pasado los flejes por el Tacodiramo subir presión del mano y subir las puntas hacia abajo, luego bajar tacodiramo, dar marcha cazalla circular, subir mesa de empuntado, girar tambor enrollador hasta alinear las puntas de los flejes con la ranura del tambor enrollador, bajar brazo separador de flejes y mesa de empuntado, colocar flejes en suiles, apretar flejes y abrir tambor			
		5	Colocar viruta en recogedor de viruta	Utilizar controles de Recogedor de viruta: "Marcha" y "Parado", "Pisar" "Subir" "Bajar" y "Cajón" "Sacar" y "Meter"	RECOGEDOR DE VIRUTA PLACA DE VIRUTA	Si el recogedor esta lleno, subir pistón, hacer cajón, expulsar viruta con piqueta expulsadora, retirar viruta. Si el recogedor esta vacío meter piqueta expulsadora, meter parcialmente cajón y enganchar viruta en ranura de eje, meter completamente cajón y bajar pistón, dar marcha y bajar recogedor de viruta cuando se acumula viruta.			
Observaciones:		Tiempo de Trabajar (min): 5 min		Realizado Por: SANTIAGO VELEGELA		Revisado Por: DAVID LOPEZ			



Fig.4- 16 Cartel informativo de Estandarización TUGALT- Graiman

Fuente: Autor

4.4.12 12ª Etapa - Aplicación plena del T.P.M., (ampliación a los demás equipos) e incremento de los respectivos niveles.

El paso final en el programa de desarrollo del T.P.M., es perfeccionar la implantación del **TPM** y fijar metas futuras aún más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo.

Con este objeto se deben crear estímulos a los logros internos del programa TPM en los diversos departamentos de la empresa.

Para esto es necesario ejercer liderazgo para mantener el entusiasmo en las personas, para comprender la necesidad de la capacidad entre directivos y operadores y así lograr los objetivos y transformar la empresa simultáneamente.

Definición de nuevas metas y desafíos.

Consultoría para la implantación de ajustes.

Tabla 4- 20 Hoja de programación Mantenimiento Preventivo.

PROCESO DE MANTENIMIENTO HORMICRETO CIA. LTDA								
	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADOS SEPTIEMBRE 2015					Elaborado:	I. CASTILLO	
	LINEA DE PRODUCCIÓN DE CLINKER					Revisado:	O. CASTILLO	
						Código:	150908-HTP-001	
SECCIÓN MOLIENDA FINAL				Fecha:	08/09/2015	Revisión:	3	
CÓDIGO DE MANT	EQUIPO	NUMERO DE OT.	TRABAJO	PERSONAL	FALLO	ACCIÓN	ESTADO DE EQUIPO	TIEMPO ESTIMADO
MF-BT-01	BANDA TRANSPORTADORA	OT: 2145422	REVISION DE EJE DE TAMBOR EN LADO DE TRANSMISIÓN	MTTO.MECANICO			EQUIPO PARADO	OK
MF-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES 1	OT: 2145431	PARCHADO DE CARCAZA Y ENTRADA DEL ELEVADOR	MTTO.MECANICO			EQUIPO EN MARCHA	OK
MF-SD-01	SEPARADOR DINAMICO	OT: 2145481	CONSTRUCCION O PARCHADO DE DUCTOS DE SALIDA	MTTO.MECANICO			EQUIPO EN MARCHA	OK
MF-SD-01 VR-011	SEPARADOR DINAMICO VALVULA ROTATIVA 4	OT: 2145553	REVISION DE ACOPL. UN POCO SEPARADO.	MTTO.MECANICO			EQUIPO PARADO	OK
MF-SP-01 AD-005	SISTEMA DE PESAJE 1 ALIMENTADOR DOSIFICADOR 1	OT: 2145764	COLOCACION DE ESPEJOS EN LAS DESCARGAS BANDAS DOSIFICADORAS	MTTO.MECANICO			EQUIPO PARADO	
MF-SP-02 AD-006	SISTEMA DE PESAJE 2 ALIMENTADOR DOSIFICADOR 2	OT: 2145772	COLOCACION DE ESPEJOS EN LAS DESCARGAS BANDAS DOSIFICADORAS	MTTO.MECANICO			EQUIPO PARADO	
MF-SP-03 AD-007	SISTEMA DE PESAJE 3 ALIMENTADOR DOSIFICADOR 3	OT: 2145799	COLOCACION DE ESPEJOS EN LAS DESCARGAS BANDAS DOSIFICADORAS	MTTO.MECANICO			EQUIPO PARADO	
MF-SP-04 AD-008	SISTEMA DE PESAJE 4 ALIMENTADOR DOSIFICADOR 4	OT: 2145810	COLOCACION DE ESPEJOS EN LAS DESCARGAS BANDAS DOSIFICADORAS	MTTO.MECANICO			EQUIPO PARADO	
MF-MB-01 ET-001	MOLINO DE BOLAS EJE DE TRANSMISION	OT: 2145457	REVISION POR PEQUEÑA FUGA DE MATERIAL EN LA DESCARGA DEL MOLINO	LUBRICADOR			EQUIPO EN MARCHA	OK
MF-SD-01 VR-008	SEPARADOR DINAMICO VALVULA ROTATIVA 1	OT: 2145529	REVISION DEBIDO A LEVE RUIDO. RODAMIENTOS SECOS.	LUBRICADOR			EQUIPO PARADO	OK
MF-MB-01 ET-001	MOLINO DE BOLAS EJE DE TRANSMISION	OT: 2145473	REVISION POR RUIDO CONSTANTE EN EL REDUCTOR	MTTO. ELECTRICO			EQUIPO PARADO	
MF-SD-01	SEPARADOR DINAMICO	OT: 2145490	REVISION DE REDUCTOR DEBIDO A PEQUEÑAS GOTAS DE ACEITE	MTTO. ELECTRICO			EQUIPO PARADO	
MF-SO-02	SOPLADOR AIRLIDE 3	OT: 2145561	REVISION DEBIDO A RUIDO EN MOTOR.	MTTO. ELECTRICO			EQUIPO PARADO	
MF-SD-01	SEPARADOR DINAMICO VENTILADOR	OT: 2145967	REVISION POR VIBRACION. REVISION Y LIMPIEZA DE ASPAS E IMPULSOR.	MTTO. ELECTRICO			EQUIPO PARADO	
OBSERVACIONES GENERALES: SE DEBE PROGRAMAR ESTAS ACTIVIDADES EN EL CORTO PLAZO								
SOLICITADO POR: _____ Inspector de Mantenimiento			X VERIFICADO POR: _____ Jefe Mantenimiento			X AUTORIZADO POR: _____ Gerente de Producción		

Fuente: Autor

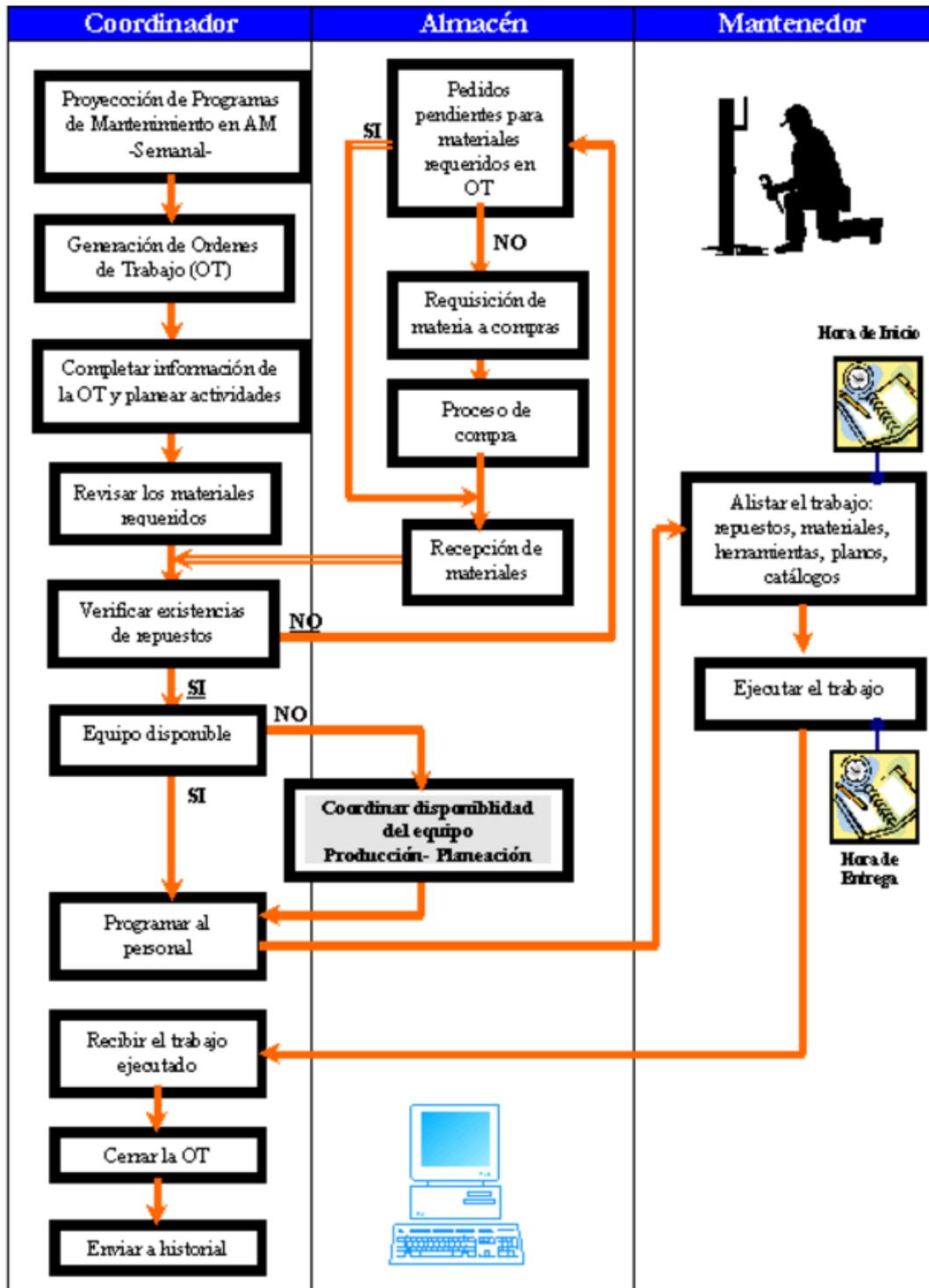


Fig.4- 17 Flujograma para Mantenimiento Preventivo.

Fuente: (DORBESSAN, 2000)

4.5 Barreras al Implementar TPM

Al implementar TPM en una organización se pueden encontrar diferentes barreras que están generalmente relacionadas por la ideología de la administración tradicional, es decir que los altos directivos no se involucran totalmente en el proyecto y no entienden la dimensión de los beneficios que puede tener esta estrategia en su organización.

Uno de los inconvenientes que tiene este proceso es que es necesario hacerlos paulatinamente, es decir que no se van a tener resultados a corto plazo por tratarse de una adaptación de todo un sistema cultural y que tiene una serie de pasos y parámetros que se deben cumplir. El TPM es un proceso a largo plazo, que necesita aproximadamente de 3 a 5 años dependiendo del tamaño de la compañía y que por ser un proceso de mejoramiento continuo siempre va a tener vigencia en la empresa, lo que significa que no se termina, solo se renueva.

Otro gran inconveniente que se ha tenido, es que el TPM no es la aplicación de herramientas sueltas, es un proceso sistémico o integral y es necesario el apoyo total de las directivas con políticas que lo respalden, no solo con presupuesto sino con participación y ejemplo. El éxito de este proceso nace del factor humano de la empresa el cual debe ser considerado como un factor y no como un recurso.

4.5.1 Problemas Externos

- El área de producción entiende el proceso como un intento de obtener mayor productividad de ellos por lo tanto lo rechaza.

Como se ha dicho durante todo el desarrollo de este trabajo, es muy importante que todos participen activamente y comprendan el proceso de manera que el departamento de Producción no vea en el TPM un intento forzado de aumento de productividad sin nada a cambio, por esto es tan importante un líder con credibilidad y carisma.

- El área de mantenimiento ve en el proceso una pérdida de competencias y esto genera temor para el futuro.

Debido a que al área de producción se le transferirán actividades simples que le competen al área de mantenimiento, el personal de mantenimiento se ve amenazado debido a que cree que va a perder competitividad por esto, por esto es necesario

aclarar que producción tendrá funciones sencillas de prevención mientras que el área de mantenimiento asumirá las funciones complejas tecnológicas para que esto refleje verdaderos cambios en los procesos y se genere una eficacia real en estos.

Si no se encuentra un apoyo por parte de la dirección, es preferible elegir un área en donde se desarrollen actividades en donde se esté seguro que la iniciativa tenga éxito. Es necesario antes de empezar esta iniciativa se debe hacer un análisis de la situación actual, los puntos fuertes y débiles con el fin de realizar un informe a la Dirección. De esta manera, si el proceso piloto es favorable, y la Dirección lo aprueba, se prosigue con las demás áreas.

4.5.2 Problemas Internos

- El plan de mantenimiento de la organización no es totalmente eficaz.

Se debe partir de la base de que las actividades que se le transfieran al área de producción sean eficaces, útiles y se realicen adecuadamente.

De manera que si el plan de mantenimiento actual de la organización no es eficaz, es mejor implementar TPM únicamente en los niveles básicos como en: las limpiezas, inspecciones pequeñas, comprobación de niveles entre otros, o simplemente no aplicar TPM.

- La organización no dispone de un sistema eficaz de planificación, lanzamiento y control.

Si el sistema de gestión de producción de mantenimiento no es eficiente, es mejor desistir de la idea de implementar TPM porque esto generaría una pérdida de control de la actividad. Por lo tanto si no es eficaz el sistema, se debe empezar por “rehacerlo” de modo que coordinen en el nuevo sistema la planificación de los mantenimientos realizados por el área de mantenimiento y el área de producción.

- Existen carencias significativas en cuanto a repuestos, logística, mantenibilidad y producción.

Es de suma importancia realizar un diagnóstico de estos aspectos con el fin de proponer soluciones específicas antes de implementar el Mantenimiento Productivo Total, porque no es viable transferir al área de Producción operaciones en donde después no se van a encontrar los repuestos o no se va a tener la documentación necesaria para realizar las actividades.

A continuación se presentará una tabla que ilustra un ejemplo del reparto posible de actividades entre el personal de producción y el personal de mantenimiento, en donde se ve que las funciones simples son desarrolladas por el área de producción, mientras que el área de mantenimiento tiene las funciones con un alto grado de complejidad:

Tabla 4- 21 Reparto de actividades para la implementación de TPM

REPARTO POSIBLE DE ACTIVIDADES EN UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO CON TPM			
ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAL PRODUCCIÓN	PERSONAL MANTENIMIENTO
Producción	Preparación Ajustes Operación	■ ■ ■	
Mantenimiento Primer Nivel	Limpieza Engrase Reaprietes Inspecciones diarias	■ ■ ■ ■	
Mantenimiento Preventivo de Segundo Nivel	Inspecciones y MOC Operaciones de Seguridad y Normativa Grandes Operaciones		■ ■ ■
Mantenimiento Correctivo	Averías reparables desde el puesto de trabajo Averías no reparables desde el puesto de trabajo	■	■
Modificaciones y Mejoras	Operativas Automatizaciones Reflotamientos y actualizaciones	■	■ ■ ■

Fuente: (NAKAJIMA, 1991)

4.6 Calcular ETP (Eficiencia Total de la Planta) OEE.

Algunas preguntas pueden ser hechas en este paso:

- ¿Cuál es el objeto a ser inspeccionado?
- ¿Esto está siendo mantenido?
- ¿Tiene conocimiento de su función y de su estructura?
- ¿Tiene conocimiento de la metodología de inspección?
- ¿Tiene conocimiento de la metodología de mantenimiento y conservación?

De acuerdo a este cuestionamiento es importante indicar que la efectividad de un equipo afecta en primer lugar a los operarios de producción de la planta. Por tanto,

ellos son los primeros que deben implicarse en entender y calcular el OEE, así como en planificar e implementar las mejoras en la máquina para ir reduciendo de forma continua las pérdidas de efectividad, al ir midiendo el rendimiento diariamente el operario:

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

- OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
- 65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
- 75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la Clase Mundial. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
- 85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores Clase Mundial. Buena competitividad.
- OEE > 95% Excelencia. Valores Clase Mundial. Excelente competitividad

Cuando se trabaja con los datos del OEE el Jefe de Planta o Taller, Supervisor, aprende con lujo de detalles la forma en que sus máquinas procesan los materiales, siendo capaz de dirigir indagaciones sobre donde ocurren las pérdidas y cuáles son sus consecuencias. Puede dar información a sus operarios y a otros empleados implicados en el proceso de mejora continua de las máquinas.

Es capaz de informar a sus superiores sobre el estado en que se encuentran sus máquinas y los resultados de las mejoras realizadas en ellas.

CALCULO DEL OEE EN HORMICRETO

Se planifica trabajar durante todo el mes de enero pero se deberá descansar algunos días por llenado de silos, por lo tanto se considera como descanso 60 horas en el mes

En cada turno se tiene 1 hora de alimentación para el operador por lo tanto se trabaja durante 22 horas al día

El total de horas para mantenimiento planeado se determinó en 19h.

El total de horas no planeadas es de 91.33h

$$A = 30 * (22h) - (60h)$$

$$A = 600h$$

$$B = 19h$$

$$C = 600 - 19 = 581h$$

$$D = 91.33h$$

$$E = C - D = 489.67h$$

$$\text{Indice de Disponibilidad} = \frac{E}{C} = 0.843$$

La velocidad teórica del equipo es de 6.5Tn/h

La producción real fue de 2605 Ton/mes

$$H = 6.5Tn/h$$

$$I = ExH = 489.67h * 6.5 = 3182.85Tn/mes$$

$$\text{Indice Producción} = \frac{G}{I} = \frac{2605}{3182} = 0.818$$

No se tiene producción rechazada ya que laboratorio determinó resistencias aprobadas a los 3 y 28 días.

Por lo tanto la disponibilidad total es:

$$OEE = 0.843 * 0.818 * 100\% = 69\%$$

Tabla 4- 22 Hoja de producción y fallos de un mes para el cálculo del OEE General

FECHA	HORAS DE PRODUCCIÓN			PRODUCCIÓN DE MORTERO			TM/HORA	CLINKER	PUZOLANA	CALIZA	Y.SALINAS	OBSERVACIONES				
	DÍA	NOCHE	TOTAL	DÍA	NOCHE	TOTAL		TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	H. DE PARADA	H. DE ARRANQUE	TIEMPO	TRABAJO	
1-Jan-15	10.00	11.00	21.00	60.00	66.00	126.00	6.00	96.27	11.65	12.52	3.60			1		
2-Jan-15	10.00	11.00	21.00	60.00	66.00	126.00	6.00	96.57	12.26	12.87	3.65			1		
3-Jan-15	10.00	0.00	10.00	60.00	0.00	60.00	6.00	45.94	5.91	6.20	1.63			12	Descanso de fin de semana	
4-Jan-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	#¡DIV/0!	0.00	0.00	0.00	0.00			24	Descanso de fin de semana	
5-Jan-15	0.00	11.00	11.00	0.00	66.00	66.00	6.00	50.42	6.44	6.86	1.92	7:00	19:00	12	Dano en elevador de cangilones	
6-Jan-15	11.00	9.00	20.00	18.00	54.00	72.00	3.60	55.21	7.88	7.30	2.14			2		
7-Jan-15	5.00	11.00	16.00	30.00	66.00	96.00	6.00	75.31	8.50	9.65	2.90			6		
8-Jan-15	4.00	11.00	15.00	24.00	66.00	90.00	6.00	70.51	6.94	9.37	2.57			7		
9-Jan-15	4.00	11.00	15.00	24.00	66.00	90.00	6.00	70.88	7.02	2.49	2.45			7		
10-Jan-15	11.00	11.00	22.00	66.00	66.00	132.00	6.00	103.64	9.96	13.59	3.86					
11-Jan-15	11.00	11.00	22.00	66.00	66.00	132.00	6.00	103.52	10.05	13.71	3.82					
12-Jan-15	1.00	9.00	10.00	6.00	54.00	60.00	6.00	47.08	6.05	4.82	1.78			10	Mantenim Programado	
13-Jan-15	5.50	8.00	13.50	33.00	48.00	81.00	6.00	63.96	6.94	7.31	2.36			5.5		
14-Jan-15	3.00	10.00	13.00	18.00	60.00	78.00	6.00	60.68	9.11	5.67	2.10			8	Fallo en sistema de lubricac	
15-Jan-15	7.00	9.50	16.50	42.00	57.00	99.00	6.00	77.24	12.23	6.38	2.77			4		
16-Jan-15	11.00	11.00	22.00	66.00	66.00	132.00	6.00	101.74	17.06	9.11	3.24					
17-Jan-15	3.50	11.00	14.50	21.00	66.00	87.00	6.00	66.59	11.24	6.36	2.60			7.5	Fallo en banda de dosificaciòn	
18-Jan-15	11.00	11.00	22.00	66.00	66.00	132.00	6.00	100.83	17.69	9.43	3.82					
19-Jan-15	6.00	9.50	15.50	36.00	57.00	93.00	6.00	71.78	11.37	6.95	2.59			5		
20-Jan-15	3.66	10.00	13.66	22.00	60.00	82.00	6.00	62.53	2.97	6.02	2.37			7.33		
21-Jan-15	3.50	9.50	13.00	21.00	57.00	78.00	6.00	60.85	8.67	5.78	2.56			7.5	Fallo en banda de alimentaciòn	
22-Jan-15	7.00	11.00	18.00	42.00	66.00	108.00	6.00	83.94	11.64	7.99	3.14			4		
23-Jan-15	11.00	11.00	22.00	66.00	66.00	132.00	6.00	103.51	13.86	9.71	3.75					
24-Jan-15	4.50	11.00	15.50	27.00	66.00	93.00	6.00	72.89	9.65	6.93	2.77			6.5		
25-Jan-15	11.00	11.00	22.00	66.00	66.00	132.00	6.00	103.45	14.87	9.74	3.74					
26-Jan-15	5.50	9.00	14.50	33.00	54.00	87.00	6.00	68.41	9.88	6.37	2.46			5	Mantenim Programado	
27-Jan-15	2.00	9.00	11.00	12.00	54.00	66.00	6.00	51.84	7.49	4.84	1.81			11		
28-Jan-15	3.00	9.50	12.50	18.00	57.00	75.00	6.00	58.90	8.21	5.66	2.33			8	Daño en elevador alimentaciòn	
29-Jan-15	6.00	11.00	17.00	36.00	66.00	102.00	6.00	78.86	13.07	7.49	3.00			5		
30-Jan-15	6.00	11.00	17.00	36.00	66.00	102.00	6.00	78.10	13.90	7.59	2.99			5		
TOTAL DE PRODUC MES DE ENERO 2015 (Ton)						2605.00							Paros planeados			
													Descansos			
													Paros no Planeados			

Fuente: Autor

4.7 Conclusiones

- El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una cultura organizacional que se puede aplicar en cualquier tipo de industria ya sea manufacturera o de servicios; en donde el principal objetivo es eliminar los desperdicios que se presenten dentro de la organización, contando siempre con la participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta.
- Si se desea implementar TPM en una organización se recomienda tener en cuenta las siguientes pautas dadas por los autores a lo largo de esta investigación:
 1. Contar con el respaldo y compromiso de la alta dirección de la organización, a tal punto de tomarlo como un objetivo primordial en la planeación estratégica.
 2. Es necesario conocer si es o no el momento ideal para la implementación de esta cultura en la organización. Si las directivas y los operarios no están preparados para implementarlo, mejor reevaluar la idea y dar solución a prioridades de la empresa (económicas, legales, ambientales, etc.).
 3. Es necesario aplicar las 5's al iniciar este proceso, no solo por el orden y aseo sino por la disciplina que esto genera en los empleados. Este es el primer paso para saber si se está o no preparado para implementar TPM y que fallas se pueden estar presentando para dar solución oportuna.
 4. Toda la organización debe entender que TPM es una implementación a largo plazo y que es un proceso de mejoramiento continuo, es decir que siempre se está mejorando, en este caso cero averías, cero defectos, cero daños, en conclusión: Eliminar LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS.
 5. Nombrar un facilitador o coordinador que apoyará todo el proceso de gestión y será el puente entre los operarios y la alta dirección. Se recomienda que esta persona conozca bien el proceso y la organización, además de tener una cierta jerarquía para implementarlo con mayor facilidad.
- El aplicar TPM a las máquinas seleccionadas como críticas en el proceso de producción de cemento nos dará un punto de partida para implementar en toda la línea de proceso de Hormicreteo, ya que vamos a mejorar la disponibilidad de equipos con el control y monitoreo continuo de fallas para

evitar paros no programados que en la actualidad se presentan continuamente, además del involucramiento y adiestramiento del personal de producción y mantenimiento en una correcta gestión de activos.

- Para implementar TPM se debe tener muy claro los objetivos y ventajas que se desea conseguir tanto en disponibilidad de equipos y costos de mantenimiento. Por lo tanto se debe presentar indicadores de desempeño de la máquina como tal y visualizar continuamente para tener un equipo en condiciones favorables de trabajo y atacar las causas de los fallos de forma oportuna.
- Con la implementación de TPM nuestros estándares de calidad mejorarán notablemente pues los equipos críticos seleccionados son los que dan valor agregado al producto final. Por ende con un correcto control y gestión de actividades de mantenimiento podremos lograr resultados muy alentadores en productividad, calidad, reducción de costos y seguridad del personal.

4.8 Recomendaciones

- Para iniciar con la implementación del TPM se debe seleccionar un equipo o línea piloto con el afán de adiestrar al personal en cuidados de equipos y luego transmitir estos conocimientos a toda la empresa ya que de este modo se evitará caer en documentos sin control y operadores, que puedan verificar a corto plazo los beneficios de implementar TPM en cualquier empresa.
- Se debe capacitar a todo el personal en beneficios y ventajas de una correcta gestión de activos desde la alta dirección a los operadores pues si no se integra a todos en la implementación los resultados no podrán ser satisfactorios y pueden dejar incompleto el resultado del TPM.

FIN

4.9 Bibliografía

- DORBESSAN, J. (Julio de 2000). Las 5s, Herramientas de Cambio. *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN EN BASE DE LA METODOLOGÍA 5S*. Buenos Aires, Argentina: Regional San Luis.
- Duffua, S. (2000). *Sistemas de Planeación y control de mantenimiento*. México.
- Fernando Harmsen, R. P. (Abril de 2013). Mantenimiento clase mundial. *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento*. Santiago, Chile: Revista chilena de ingeniería.
- García, O. (2003). MODELO MIXTO DE CONFIABILIDAD BASADO EN ESTADÍSTICA. *IER Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento*. León, México.
- GRAIMAN. (2007). *Industrias Graiman*. Obtenido de Industrias Graiman: http://tuportal/industrias_graiman/
- Guerrero, L. (15 de Julio de 2014). Implementación exitosa de TPM en la industria colombiana. (J. A. Aranguren, Entrevistador)
- Hartmann, E. H. (1992.). *Total Productive Maintenance: Successfully installing TPM in a Non Japanese Plant*. Pennsylvania. Charlotte, North Carolina: ISBN 1-88-2258-00-2.
- Líderes. (2015). Consumo de cemento en Ecuador. *Líderes*, 1.
- López, E. A. (Julio de 2009). EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM Y LA IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO PARA SU EXITOSA IMPLEMENTACIÓN”. *TESIS DOCTORAL*. Bogotá, Colombia.
- MOUBRAY, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Londres: Aladon.
- NAKAJIMA. (1991). *TPM*. Madrid: Japan Institute.
- Nakajima, S. (1994). *Introduction to TPM*. E.E.U.U: ISBN 0915299232.
- Shirose, K. (1992). *TPM for workshop leaders*. Portland-Oregon: Productivity Press Inc.,.
- Steinbacher, H. y. (1993). *TPM for America: What it is and Why you need it*. Portland, Oregon: ISBN 978-1563270444.
- Suzuki, T. (1995). *TPM para Industrias de Proceso*. Madrid: TGP Hoshin.,.

Tabarez, L. (2013). *Administración moderna del mantenimiento*. Rio de Janeiro:
Novo Polo publicaciones.