



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

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN
DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO**

Luis Enrique Valenzuela Corado

Asesorado por la Inga. Sindy Massiel Godinez de Dávila

Guatemala, agosto de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN
DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS ENRIQUE VALENZUELA CORADO

ASESORADO POR LA INGA. SINDY MASSIEL GODINEZ DE DÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godinez de Dávila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de octubre de 2012.



Luis Enrique Valenzuela Corado



Guatemala, 07 de julio de 2014.
REF.EPS.DOC.714.07.14.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

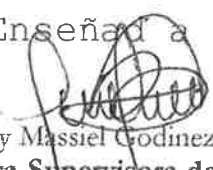
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Luis Enrique Valenzuela Corado**, Carné No. **200815493** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO.**

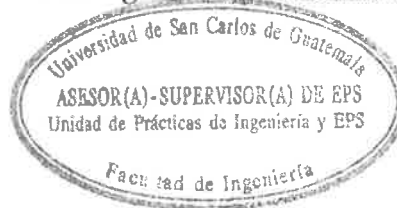
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SMGB/ra



Guatemala, 07 de julio de 2014.
REF.EPS.D.350.07.14

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

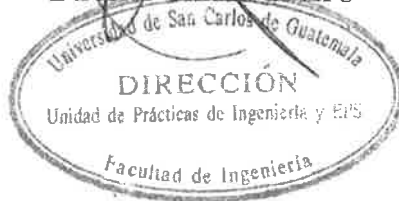
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Luis Enrique Valenzuela Corado** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista. /

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



REF.REV.EMI.096.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Enrique Valenzuela Corado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2014.

/mgp



REF.DIR.EMI.147.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Enrique Valenzuela Corado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 409.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Enrique Valenzuela Corado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 19 de agosto de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme cumplir esta meta y por las infinitas bendiciones recibidas de su parte.
- Mis padres** José Luis Valenzuela y Sonia Elizabeth Corado, por su amor, apoyo incondicional y valores inculcados.
- Mi hermana** Laura Valenzuela, por tu apoyo y ejemplo de fortaleza ante la vida.
- Mis abuelos** Mercedes Vásquez, Daniel Valenzuela, Amanda Salazar y Víctor Corado. Por ser ejemplos de vida y consejeros invaluable.
- Mis tíos** Francisco, Leonel y Víctor Corado; Rolando, Lidia, David, Thelma, Elsa, Daniel y Esduardo Valenzuela, por su ejemplo y motivarme a ser mejor persona cada día.
- Primos** Por su ejemplo y cariño. Para que luchen por sus sueños y alcancen todas sus metas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me formó como profesional y que me mostró las necesidades y bondades de nuestra amada Guatemala.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para desempeñar mi profesión.
Mis amigos de la Facultad	A todos ustedes muchas gracias, por los gratos momentos compartidos y la amistad incondicional que me brindaron en estos años.
Multigroup	Por permitirme desarrollar mi trabajo de graduación dentro de su corporación.
Ing. Eduardo Gramajo	Por el apoyo recibido en el desarrollo del presente proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE MAYACERO	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Misión y visión	2
1.3. Valores	3
1.4. Política de calidad	4
1.5. Productos	5
1.6. Organización	11
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO	13
2.1. Diagnóstico.....	13
2.1.1. Análisis Causa-Efecto del Departamento de Mantenimiento	13
2.1.2. Análisis FODA de la implementación del sistema EAM.....	17
2.2. Descripción de la situación actual	20

2.2.1.	Departamento de Mantenimiento	21
2.2.1.1.	Organización	21
2.2.1.2.	Planes de mantenimiento	22
2.2.1.3.	Recurso humano	24
2.2.1.4.	Órdenes de trabajo.....	26
2.2.1.5.	Solicitudes de insumos y repuestos	29
2.2.1.6.	Maquinaria y equipo	32
	2.2.1.6.1. Descripción y función	33
	2.2.1.6.2. Análisis actual	39
2.3.	Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo	42
2.3.1.	Historial de mantenimiento	43
2.3.2.	Planificación de las actividades preventivas.....	43
2.3.2.1.	Especificaciones técnicas.....	45
2.3.2.2.	Disponibilidad	48
	2.3.2.2.1. Recurso humano.....	48
	2.3.2.2.2. Maquinaria y equipo.....	49
2.3.2.3.	Frecuencia de las actividades preventivas	51
2.3.3.	Rutinas de mantenimiento preventivo	52
2.3.3.1.	Lubricación e inspección	55
2.3.3.2.	Actividades mecánicas	56
2.3.3.3.	Actividades eléctricas	63
2.3.3.4.	Otras actividades.....	67
2.3.3.5.	<i>Outsourcing</i>	80
2.3.4.	Programación piloto del Plan de Mantenimiento Preventivo	82
2.3.5.	Monitoreo y control.....	86
2.3.5.1.	Órdenes de trabajo.....	87

	2.3.5.2.	Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.....	89
	2.3.5.3.	Informes.....	91
	2.3.5.4.	Documentación de las actividades preventivas	92
	2.3.5.5.	Lectura y registro de horómetros.....	93
	2.3.6.	Repuestos e insumos	94
2.4.		Implementación del sistema Enterprise Asset Management (EAM)	96
	2.4.1.	Sistema Enterprise Asset Management (EAM).....	100
		2.4.1.1. Definiciones básicas	102
		2.4.1.2. Herramientas del sistema EAM	105
	2.4.2.	Capacitaciones sobre uso e implementación	106
	2.4.3.	Documentación de la información de base de datos.....	114
		2.4.3.1. Definición de códigos de base de datos.....	118
		2.4.3.2. Plantillas de carga masiva de información	121
	2.4.4.	Definición de indicadores KPI's.....	123
		2.4.4.1. Cuadro de mando integral	125
	2.4.5.	Fase de prueba de sistema EAM.....	128
		2.4.5.1. Evaluación del desempeño del sistema EAM en su fase de prueba ...	129
		2.4.5.2. Mejoras propuestas	131
	2.4.6.	Resultados del sistema EAM.....	132
2.5.		Costos de implementación	133

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE PAPEL EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE PLANTA MAYACERO.....	135
3.1.	Análisis del consumo actual de papel	135
3.1.1.	Análisis de Pareto	137
3.1.2.	Principales procesos del consumo de papel	139
3.1.2.1.	Órdenes de trabajo.....	140
3.1.2.2.	Solicitudes de materiales.....	142
3.1.3.	Estrategias para la reducción del consumo de papel	143
3.2.	Plan de Reducción del Consumo de Papel	143
3.2.1.	Metodología propuesta para la reducción del consumo de papel	144
3.2.2.	Recursos necesarios	145
3.2.3.	Programación de actividades	146
3.2.4.	Aplicación del sistema EAM como medio digital para la reducción del consumo de papel en el Departamento de Mantenimiento	148
3.2.4.1.	Órdenes de trabajo y solicitudes de materiales.....	149
3.2.4.2.	Documentos adjuntos a OT y fotografías de artículos.....	150
3.3.	Evaluación de resultados	152
3.4.	Costo de la propuesta	154
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN.....	155
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	155
4.2.	Plan de Capacitación	158
4.2.1.	Metodología.....	159

4.2.2.	Recursos necesarios	161
4.2.3.	Programación de actividades.....	162
4.2.4.	Capacitaciones	163
4.3.	Evaluación de resultados.....	170
4.4.	Costo del Plan de Capacitación.....	174
CONCLUSIONES		177
RECOMENDACIONES		179
BIBLIOGRAFÍA		181
APÉNDICES		183
ANEXOS		199

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Varilla de construcción	5
2.	Malla electrosoldada	6
3.	Armaceros.....	7
4.	Estribos y eslabones	8
5.	Joist tipo vigueta	9
6.	Costanera J.....	10
7.	Organigrama Multigroup.....	12
8.	Causa – Efecto actividades de mantenimiento	16
9.	Matriz FODA	19
10.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento	22
11.	Causa – Efecto Plan de Mantenimiento actual.....	23
12.	Causa – Efecto situación del recurso humano de mantenimiento.....	25
13.	Causa – Efecto de la aplicación actual de OT.....	27
14.	Orden de trabajo actual.....	28
15.	Solicitud de materiales	30
16.	Causa – Efecto de la gestión actual de solicitudes de insumos	31
17.	Proceso de trefilado	33
18.	Enderezadora y cortadora de varilla	34
19.	Soldadora de electromalla.....	36
20.	Soldadora de vigueta	37
21.	Proceso de planificación del mantenimiento	45
22.	Formato de control diario de equipos de filtración.....	69
23.	Formato de control diario de equipos de enfriamiento	70

24.	Formato de control semanal de equipos de aire comprimido	72
25.	Formato de registro semanal de montacargas	74
26.	Órden de trabajo en sistema EAM	90
27.	Formato general de informes del Departamento de Mantenimiento	91
28.	Formato para registro de horómetros	94
29.	Flujograma de la gestión de mantenimiento	99
30.	Diagrama de aplicaciones del sistema EAM	102
31.	Flujograma de procedimiento para orden de compra	109
32.	Flujograma de procedimiento para la generación de una solicitud de OT.....	111
33.	Diagrama de bloque para generación de OT en sistema EAM.....	112
34.	Diagrama de estructuración de sistemas y activos.....	118
35.	Cuadro de mando integral del sistema EAM.....	127
36.	Diagrama de Pareto del consumo de papel en mantenimiento	139
37.	Gestión actual de una orden de trabajo	141
38.	Solicitud de materiales.....	142
39.	Programación del Plan de Reducción Consumo de Papel	147
40.	Aplicación de documentos adjuntos a OT en sistema EAM.....	151
41.	Documentos adjuntos a OT en sistema EAM	152
42.	Formato de evaluación diagnóstica del personal del Departamento de Mantenimiento	156
43.	Programa de capacitaciones enero-febrero.....	162
44.	Programa de capacitaciones marzo-abril.....	163
45.	Formato de buenas prácticas en las actividades de mantenimiento...	164
46.	Formato de capacitación sobre mantenimiento preventivo	165
47.	Formato de capacitación introductoria al sistema EAM	167
48.	Formato de aplicación y uso del sistema EAM	169
49.	Evaluación de generación de una solicitud de trabajo	171
50.	Evaluación de generación de una orden de trabajo.....	172

TABLAS

I.	Análisis FODA de la implementación del sistema EAM.....	18
II.	Recurso humano de mantenimiento	24
III.	Estado actual de maquinaria y equipo	40
IV.	Áreas y requerimientos	47
V.	Recurso humano requerido	49
VI.	Estandarización de rutinas de mantenimiento preventivo.....	52
VII.	Rutinas de mantenimiento preventivo.....	54
VIII.	Rutina preventiva de lubricación e inspección.....	56
IX.	Rutina preventiva mecánica estándar de 250 hrs.....	57
X.	Rutina preventiva mecánica estándar de 500 hrs.....	58
XI.	Rutina preventiva mecánica estándar de 1 000 hrs.....	59
XII.	Rutina preventiva mecánica estándar de 3 000 hrs.....	60
XIII.	Rutina preventiva mecánica estándar de 5 000 hrs.....	62
XIV.	Rutina preventiva eléctrica estándar de 250 hrs.....	63
XV.	Rutina preventiva eléctrica estándar de 500 hrs.....	65
XVI.	Rutina preventiva eléctrica estándar de 1 000 hrs.....	66
XVII.	Rutina preventiva eléctrica estándar de 5 000 hrs.....	67
XVIII.	Rutina preventiva montacargas	73
XIX.	Rutina preventiva mecánica bimestral de grúas	76
XX.	Rutina preventiva mecánica anual de grúas	77
XXI.	Rutina preventiva eléctrica bimestral de grúas	78
XXII.	Rutina preventiva eléctrica anual de grúas	79
XXIII.	Tabla XXIII. Programación de actividades preventivas mes I.....	83
XXIV.	Programación de actividades preventivas mes II.....	84
XXV.	Programación de actividades preventivas mes III.....	85
XXVI.	Códigos de falla	89
XXVII.	Repuestos e insumos de mayor consumo	95

XXVIII.	Definición de códigos	119
XXIX.	Plantilla de carga masiva de sistema y activos EAM.....	123
XXX.	Costos de implementación del sistema EAM	133
XXXI.	Fuentes de información del consumo de papel y medios impresos.....	136
XXXII.	Detalle de consumo mensual de papel	137
XXXIII.	Diagrama de Pareto del consumo de papel y medios Impresos.....	138
XXXIV.	Evaluación de la reducción de consumo de papel y medios impresos en el Departamento de Mantenimiento	153
XXXV.	Costo de la adaptación del sistema EAM como herramienta para la reducción del consumo de papel y medios impresos ..	154
XXXVI.	Nivel académico del personal de Mantenimiento	157
XXXVII.	Experiencia laboral de los colaboradores del Departamento de Mantenimiento.....	157
XXXVIII.	Resultados de evaluación de solicitud de OT.....	173
XXXIX.	Resultados de evaluación de generación de OT.....	173
XL.	Costo del Plan de Capacitación	174

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Activo
Cant.	Cantidad
Cm	Centímetro
C_i	Costo de indisponibilidad
Docs.	Documentos
ELEC	Eléctrico
hrs	Horas
I	Instalado
KPI	Key performance indicator
MO	Mano de obra
MOE	Mano de obra externa
MP	Mantenimiento preventivo
TPM	Mantenimiento productivo total
MAYA	Mayacero
MEC	Mecánico
m	Metro
mm	Milímetro
min	Minutos
No.	Número
OC	Orden de compra
OT	Orden de trabajo
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje

pH	Potencial de hidrógeno
Q.	Quetzales (moneda Guatemala)
rpm	Revoluciones por minuto
S	Sistema
S.A.	Sociedad anónima
TMF	Tiempo medio entre fallas
Ton	Tonelada
U	Unidades

GLOSARIO

Actividad	Indicación específica de lo que debe realizar el técnico de mantenimiento a determinado equipo.
Activo	Equipo compuesto de piezas que genera un mantenimiento.
American Society for Teasting and Materials	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, líder en el desarrollo de normas internacionales de consenso voluntario. Cada una de ellas con el fin de mejorar la calidad de los productos, la seguridad, acceso a mercados y comercio y fomentar la confianza en el consumidor.
Alambrón	Materia prima utilizada en el proceso de trefilado para la obtención de cada uno de los productos de planta Mayacero.
Balance Score Card	Cuadro de mando integral, herramienta administrativa para medir las actividades de una compañía en términos de la visión y estrategia. Proporciona a los gerentes una mirada global del desempeño del negocio.

Base de datos	Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para el posterior uso.
Carrete	Término acuñado al rollo de alambre como materia prima o ya trefilado que se instala en los distintos equipos para el procesamiento.
Chiller	Sistema cerrado de enfriamiento de líquidos para diferentes procesos industriales.
Código de cierre	Es el lenguaje utilizado para denotar y registrar las causas de las diferentes fallas que se dan en los sistemas o activos.
Enterprise Asset Management (EAM)	Software para la gestión de activos empresariales enfocado al área de mantenimiento.
Enterprise Resource Planning (ERP)	Software para la planificación y gestión de los distintos recursos de una empresa.
Horómetro	Medidor que se instala en un equipo para el registro y control de las horas trabajadas.
KPI's	Serie de indicadores que se utilizan dentro del cuadro de mando integral (<i>BSC</i>) para la medición de desempeño de los distintos campos posibles.

Mantenimiento	Conjunto de tareas necesarias para lograr que un dispositivo realice la función de forma adecuada.
Mantenimiento predictivo	Tipo de mantenimiento que se basa en el análisis de las condiciones de los equipos con registros estadísticos o ensayos no destructivos, permitiendo tomar decisiones antes de que ocurra el fallo.
<i>O´rings</i>	Junta mecánica en forma toroidal, generalmente de goma, que se ajusta en un asiento entre dos piezas desmontables para crear un sello entre ellas. Presente en cilindros hidráulicos y neumáticos.
Órden de compra	Documento por el cual se autoriza y registra la aprobación de una compra o servicio requerido por la organización.
Órden de trabajo	Documento que autoriza, registra y evalúa las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento.
<i>Outsourcing</i>	Subcontratación, externalización o tercerización. Es el proceso económico por el cual una empresa asigna recursos a una empresa externa para cumplir ciertas tareas internas.
Pieza	Son todas aquellas partes que no generan un mantenimiento, ya que en caso de fallo o mantenimiento preventivo se sustituyen.

Rutina	Conjunto de actividades que se cumplen en un intervalo de tiempo específico.
Sistema	Es un elemento compuesto de activos que genera un mantenimiento.
Tarea	Conjunto de actividades asignada una determinada ocupación para el cumplimiento en una rutina de mantenimiento preventivo
Trefilado	Proceso de manufactura en frío de la reducción de sección de un alambre o varilla al hacerlo pasar por una serie de rodillos o dados.
<i>Up load utility</i>	Software que permite la interfaz entre Microsoft Excel y el sistema EAM para la carga masiva de información a la base de datos.

RESUMEN

Planta Mayacero es una empresa con 12 años de experiencia en la comercialización y fabricación de productos de acero para el sector de la construcción en la región centroamericana. De la necesidad de mejorar la gestión en el Departamento de Mantenimiento y garantizar el cumplimiento de los objetivos organizacionales, surge el proyecto de diseñar un Plan de Manteamiento Preventivo y la implementación del software para la gestión de activos empresariales (EAM).

El presente trabajo de graduación, desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) busca integrar al Departamento de Mantenimiento a la gestión estratégica de la organización y para ello se desarrollaron cuatro capítulos en donde se analizan, desarrollan y evalúan las distintas metodologías, estrategias y actividades realizadas.

Se inicia con el análisis general de la empresa, misión, visión, código de valores, política de calidad, los procesos productivos, la organización y cartera de productos. Esta información da una visión global de la empresa que permite profundizar en el análisis del Departamento de Mantenimiento y la interacción con el resto de la organización.

El Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto comprende 33 equipos instalados en planta con base en la disponibilidad de mano de obra, insumos y repuestos, horarios de trabajo y factor de utilización de los equipos. Se diseñaron rutinas de mantenimiento preventivo de lubricación, inspección, actividades mecánicas, actividades eléctricas y *outsourcing*. Asimismo, se

definen las herramientas y metodología para el monitoreo y control de las actividades preventivas a través de ordenes de trabajo, definición de códigos de falla, presentación de informes y documentación.

La implementación del sistema EAM comprende una serie de capacitaciones que contienen, la implementación, uso y gestión. Se presenta la documentación e información necesaria para el adecuado funcionamiento y la aplicación en el registro y evaluación de cada una de las actividades de mantenimiento. A través de la definición de indicadores (KPI's) y el análisis en el cuadro de mando integral, para la toma de decisiones y evaluación del cumplimiento de los objetivos; se conoce en tiempo real la situación, desempeño y resultados de las actividades de mantenimiento. Permite a la vez una comunicación más efectiva y en tiempo real con las áreas involucradas en los procesos de gestión del mantenimiento, que son: bodega, compras y costos.

Se presenta también un Plan para la Reducción del Consumo de Papel en el Departamento de Mantenimiento, aplicando los principios de Producción más Limpia, logrando con ello mejorar los procedimientos actuales de traslado y registro de la documentación.

Se logra con el presente proyecto un Plan de Mantenimiento Preventivo que reducirá las actividades correctivas, garantizará el buen estado y disponibilidad de los equipos; traduciendo todo ello en un mejor aprovechamiento de los recursos y reducción de costos de mantenimiento. El sistema EAM brinda información en tiempo real del estado y resultados del Departamento de Mantenimiento, mejorando la comunicación con el resto de la organización.

Con la aplicación del Plan de Consumo de Papel, se logró una reducción del 75 % en el uso de papel y medios impresos.

OBJETIVOS

General

Diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo e Implementar el sistema Enterprise Asset Management (EAM), como herramienta de gestión de activos enfocado al mantenimiento en planta Mayacero.

Específicos

1. Analizar la situación actual de la organización para una efectiva implementación del sistema EAM y diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo.
2. Implementar el sistema EAM como herramienta de gestión de activos empresariales, enfocado en el Departamento de Mantenimiento.
3. Recopilar, estandarizar y codificar la base de datos del sistema EAM.
4. Definir los indicadores necesarios para evaluar el desempeño del Departamento de Mantenimiento y la evolución en el tiempo.
5. Definir los instrumentos de análisis, monitorio y control de la gestión administrativa del Departamento de Mantenimiento.
6. Diseñar un plan que permita la reducción del consumo de papel y medios impresos en el Departamento de Mantenimiento.

7. Diseñar un Plan de Capacitación para el personal de Mantenimiento de planta Mayacero.

INTRODUCCIÓN

Planta Mayacero es parte de la corporación Multigroup y se dedica al proceso de trefilado de acero; para la producción de malla electro soldada, varillas lisas o corrugadas, vigueta y otros elementos preformados para el área de la construcción.

El mantenimiento como tal, es una de las tareas más importantes dentro de toda organización, ya que garantiza el buen estado y funcionamiento de los equipos e instalaciones. Es de este principio que surge la necesidad de diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo y la implementación de un sistema de gestión de activos que permita registrar, evaluar y hacer más eficiente el trabajo del Departamento de Mantenimiento; y al mismo tiempo integrarlo con la operación y gestión de la organización.

En la actualidad, la planta no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, basándose únicamente en trabajos correctivos para los equipos, esto tiene como consecuencia un elevado número de paros no programados y un elevado costo en repuestos e insumos por la emergencia de las reparaciones.

En los últimos años, la aplicación de software dentro de las organizaciones como herramienta de control, gestión y manejo de información, ha derivado en una mejor capacidad de reacción ante los cambios y un evidente crecimiento de las organizaciones; al ofrecer un mejor servicio a sus clientes. El software EAM es una herramienta para la gestión de activos que involucra además del

Departamento de Mantenimiento, a los Departamentos de Costos, Bodega y Compras.

El software EAM administra la información y permite una efectiva interacción entre los distintos departamentos involucrados, lo que genera procedimientos más rápidos y al mismo tiempo, reduce casi en la totalidad el uso de medios impresos para los distintos procesos administrativos y operativos del mantenimiento.

La capacitación del personal de Mantenimiento es necesaria para el cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo, así como para el buen funcionamiento del sistema de gestión de activos. Es importante que el personal conozca la herramienta y comprenda la importancia de la implementación y uso, cumpliendo de esta forma con las metas y objetivos del área; que a la vez contribuyen al cumplimiento de las metas y objetivos organizacionales.

1. GENERALIDADES DE MAYACERO

Multigroup fundamenta el trabajo corporativo, en la fabricación y comercialización de acero a nivel nacional e internacional, partiendo de las necesidades y satisfacción de los clientes como un valor organizacional; es por ello que cumple con los estándares de calidad internacional, mediante la implementación sostenible de las Innovaciones tecnológicas de punta.

Planta Mayacero es parte de la corporación Multigroup y se concentra en la fabricación y comercialización de diversos productos de acero para la construcción. El principal proceso de la planta es el de trefilado, en donde se reduce el área transversal del alambión y al mismo tiempo se puede crear textura, obteniendo de esta forma bobinas de alambre del diámetro requerido para dar vida a la diversidad de la cartera de productos.

Cuenta para ello, con personal profesional capacitado y comprometido con los requerimientos de los clientes y de la Corporación; apoyando con ello al desarrollo económico del país y generando empleos que promueven el crecimiento de los colaboradores y las familias de cada uno de ellos.

1.1. Reseña histórica

En 1987 inicia operaciones la empresa Multiperfiles S. A. con una planta productiva en Puerto Barrios, Izabal. En 1990 se inicia la fabricación de tuberías industriales y en 1993 se traslada la planta de producción al kilometro 33,5 Palín, Escuintla.

En 2003 se inaugura una nueva planta llamada Megaplanta en el kilometro 39,5 Palín, Escuintla. Es aquí donde inicia labores la empresa Mayacero, con la finalidad de atender la demanda de productos de acero para el sector de la construcción. Para el año 2012 planta Mayacero cuenta 130 colaboradores.

En esta misma ubicación, en el 2005 se inaugura la planta Expansión dedicada principalmente a la fabricación de tubería. Y en 2012 inicia operaciones Galvacero con el servicio especializado de galvanización por emersión en caliente.

Hoy en día (2014), con más de 25 años de experiencia en la industria, Multiperfiles evoluciona a Multigroup, posicionándose como el grupo líder en acero de la región centroamericana, ofreciendo la más amplia variedad de productos derivados del acero.

1.2. Misión y visión

La misión y visión reflejan la razón de ser de la organización y el propósito que tiene para cada día ser mejor, para el bienestar de los colaboradores y clientes.

- Misión

“Somos una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos de acero a nivel nacional e internacional, cumpliendo con los estándares de calidad, mediante la innovación y tecnología de punta, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, contribuyendo al crecimiento de los colaboradores y maximizando la inversión de los accionistas”¹.

- Visión

“Ser la mejor opción para adquisición de productos de acero, a nivel nacional e internacional, superando para ello las expectativas de nuestros clientes”².

1.3. Valores

Los valores reflejan los principios fundamentales de la organización y a continuación se enumera y detalla cada uno de los cinco valores de Multigroup.

- Honestidad

En la realización de las funciones y atribuciones asignadas por la empresa y en las relaciones humanas dentro y fuera de la Corporación.

¹ Multigroup. Misión y Visión corporativa. Disponible en web: <http://www.multigroup.com.gt/?PAGE=10>. [Consulta: 8 de febrero de 2013].

² Ibid.

- Actitud

Tener disposición para la proactividad, positivismo, tolerancia y madurez en todas las funciones y atribuciones.

- Servicio

Empatía, ser buen oyente, rapidez de respuesta con clientes y colaboradores.

- Lealtad

Fidelidad para la Corporación, jefes, colaboradores y compañeros.

- Calidad

Implica excelencia en los productos, en los procesos y en la interacción diaria con clientes y colaboradores.

1.4. Política de calidad

“Fabricamos y comercializamos productos de acero de la más alta calidad. Satisfacemos los requerimientos del cliente mediante la mejora continua de nuestros procesos, con un equipo de trabajo capacitado y comprometido”³.

³ Multigroup. Política de calidad corporativa. Disponible en web: <http://www.multigroup.com.gt/?PAGE=12>. [Consulta: 8 de febrero de 2013].

1.5. Productos

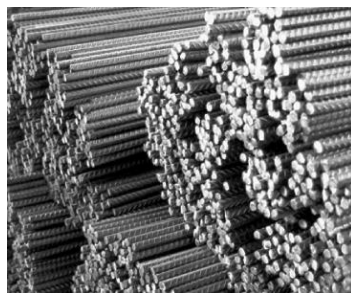
Como se mencionó anteriormente, planta Mayacero se dedica a la fabricación y comercialización de productos de acero para el sector de la construcción. Cuenta una amplia variedad de productos que se describen a continuación.

- Varilla de construcción

Las varillas de construcción pueden ser utilizadas para sistemas constructivos de mampostería reforzada y confinada para viviendas hasta de dos niveles. Las varillas de alta resistencia pueden usarse como refuerzos de cimientos corridos, columnas, soleras de humedad, intermedias y finales; mochetas, pines, losas y otras.

Las varillas de hierro Mayacero cumplen con estrictos controles de calidad, apoyados por el moderno laboratorio que permite medir la calidad de la corruga, resistencia a la tensión y otras propiedades. El hierro para la construcción Mayacero cumple con la Norma Americana ASTM A 496.

Figura 1. **Varilla de construcción**



Fuente: www.multigroup.com.gt. Consulta: 18 de abril de 2013.

- **Malla electrosoldada**

Los emparrillados electrosoldados de varillas lisas o corrugadas grado 70 para la construcción se encuentran disponibles en planchas estándar de 2,35 x 6,00 m y rollos de 1,22 x 20,00 metros, con cuadros de 15 x 15 cm (6" x 6"). Se utilizan en losas o terrazas, tubos de concreto, paredes, piscinas, pisos, calles, cisternas, muros de contención y mucho más.

Estas son fabricadas bajo regulaciones de la Norma Americana ASTM A 497, ASWG, guatemalteca COGUANOR NGO 36020. Además se cuenta con un estricto control de calidad apoyado por el moderno laboratorio, que permite medir la calidad de la corruga, la resistencia a la tensión de la varilla y la resistencia de la unión electro soldada entre varillas.

Figura 2. **Malla electrosoldada**



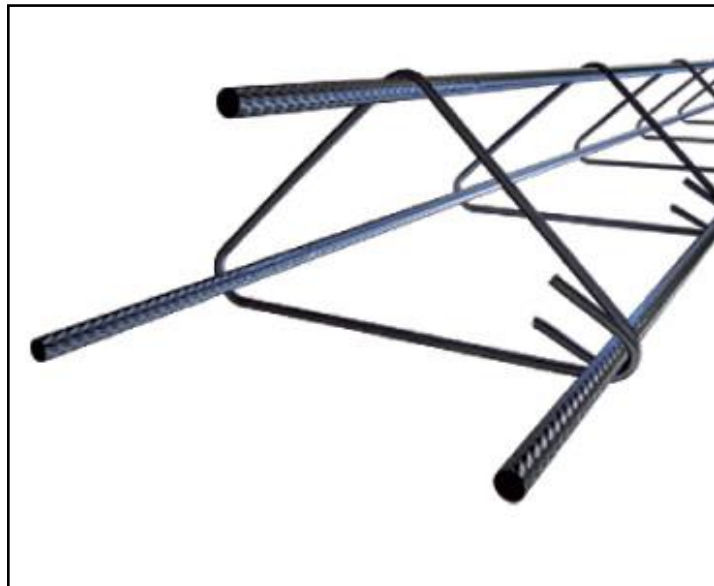
Fuente: www.multigroup.com.gt. Consulta: 14 de noviembre de 2012.

- **Armaceros**

Los armaceros para la construcción, son armaduras para cimientos corridos, columnas, soleras y mochetas; hechas con varillas de acero grado 70.

Fabricados con estribos o eslabones electro soldados que garantizan una distribución uniforme de esfuerzos. La configuración permite dejar el recubrimiento adecuado de concreto, lo que garantiza la protección del refuerzo contra la corrosión.

Figura 3. **Armaceros**



Fuente: www.multigroup.com.gt. Consulta: 14 de noviembre de 2012.

- **Estribos y eslabones**

Son productos prefabricados elaborados a partir de alambrión de acero con bajo contenido de carbono de acuerdo a los requerimientos internacionales para refuerzo de concreto. Estos productos están disponibles para ser colocados y fijados a las varillas de refuerzo principal de columnas y vigas.

Los estribos y eslabones se fabrican bajo estrictos controles de calidad, tanto en el corte como en el doblado del acero, por medio de máquinas automáticas que garantizan la uniformidad del doblado y el esfuerzo del material.

Este producto representa grandes beneficios, como mejorar la rapidez en el proceso constructivo al eliminar el corte y doblado del material, se logran cero desperdicios de acero, facilita el control de inventarios y representa un significativo ahorro de tiempo y mano de obra.

Figura 4. Estribos y eslabones



Fuente: www.multigroup.com.gt. Consulta: 14 de noviembre de 2012.

- Joist tipo vigueta

Compuesto por un cordón superior, dos inferiores y dos diagonales, se diferencia por ser un sistema de alma abierta, en el cual se ha sustituido el material del alma por las diagonales que aportan el refuerzo necesario y exacto al elemento.

Se aplica como armadura o nervio de acero en viguetas para losas prefabricadas tipo vigueta y bovedilla, está fabricado con cordones o varillas de alta resistencia de diámetro variable hasta 12 mm, de acuerdo a la capacidad de carga que se desee obtener.

Figura 5. **Joist tipo vigueta**



Fuente: www.multigroup.com.gt. Consulta: 14 de noviembre de 2012.

- **Costanera J**

Es una armadura triangular que sustituye a la costanera tradicional de 4 y 6 pulgadas. Está compuesta por dos varillas paralelas superiores, dos diagonales y una varilla inferior, las cuales soportan las cargas distribuyéndolas hacia los apoyos externos.

Se diferencia por ser un sistema de alma abierta, en el cual se ha sustituido el material del alma por nervios o cordones, que aportan el refuerzo básico y necesario al elemento. El sistema de alma abierta permite que los elementos sean más livianos y por consiguiente más económicos sin perder la capacidad de carga.

La Costanera J Mayacero tiene la aplicación como soporte o apoyo directo de cubiertas para techos.

Figura 6. Costanera J



Fuente: www.multigroup.com.gt. Consulta: 14 de noviembre de 2012.

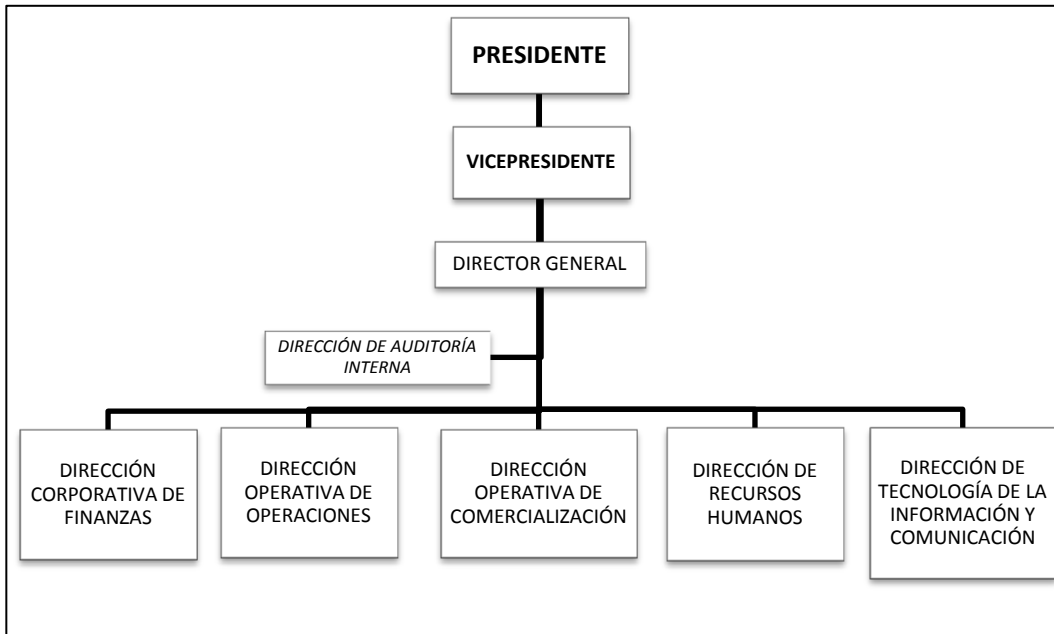
1.6. Organización

Multigroup emplea una organización de tipo funcional para el cumplimiento de sus objetivos. Este tipo de organización ofrece áreas especializadas en cada una de las actividades administrativas y productivas.

La estructura organizacional superior es de tipo vertical y esta conformada por un presidente, vicepresidente y un director general, quienes encabezan la línea de mando en el orden antes descrito. Estos puestos tienen como principal función la dirección, toma de decisión y planificación estratégica a largo plazo de la organización.

Luego se divide en cinco direcciones que se encuentran en el mismo nivel organizacional (tipo horizontal), cada una de ellas especializada en el área de funciones (finanzas, operaciones, comercialización, recursos humanos y tecnología de la información y comunicación). Estas direcciones tienen como función la administración, toma de decisión especializada y planificación estratégica a corto y mediano plazo, para cada una de las áreas de especialización.

Figura 7. Organigrama Multigroup



Fuente: Multigroup (todos los derechos reservados)

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM) EN PLANTA MAYACERO

El diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos e instalaciones de planta Mayacero e implementación del sistema EAM para la gestión y registro de las actividades de mantenimiento, surge de la necesidad de mejorar la gestión y desempeño del Departamento de Mantenimiento, así como del esfuerzo de integrar este departamento al resto de la organización, haciéndolo participe de las tomas de decisiones y reconociendo la importancia que representa en el cumplimiento de las metas organizacionales.

2.1. Diagnóstico

El diagnóstico se enfoca en la situación actual del Departamento de Mantenimiento y la factibilidad de la implementación del sistema Enterprise Asset Management (EAM).

2.1.1. Análisis Causa-Efecto del Departamento de Mantenimiento

Actualmente se trabaja casi en la totalidad con actividades de mantenimiento correctivo, lo que incurre en altos costos operativos para el Departamento de Mantenimiento. Definiendo de esta manera el problema; como el elevado costo de las actividades de mantenimiento.

Se pretende a través de un análisis de causa y efecto encontrar la raíz del problema y aportar soluciones efectivas para el mismo. La metodología conocida como 6m permitirá determinar las principales causas del problema en la maquinaria, mano de obra, método, materia prima, medición y medio ambiente.

- Maquinaria

El principal problema en la maquinaria son los paros no programados por fallas en su funcionamiento. Estos fallos representan trabajos de emergencia para el Departamento de Mantenimiento, lo que hace difícil garantizar la calidad de los mismos. Al mismo tiempo; el paro retrasa la programación de la producción y genera tiempos ociosos para los operarios de los equipos.

- Mano de obra

El trabajar con un programa de mantenimiento correctivo afecta la disponibilidad y programación de actividades para el personal del Departamento de Mantenimiento. Esto genera una alta demanda de horas extraordinarias para cumplir con emergencias e imprevistos, todo esto representa un alto costo de operación.

- Método

Este método correctivo refleja una baja productividad para el área de mantenimiento y producción. La falta de programación de actividades genera atrasos en entregas y una mala comunicación entre los departamentos involucrados (Mantenimiento, Producción, Bodega y Compras).

- Materia prima

En este caso la materia prima se analizará como insumos y consumibles del Departamento de Mantenimiento. Las actividades correctivas no permiten una planificación efectiva de los niveles de *stock* de repuestos e insumos. Esto genera atraso en el cumplimiento de las actividades por falta de repuestos y en algunos casos pagos más elevados por los repuestos o servicios por la urgencia de los mismos.

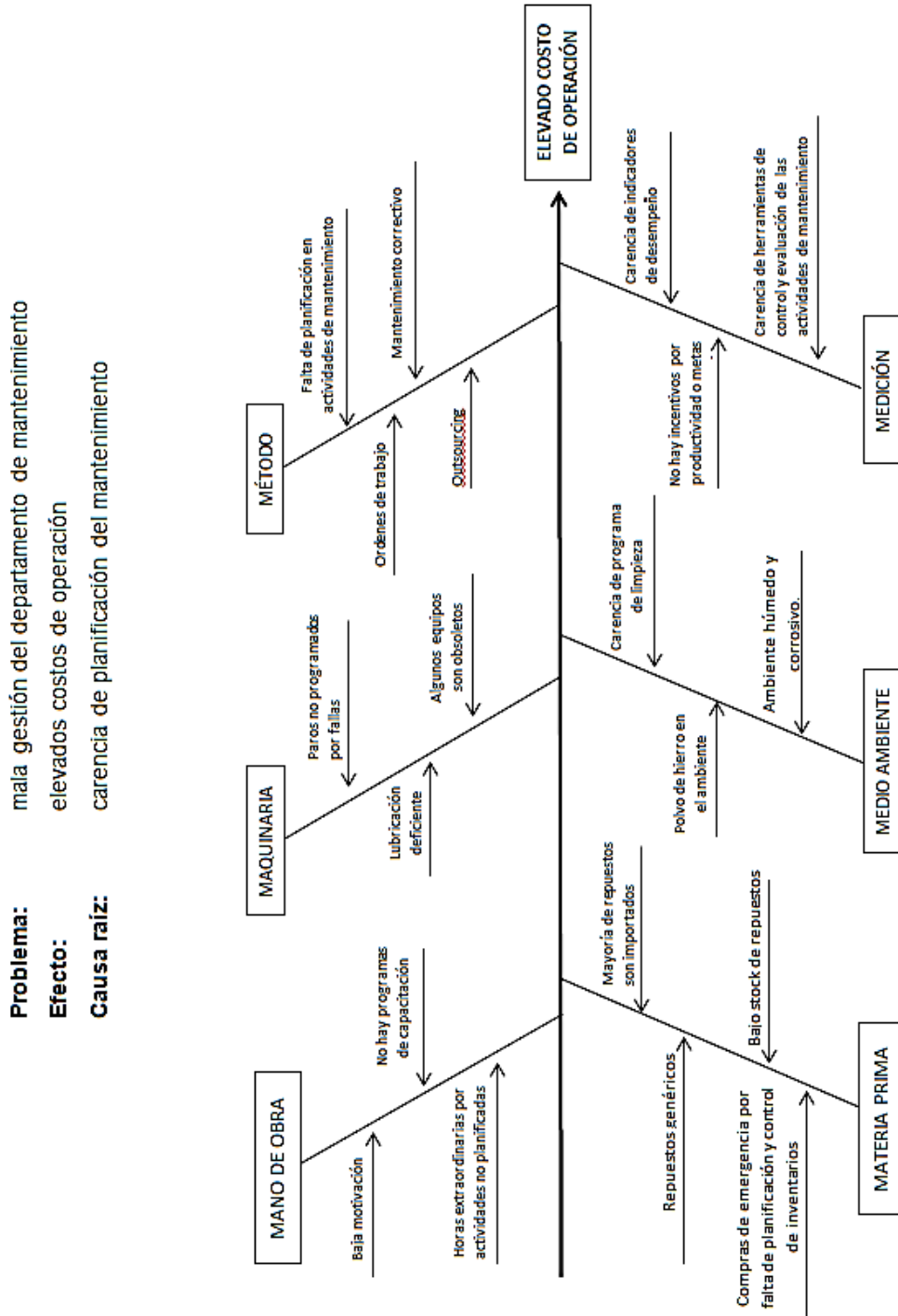
- Mediciones

El Departamento de Mantenimiento actualmente, solo tiene como documento de registro de actividades, las órdenes de trabajo, sin embargo; estas no son muy específicas en las actividades realizadas, tiempo empleado y lo más importante, el costo de la actividad.

- Medio ambiente

Planta Mayacero se encuentra ubicada en Palín, Escuintla y cuenta con clima cálido con temperatura anual promedio de 25 °C y una humedad relativa del 80 %. La humedad es un factor a tomar en cuenta por la corrosión a que está da lugar, tanto en las máquinas como en el acero que se procesa en ellas. Asimismo; el proceso de trefilado genera una gran cantidad de polvo de hierro que afecta a los elementos móviles, giratorios, eléctricos y electrónicos de las máquinas, todo ello sumado a la humedad del ambiente, representan una de las principales causas de fallos no programados en los equipos. Es por estos factores ambientales que es necesario contar con rutinas periódicas de inspección, limpieza y lubricación.

Figura 8. Causa – Efecto actividades de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

De este análisis se confirma la necesidad de un Plan de Mantenimiento Preventivo que permita mejorar el desempeño del Departamento de Mantenimiento, que garantice la disponibilidad de los equipos para cumplir con la programación de la producción y reduzca los elevados costos actuales.

2.1.2. Análisis FODA de la implementación del sistema EAM

El siguiente análisis FODA evalúa la viabilidad de la implementación del sistema Enterprise Asset Management en planta Mayacero. Este análisis permite conocer las características internas y la situación externa de las áreas involucradas en la implementación, siendo estas áreas; el Departamento de Mantenimiento, Departamento de Compras, Bodega de Insumos de Mantenimiento, Departamento de Costos y Gerencia de Operaciones.

El análisis externo permite determinar las amenazas y oportunidades que como proyecto deben tomarse en cuenta para el éxito de la implementación. Los factores que se analizaron para estas dos áreas fueron elementos políticos, sociales, legales, económicos, medio ambientales y tecnológicos.

Este análisis interno permite determinar las debilidades y fortalezas que se tienen y que influirán en la implementación del sistema EAM. El análisis de los elementos internos toma en cuenta los recursos existentes, analizando de esta forma la situación económica, recurso humano, maquinaria y equipo, clientes, calidad del producto, procesos administrativos y mercadeo.

Cada uno de los elementos descritos en este análisis, se recopilaban a través de un proceso de investigación de la situación actual de la organización, en gran medida por medio de la observación de los procesos administrativos y el análisis de los principales problemas descritos en los informes archivados del

Departamento de Mantenimiento durante el período 2011-2012. Los elementos externos se analizaron con base en investigaciones del ambiente social, económico y político de Guatemala durante este mismo período.

Tabla I. **Análisis FODA de la implementación del sistema EAM**

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> * Personal con experiencia en los equipos e instalaciones de la empresa. * Se cuenta con los recursos necesarios para la implementación del sistema EAM. * Maquinaria confiable y eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> * Poco apoyo a la capacitación de los colaboradores * La falta de inversión en piezas e insumos para las tareas de mantenimiento * Bajos niveles de <i>stock</i> de repuestos en bodega
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> * La evolución en la tecnología de la información como medio para acelerar los procesos de gestión industrial. * El crecimiento en la demanda de productos de acero a nivel regional. * La rápida adaptación de los sistemas de gestión a los nuevos modelos y metodologías de producción y calidad a nivel mundial, a través de software empresariales. 	<ul style="list-style-type: none"> * Períodos de tiempo muy largos para sustituir piezas e insumos de los equipos por parte de los proveedores. * Deficiente servicio de internet por proveedores locales, para el adecuado funcionamiento del sistema EAM. * Competidores ofrecen opciones de productos similares a menor precio.

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Matriz FODA

FACTORES INTERNOS		DEBILIDADES	
FACTORES EXTERNOS		FORTALEZAS	
OPORTUNIDADES	<p>O1 La evolución en la tecnología de la información como medio para acelerar el proceso de gestión industrial.</p> <p>O2 El crecimiento en la demanda de productos de acero a nivel regional.</p> <p>O3 La rápida adaptación de los sistemas de gestión a nuevos modelos y metodologías de producción y calidad a nivel mundial, a través de software empresariales.</p>	<p>F1 Personal con experiencia.</p> <p>F2 Recursos necesarios para la implementación del sistema EAM.</p> <p>F3 Maquinaria confiable y eficiente.</p> <p>FO</p> <ul style="list-style-type: none"> Mejorar el canal de información entre departamentos por medio del sistema EAM (F2, O1, O3) Mejorar la gestión administrativa y procesos de producción para competir en el mercado centroamericano. (F1, F3, O2, O1) 	<p>D1 Poco apoyo a la capacitación.</p> <p>D2 La falta de inversión en piezas y tareas de mantenimiento.</p> <p>D3 Bajos niveles de stock de repuestos en bodega</p> <p>DO</p> <ul style="list-style-type: none"> Optimizar los costos de inventarios a través de niveles óptimos de pedidos, garantizando las existencias (D2, D3, O1, O3) Capacitar al personal de mantenimiento en automatización, mantenimiento preventivo y uso del sistema EAM (D1, O1, O3)
AMENAZAS	<p>A1 Periodos de tiempo muy largos para sustituir piezas e insumos de los equipos por parte de los proveedores.</p> <p>A2 Deficiente servicio de internet por proveedores locales, para el adecuado funcionamiento del sistema EAM</p> <p>A3 Competidores ofrecen opciones de productos similares a menor precio.</p>	<p>FA</p> <ul style="list-style-type: none"> Rutinas de mantenimiento preventivo para la planificación de piezas e insumos (F1, F2, F3, A1) Garantizar la calidad del servicio de internet y telecomunicaciones para el óptimo funcionamiento del sistema EAM (F2, A2) Optimizar los recursos y control de costos para ser competitivos en el mercado global de hoy en día. (F1, F3, A3) 	<p>DA</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio de inventarios para el Departamento de Bodega y la Logística de pedidos de repuestos importados. (D2, D3, A1) Inversión en capacitación, piezas y equipos para ser competitivos en el mercado regional. (D1, D2, A3)

Fuente: elaboración propia.

2.2. Descripción de la situación actual

Es necesario conocer la situación actual de la organización, los procesos productivos, así como las funciones, actividades y obligaciones del Departamento de Mantenimiento. Todo ello es necesario para que el diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo y la implementación del sistema EAM se desarrolle de forma efectiva y acorde a las necesidades y situación de planta Mayacero.

Se tiene el apoyo e iniciativa en todos los niveles de la organización para la implementación del sistema EAM y mejorar el desempeño las actividades y gestión del mantenimiento a través de este proyecto.

Actualmente, el Departamento de Mantenimiento cuenta con 5 colaboradores y son ellos quienes desempeñan todas las tareas de mantenimiento correspondientes a los equipos productivos e instalaciones de la organización. Se debe evaluar la disponibilidad y habilidad de los colaboradores, el estado y disponibilidad tanto de las instalaciones como de los equipos que intervienen de forma directa o indirecta en la producción.

Los beneficios que ofrece el sistema EAM y un efectivo Plan de Mantenimiento Preventivo son muchos, pero es importante tomar en cuenta que para que se obtengan resultados positivos, será necesario un cambio en la forma actual de trabajar, una implementación ordenada y comprometida, así como una adecuada administración del sistema y recursos asignados.

2.2.1. Departamento de Mantenimiento

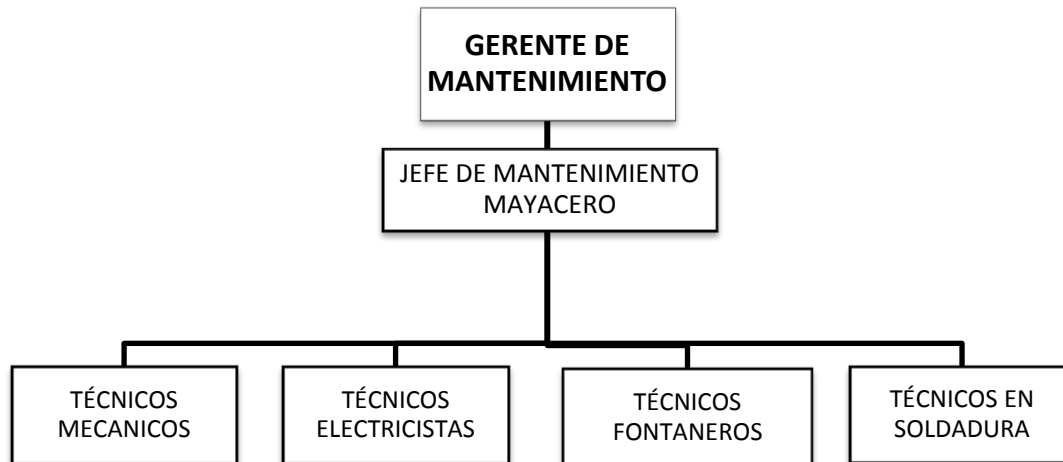
El Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero es el encargado de velar por el buen funcionamiento y disponibilidad de los distintos equipos instalados en la planta. Este departamento atiende actividades mecánicas, eléctricas, soldadura y fontanería.

2.2.1.1. Organización

Al igual que la organización, el Departamento de Mantenimiento posee una estructura de tipo funcional para el cumplimiento de los objetivos. Este tipo de estructura permite tener puestos de acuerdo a una especialización, al contar con personal especializado en cada una de las áreas, se crea una apertura para la toma de decisiones, una comunicación más efectiva y directa entre cada una de las áreas.

El Departamento de Mantenimiento comprende cuatro áreas técnicas especializadas (mecánica, electricidad, fontanería y soldadura) las cuales están bajo la supervisión del jefe de Mantenimiento y quien a la vez; es supervisado por el gerente de mantenimiento, lo que nos muestra una estructura organizacional de tipo vertical. Esta estructura permite atender efectivamente las necesidades de mantenimiento presentes en planta Mayacero.

Figura 10. **Organigrama del Departamento de Mantenimiento**



Fuente: Departamento de Mantenimiento Mayacero.

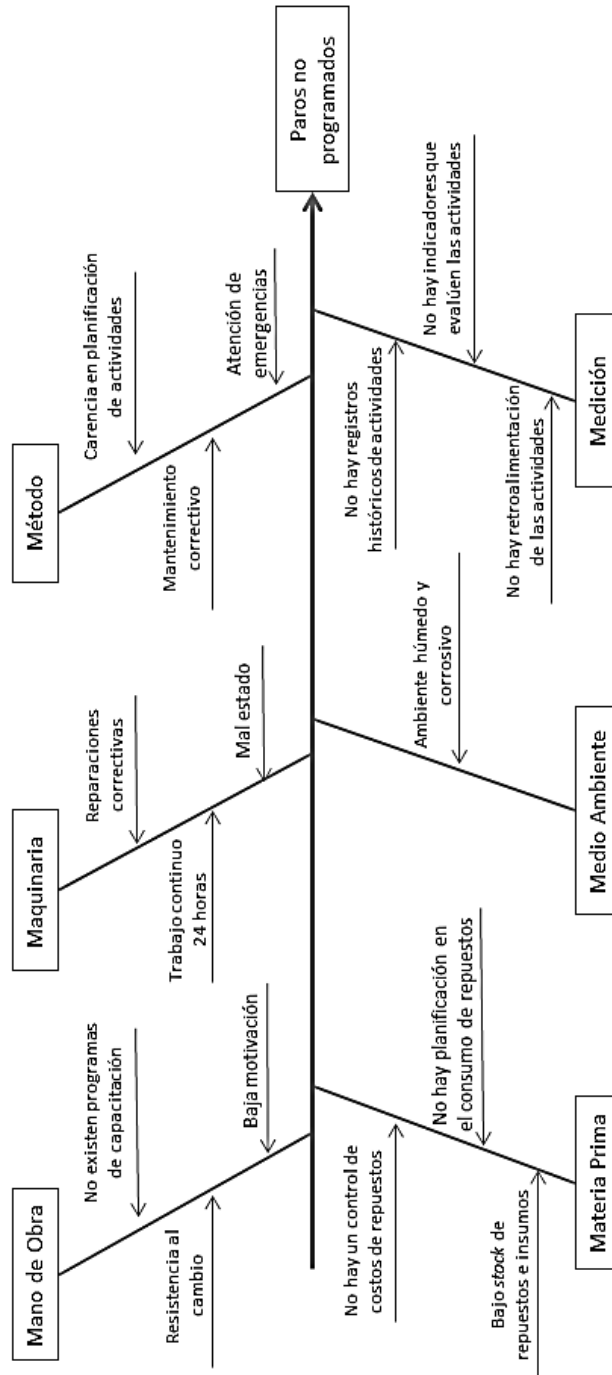
2.2.1.2. Planes de mantenimiento

Actualmente el 85 % de las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento son de carácter correctivo. Los únicos registros de planes de mantenimiento preventivo se encuentran en los equipos que son monitoreados por proveedores externos. Tal como es el caso del sistema de filtración de agua, sistemas de refrigeración, montacargas y sistemas de aire acondicionado.

Se han realizado algunos trabajos de mantenimiento preventivo anualmente a los equipos vitales de la empresa, sin embargo, no se ha dado un seguimiento a los mismos y no se cuenta con registro de las distintas actividades que se realizaron. Por lo que se puede afirmar que el Departamento de Mantenimiento no ha contado con un Plan de Mantenimiento Preventivo para el registro y control de las actividades de mantenimiento y esto se ve reflejado en el siguiente análisis.

Figura 11. Causa – Efecto Plan de Mantenimiento actual

Problema: bajo control del mantenimiento
 Efecto: paros no programados
 Causa raíz: falta de programación y resistencia al cambio



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.3. Recurso humano

Los colaboradores del Departamento de Mantenimiento poseen amplios conocimientos técnicos y experiencia en cada una de las áreas donde se desempeñan, pero no todos cuentan con certificados de estudios en estas áreas. Hacen falta programas de capacitación que preparen al personal en las actividades diarias, que impulsen la mejora continua y que motiven a los colaboradores.

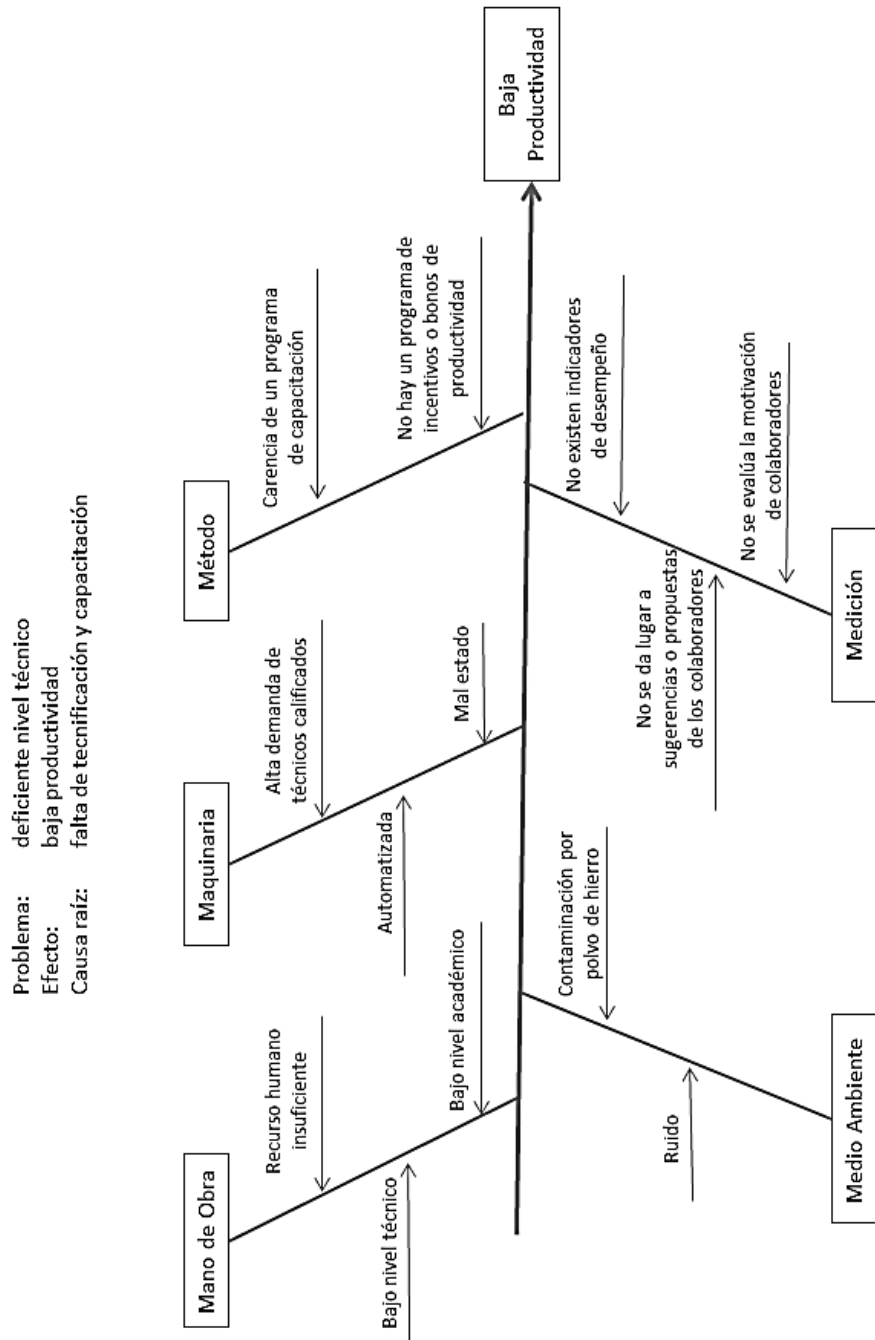
Actualmente el Departamento de Mantenimiento cuenta con cinco colaboradores, ellos son los encargados de brindar el soporte técnico a cada uno de los equipos instalados para garantizar el buen funcionamiento y disponibilidad.

Tabla II. Recurso humano de mantenimiento

Ocupación	No. de técnicos	Descripción
Técnico Mecánico	2	Mecánica general, hidráulica, neumática y metalmecánica
Técnico Electricista	1	Electricidad industrial, principios de electrónica y comunicación
Soldador	1	Soldadura certificada y metalmecánica
Técnico en tratamiento de aguas y fontanería	1	Acondicionamiento del agua, equipos de filtración, equipos de enfriamiento, tuberías y accesorios

Fuente: Departamento de Mantenimiento Mayacero.

Figura 12. Causa – Efecto situación del recurso humano de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

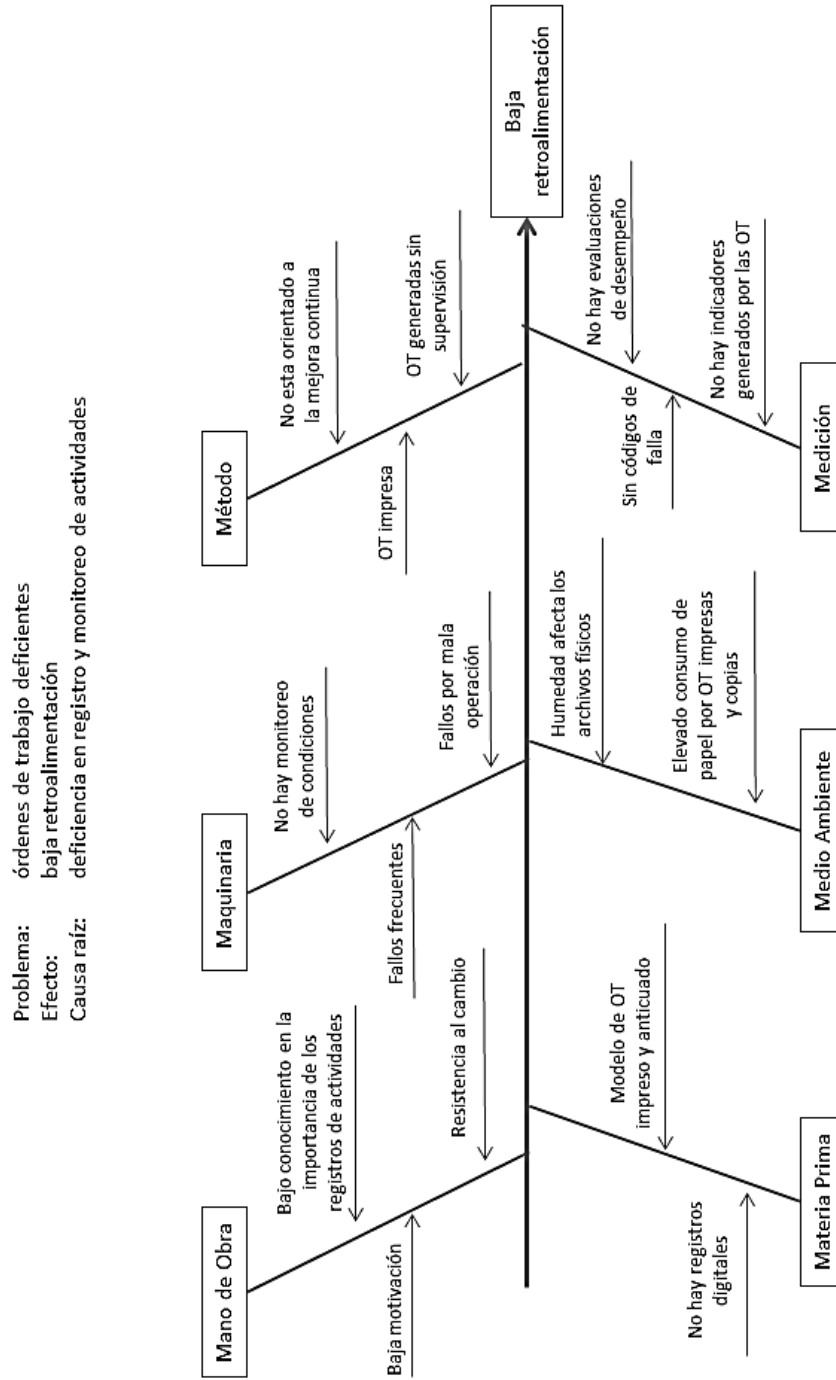
2.2.1.4. Órdenes de trabajo

La orden de trabajo es un documento en donde se detallan las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento. Actualmente las órdenes de trabajo registran las actividades correctivas, así como las actividades preventivas realizadas por proveedores externos. Al mismo tiempo la orden de trabajo se utiliza como documento de solicitud de orden compra para piezas, repuestos o actividades realizadas por proveedores externos.

Las órdenes de trabajo utilizadas por el Departamento de Mantenimiento cuentan con cuatro copias; para el archivo de mantenimiento, para el gerente de mantenimiento, para el técnico que realizará la actividad y la que se utiliza como solicitud de compra a bodega, de los repuestos sin existencia en *stock*.

Este documento registra la información principal de cada una de las actividades realizadas; sin embargo, hay actividades que se consideran menores o bien por la urgencia de la reparación se olvida realizar el registro en una OT. Esto hace que el control y registro del historial de mantenimiento de un equipo no sea efectivo y confiable. Además por el tipo de documento, todo el proceso de aprobación, solicitud de piezas y solicitud de OC se desarrolla a través de firmas de autorización y traslado de documentos, esto hace que el proceso sea lento y de baja trazabilidad. Todo ello se ve reflejado en el siguiente Análisis Causa-Efecto de las deficiencias en el registro del historial de mantenimiento por medio de órdenes de trabajo.

Figura 13. Causa – Efecto de la aplicación actual de OT



Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se muestra el formato de orden de trabajo utilizado para el registro, análisis y evaluación de las actividades de mantenimiento

Figura 14. Orden de trabajo actual



MultiGroup
LIDER EN ACERO

M# 002542

FECHA: _____

PRIORIDAD: 1 2 3

TURNO: _____

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ORDEN DE TRABAJO

R02-PSMF-MT-01

DEPARTAMENTO / MAQUINA: _____

NOMBRE DEL SOLICITANTE: _____ HORA: _____

DESCRIPCION DEL PROBLEMA: _____

Eléctrico
Mecánico
Herrería
Plomería
Tornos
Albañilería
Varios

USO EXCLUSIVO MANTENIMIENTO

TECNICO ASIGNADO: _____

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA: _____

NECESIDAD DE REPUESTO: _____

OBSERVACION Y CONCLUSION: _____

HORA / FECHA DE ENTREGA: _____

FIRMA JEFE MANTENIMIENTO

FIRMA TECNICO ASIGNADO

FIRMA OPERADOR

FIRMA GERENTE MANTENIMIENTO

PRIORIDAD 1 LINEA PARADA

2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3 PROYECTOS O MODIFICACIONES

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO / GRUPO MULTIPERFILES

Fuente: Departamento de Mantenimiento Mayacero.

Este tipo de órdenes de trabajo requiere de un amplio espacio para ser archivadas y aunque se encuentre organizado por equipo, es lento el proceso de ubicar una OT específica y es aún más complicado si lo que se busca es una falla en particular o piezas de recambio si no se tiene el número de OT o fecha aproximada de la actividad.

No existe ningún tipo de sistema o base de datos que facilite la ubicación y trazabilidad de las órdenes de trabajo en proceso y las que ya fueron cerradas. Es por este motivo que actualmente no se cuenta con datos que permitan generar indicadores que brinden al jefe de Mantenimiento información efectiva para mejorar los procesos, reducir costos de mantenimiento y conocer la situación en tiempo real del departamento y la gestión.

2.2.1.5. Solicitudes de insumos y repuestos

La solicitud de insumos o repuestos a bodega es un documento por medio del cual se autorizan y registran las distintas transacciones entre bodega y mantenimiento. Es importante resaltar que estas solicitudes se utilizan exclusivamente para el despacho de insumos y piezas en *stock*.

Estos documentos requieren de una autorización por parte del jefe de Mantenimiento y el proceso puede llegar a ser lento, dado que el técnico, una vez tiene la autorización de la solicitud de materiales debe ir a bodega en donde inician con la verificación de la existencia de las piezas; de haber, se procede al despacho de las mismas. El Departamento de Mantenimiento no cuenta con acceso a la base de datos de bodega para verificar la existencia de piezas e insumos, si se contara con esto no se perdería tiempo en extender solicitudes por artículos que no tienen existencia.

La solicitud contiene la información más importante como lo es el nombre del solicitante, el número de OT a la que pertenece la solicitud, una descripción de los materiales, cantidades solicitadas y despachadas.

Figura 15. **Solicitud de materiales**

HIERRO MULTIPERFILES
EL MUNDO DEL HIERRO

23 CALLE 1-39, ZONA 3
GUATEMALA, C.A. 01003
PBX: (502) 2230-6360
FAX: (502) 2232-7830

SOLICITUD DE MATERIALES

ORDEN No. _____

Nombre: _____ Fecha: _____

Departamento: _____

Material Solicitado	Cantidad Solicitada	Cantidad Entregada

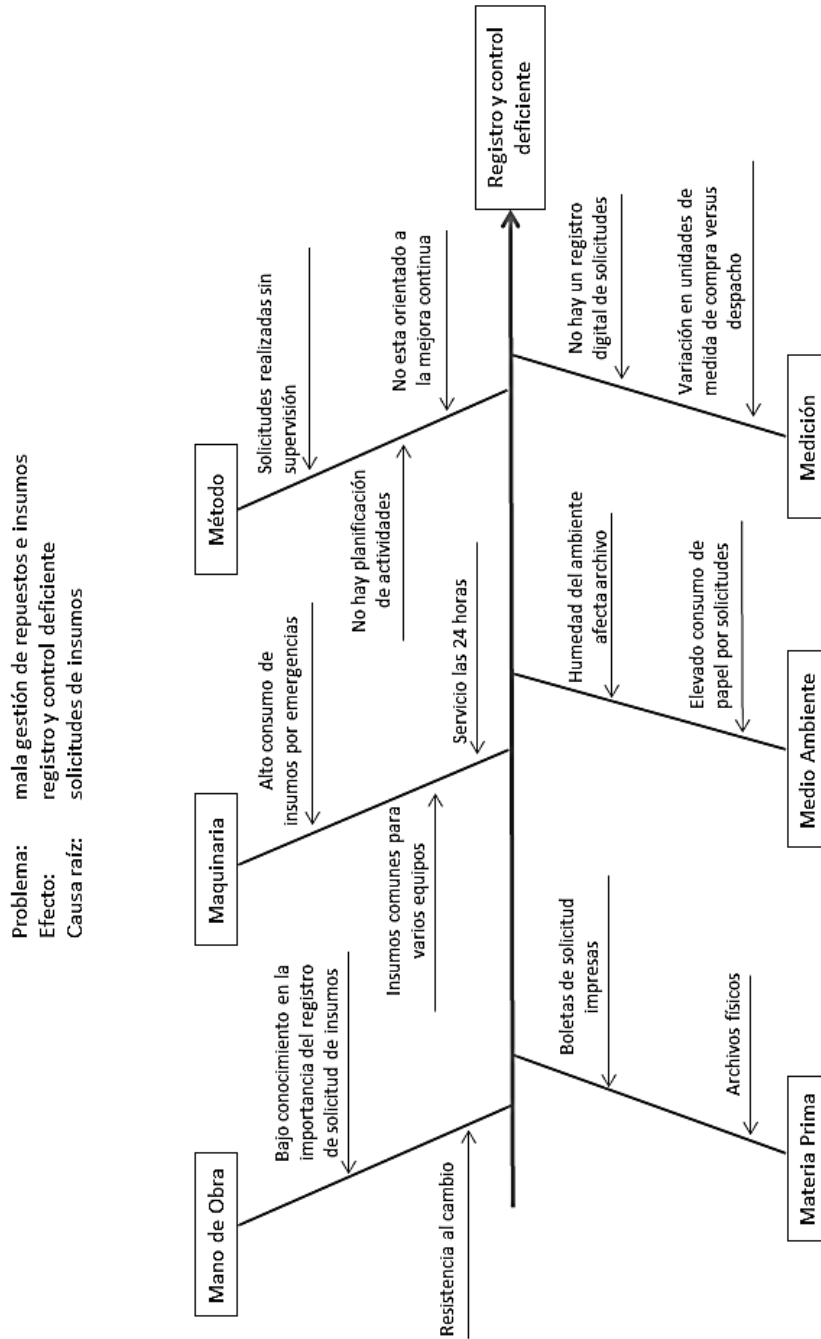
Observaciones: _____

_____ Firma Solicitante _____ Firma Jefe Inmediato

Fuente: Departamento de Mantenimiento Mayacero.

En el siguiente Análisis Causa-Efecto se reflejan las causas de la deficiencia en el registro de las solicitudes de insumos, y se observa que hay necesidad de mejorar este proceso para una más efectiva gestión administrativa del Departamento de Mantenimiento.

Figura 16. **Causa – Efecto de la gestión actual de solicitudes de insumos**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.6. Maquinaria y equipo

La maquinaria y equipos instalados en planta Mayacero son eficientes y modernos, la mayoría de los equipos cuentan con tecnología europea, lo que garantiza la calidad del producto y la automatización de los procesos, sin embargo el trabajo de mantenimiento es vital para cumplir con esta calidad, así como para garantizar el buen estado y disponibilidad.

Planta Mayacero cuenta con 18 máquinas que hacen posibles todos los procesos productivos, obteniendo de ellas la variedad de productos para la construcción que ofrece a los clientes. Estas máquinas y equipos son:

- Trefiladoras de alambre
- Cortadoras y enderezadoras de varilla
- Soldadora de electro malla
- Formadora de vigueta
- Formadora de eslabones
- Cortadora de malla electro soldada
- Dobladora de malla electro soldada

Además de los equipos principales mencionados anteriormente, existen otros que cumplen tareas secundarias pero igualmente vitales para el adecuado funcionamiento de los principales. Estos equipos son:

- Sistemas de transformadores eléctricos
- Sistema de tratamiento de aguas de refrigeración
- Sistemas de manejo de cargas (grúas y montacargas)
- Sistema de aire comprimido
- Sistemas de aire acondicionado

2.2.1.6.1. Descripción y función

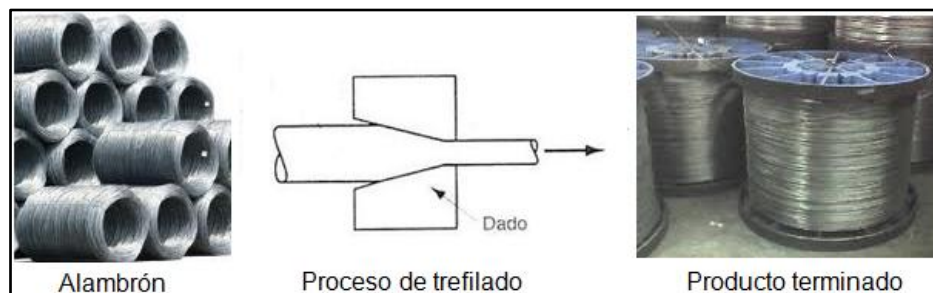
A continuación se detalla la aplicación y especificaciones generales de cada uno de los equipos y elementos utilizados en los procesos productivos de planta Mayacero.

- Trefiladoras de alambre

Son máquinas que a través de un proceso en frío de estirado y presión, reducen el diámetro y dan textura, de ser necesario, al alambroón de acero. Las trefiladoras son alimentadas con alambroón de acero de bajo contenido en carbono, este es tensado a través de una serie de cilindros y por medio de dados o discos de trefilado se le da el diámetro final requerido. Obteniendo de esta manera al final del proceso carretes o canastas de alambre liso o corrugado del diámetro requerido para los siguientes procesos productivos.

Estos equipos están conformados por elementos mecánicos, neumáticos, hidráulicos, electrónicos, eléctricos, de enfriamiento y aire acondicionado. Lo cual involucra todas las Áreas de Mantenimiento.

Figura 17. **Proceso de trefilado**



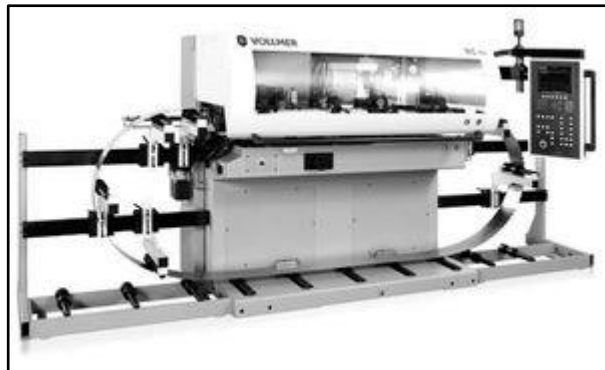
Fuente: <http://www.acerotek.com.mx/site/productos.p=48>. Consulta: 12 de febrero de 2013.

- Cortadoras y enderezadoras de varilla

Las cortadoras y enderezadoras de varilla son equipos que a partir de los carretes o canastas de alambre trefilado producen varillas perfectamente derechas del largo que se requiera. Estos equipos, a través de un árbol de enderezado giratorio obtienen un alambre completamente derecho y por medio de sensores y calibración, el sistema de corte da el largo de la varilla, esta puede ser varilla lisa o corrugada desde 3,5 mm a 12 mm.

Las enderezadoras son equipos en la mayoría de funcionamiento mecánico, con elementos neumáticos y electrónicos para la automatización del proceso. La limpieza y lubricación son las áreas fundamentales para garantizar un buen funcionamiento y disponibilidad.

Figura 18. **Enderezadora y cortadora de varilla**



Fuente: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/enderezadora>.

Consulta: 12 de febrero de 2013.

- Soldadora de electromalla

Los equipos de soldadura de electromalla son los que a partir de carretes de alambre trefilado y varillas perfectamente derechas producen electromalla de distintas dimensiones acorde a los requerimientos del cliente, también se pueden hacer variaciones en las dimensiones del cuadro y el diámetro del alambre.

Este proceso se logra a través de paso de enderezado de los carretes de alambre que formarán las secciones longitudinales de la malla. Varillas previamente cortadas y enderezadas son alimentadas a la máquina para ser soldadas y formar así las secciones transversales de la malla. Por último, se cortan las mallas del largo requerido por el cliente o bien se forman bobinas de malla para facilitar el transporte. Siendo las medidas estándar de 2,35 x 6,00 m y rollos de 1,22 x 20,00 m, con cuadros de 15 x 15 cm (6" x 6").

Los equipos de soldadura de electromalla son los más complejos con los que cuenta la planta. Están compuestos por una serie de elementos mecánicos, sistemas de sensores, motores eléctricos, servomotores, variadores, dispositivos hidráulicos, sistema neumático, software, elementos eléctricos, sistema de enfriamiento, equipos de aire acondicionado, etc. Que hacen que el proceso sea completamente automatizado y eficiente. Pero a la vez demanda una serie de destrezas, conocimientos y experiencia por parte del Departamento de Mantenimiento para atender y garantizar el buen funcionamiento de estos equipos.

Figura 19. **Soldadora de electromalla**



Fuente: <http://www.schlatter.ch/en/welding-plants>. Consulta: 12 de febrero de 2012.

- Formadora de vigueta

Esta máquina es la encargada de producir el Joist tipo vigueta y costanera J a través de un proceso de soldadura. Inicia con el ingreso de cinco carretes o canastas de alambre trefilado, se enderezan y tres de ellos van directamente a la sección de soldadura para formar las tres secciones principales. Los otros dos alambres luego de ser enderezados pasan al área de formado en donde obtienen la singular forma de zigzag, luego se encuentran con los tres alambres principales en el área de soldadura en donde se unen para dar lugar la forma triangular de la sección.

En el caso de la costanera J, ingresa otro alambre transversal que se corta y suelda en la parte inferior de la sección triangular. Por último en el área de corte se le dará el largo final a cada una de las viguetas o costaneras para ser apiladas para el transporte.

Este equipo trabaja bajo un complejo sistema de sincronización mecánico, así como con la asistencia de automatización neumática, hidráulica, electrónica, software, elementos y dispositivos electricos.

Figura 20. **Soldadora de vigueta**



Fuente: <http://www.awm.it>. Consulta: 12 de febrero de 2012.

- **Formadora de eslabones**

Es una máquina que trabaja con base en un complejo sistema hidráulico, que a partir de una canasta o carrete de alambre trefilado forma como el nombre lo indica eslabones de las dimensiones y formas que se le programe. Es una máquina completamente automatizada, que reduce el trabajo de mano de obra y el tiempo de preparación en el sector construcción.

Este equipo cuenta con una diversidad de elementos hidráulicos para el accionamiento, así como con elementos electrónicos, eléctricos y software que consiguen un desempeño efectivo y completamente automatizado.

- Cortadora de malla electrosoldada

Este equipo tiene un funcionamiento sencillo y se utiliza para cortar secciones de electromalla de las dimensiones que se requiera. Cuenta con una guillotina la cual corta longitudinalmente la malla de las medidas necesarias. Esta compuesto principalmente por elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos para el funcionamiento y requiere de asistencia de personal para la operación.

- Dobladora de malla electrosoldada

La dobladora de malla se utiliza para formar los armacero. Permite formar columnas o joist a partir de electro malla, de esta manera logra de forma rápida y eficiente obtener productos para la construcción que reducen el trabajo y tiempo de mano de obra. Al igual que la cortadora de malla es simple en el funcionamiento y consta únicamente de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos para el accionamiento. A pesar de ser programables los ángulos de doblés requiere de la asistencia de personal de operación para la fijación y manipulación de la malla.

2.2.1.6.2. Análisis actual

Para describir de una mejor forma el estado de los equipos instalados en Planta Mayacero se definieron las siguientes ponderaciones y a continuación se describe cada una de ellas.

- **Excelente**

Indica que el equipo se encuentra en perfectas condiciones, el producto procesado en ella cumple sin inconveniente con los estándares de calidad y no ha presentado fallas recurrentes en los últimos dos meses de análisis.

- **Bueno**

El equipo trabaja correctamente, sin embargo, hay actividades o piezas pendientes de reparar o sustituir y el producto que procesa presenta ligeras fluctuaciones en los gráficos de control de calidad. Han presentado al menos dos fallas recurrentes en los últimos dos meses de análisis.

- **Regular**

El funcionamiento del equipo no es adecuado, se sabe que hay piezas por sustituir o reparar y se registran problemas recurrentes en la calidad del producto que procesan o actividad que desempeñan. Han presentado al menos dos fallas recurrentes en los últimos dos meses de análisis.

- Deficiente

El equipo se encuentra fuera de funcionamiento por falta de repuestos o reparaciones pendientes.

Con base en estas ponderaciones se muestra en la tabla III el estado de cada uno de los equipos principales involucrados en los distintos procesos productivos.

Tabla III. **Estado actual de maquinaria y equipo**

Maquinaria y equipos	Estado actual
Trefiladoras	Bueno
Cortadoras y enderezadoras	Regular
Soldadora de electromalla	Bueno
Formadora de vigueta	Bueno
Formadora de eslabones	Excelente
Cortadoras de malla	Excelente
Dobladoras de malla	Bueno
Grúas	Regular

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que el estado actual de los equipos e instalaciones de planta Mayacero en general es bueno, esto se debe a que la mayoría de los equipos son modernos y aun conservan la mayoría de las piezas y accesorios originales. Sin embargo, se observa que las actividades de mantenimiento son en la mayoría correctivas, lo que significa que no se cuenta con *stock* adecuado de repuestos y piezas de recambio.

El otro factor que se debe tomar en cuenta es la falta de un adecuado programa de limpieza en las máquinas, ya que el ambiente en planta presenta una elevada contaminación por polvo de hierro, derivado del proceso de trefilado. Este factor debe de tomarse en cuenta para las actividades preventivas, ya que este elemento es altamente abrasivo y al tratarse de un metal es un muy buen conductor de la electricidad. Esta última característica es de tomar muy en serio para evitar fallas y averías en los paneles eléctricos de los equipos, ya que puede llegar a afectar los elementos semiconductores y aislantes presentes en los elementos electrónicos y eléctricos de las máquinas.

Definitivamente las áreas que más atención requieren en los equipos e instalaciones son la limpieza periódica y la revisión de piezas de desgaste de los equipos, sobre todo en las de trefilado por el constante roce del alambón y alambre trefilado.

2.3. Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo

Un efectivo Plan de Mantenimiento Preventivo garantiza las condiciones de cada uno de los elementos y equipos, con un óptimo *stock* de repuestos, mano de obra calificada y una efectiva planificación de actividades.

El presente Plan de Mantenimiento Preventivo inicia con una descripción de los equipos instalados, función, estado actual y un análisis general del historial de mantenimiento de los equipos e instalaciones. Ya con la información inicial se describe el proceso de planificación de las actividades preventivas.

Se detallan las especificaciones técnicas generales de los equipos, se analiza la disponibilidad tanto de los equipos como de los técnicos de mantenimiento y con base en ello se definirá la frecuencia de las actividades de mantenimiento preventivo.

Basados en la información anterior se presentan las rutinas de mantenimiento preventivo, las cuales se clasifican en actividades de lubricación e inspección, actividades mecánicas, actividades eléctricas, otras actividades y *outsourcing*. Es importante mencionar que por políticas de confidencialidad de planta Mayacero las rutinas aquí descritas son generales y aplicables para los distintos equipos instalados.

El presente Plan de Mantenimiento Preventivo también muestra las distintas herramientas e instructivos para el monitoreo y control de las actividades antes descritas. Se podrá apreciar que muchas de estas herramientas se aplicarán a través del sistema de gestión de activos EAM que se detalla mas adelante.

2.3.1. Historial de mantenimiento

En un Plan de Mantenimiento Preventivo, se debe contar con un buen registro del historial de actividades realizadas es vital para retroalimentar la gestión de mantenimiento y al mismo tiempo permite evaluar el desempeño del área.

Un historial de mantenimiento completo y confiable permite obtener estadísticas de las actividades realizadas a través del tiempo, con ello se pueden trazar nuevos objetivos estratégicos, saber como ha progresado el desempeño con referencia a períodos anteriores y medir los resultados de los objetivos trazados a través de indicadores de desempeño.

Para el presente Plan de Mantenimiento Preventivo toda esta información será registrada, analizada y archivada en forma digital a través del sistema de gestión de activos EAM. Esto permitirá tener un registro actualizado y en tiempo real de cada una de las actividades realizadas y en proceso del Departamento de Mantenimiento.

2.3.2. Planificación de las actividades preventivas

Para dar inicio con el diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo es necesario evaluar cada uno de los equipos, las especificaciones técnicas, el personal de Mantenimiento, los insumos y la administración del Departamento de Mantenimiento.

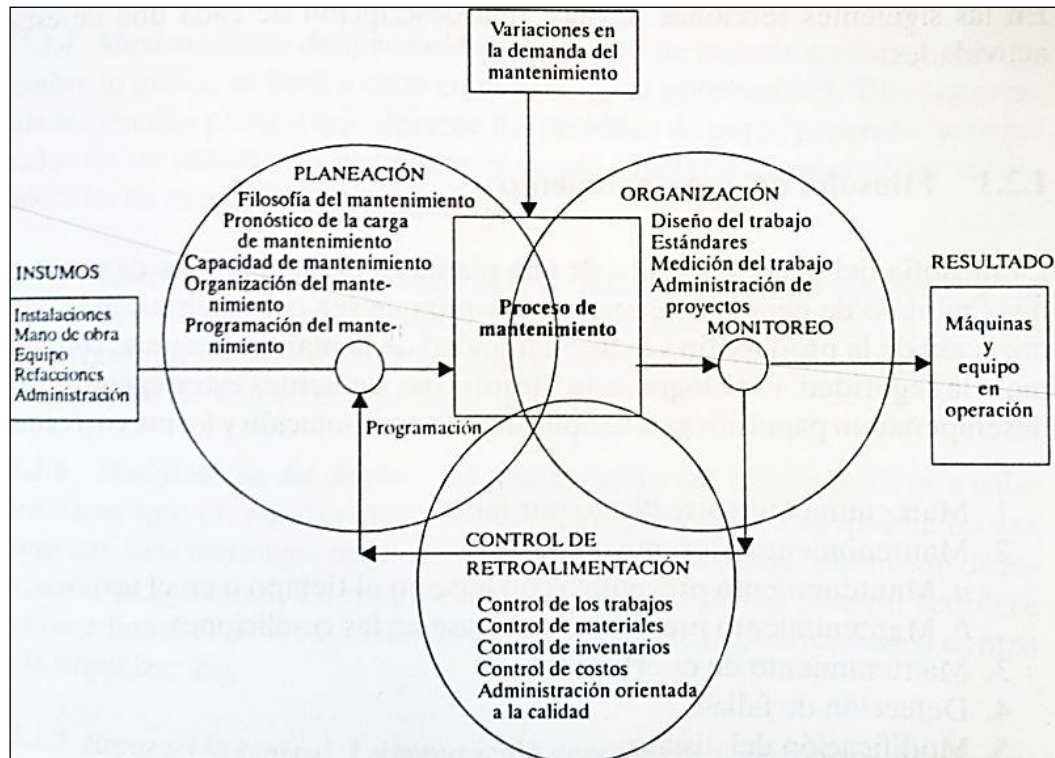
Conociendo esto se da lugar el proceso de planificación, en donde se evalúa la carga de mantenimiento, la disponibilidad de personal y de los equipos. Consiguiendo así conocer la capacidad del departamento. Luego

inicia la fase de organización en la cual se diseñan las rutinas de mantenimiento, se definen estándares y se administran nuevos proyectos.

Con la planificación y organización listas se obtiene el resultado esperado, que son máquinas y equipo en operación, sin embargo, es necesario también un proceso de retroalimentación en donde se evalúan resultados y se lleva el control de las actividades, costos, insumos y calidad.

El proceso de planificación de las actividades de mantenimiento inicia con la estimación y análisis de los insumos requeridos, luego se da paso a la planeación como tal, esta planeación comprende la disponibilidad de recurso humano, equipos productivos y la metodología de trabajo. Ya con esto se diseñan las actividades preventivas, los indicadores y metodología de evaluación. El objetivo de este proceso es contar con maquinaria y equipos en operación. Asimismo, es importante el control, el cual retroalimenta el proceso y permite hacer mejoras y modificaciones efectivas. Este proceso se presenta en la figura 21.

Figura 21. **Proceso de planificación del mantenimiento**



Fuente: DUFFUAA, Salih; RAOUF, Abdul; DIXON, John; *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 3

2.3.2.1. Especificaciones técnicas

Son todas aquellas especificaciones brindadas por manuales, planos y otros documentos de fabricantes de cada uno de los equipos instalados en planta Mayacero. Es importante conocer las características, funcionamiento, condiciones, recomendaciones e insumos necesarios para garantizar el buen funcionamiento de los equipos. En este caso las especificaciones que se tomaron en cuenta para el análisis e integración en el Plan de Mantenimiento Preventivo fueron los siguientes:

- Limpieza y monitoreo de condiciones
- Lubricación periódica
- Desgaste y recambio de piezas
- Fabricantes y proveedores
- Seguridad en la operación y actividades de mantenimiento
- Condiciones de operación
- Elementos eléctricos

Con el análisis de las especificaciones técnicas de los equipos se tiene un conocimiento más amplio de cada uno de los elementos y la función. Esta información es vital para la base de datos que se realizará para el sistema EAM a implementar. Al mismo tiempo, el conocimiento técnico de los elementos de las máquinas permiten determinar más rápidamente posibles fuentes de fallas y las mejores alternativas para solucionarlas de forma efectiva.

Las especificaciones técnicas son el punto de partida para la generación de las rutinas de mantenimiento preventivo y la determinación de la frecuencia con se llevarán a cabo. En la tabla IV que se muestra a continuación, se enumeran las especificaciones de cada área de proceso integrada en el plan.

Tabla IV. **Áreas y requerimientos**

AREA	REQUERIMIENTOS
Trefilado	*Limpieza y monitoreo de condiciones *Lubricación, grasa No. 2 y aceite Spartan 220 *Verificación de presión de trabajo no mayor a 5 Bar
Enderezado y corte	*Limpieza de árbol enderezador *Lubricación, grasa No. 2 y aceite Spartan 220 *Verificación de presión de trabajo no mayor a 5 Bar
Vigueta	*Limpieza y monitoreo de condiciones *Lubricación, grasa No. 2 y aceite sintético *Verificación de presión hidráulica *Recambio periódico de guías de alambre por desgaste
Electromalla	*Limpieza y monitoreo de condiciones *Lubricación, grasa No. 2 y aceite sintético *Monitoreo y control calidad agua de refrigeración
Armaceros	*Limpieza y monitoreo de condiciones *Lubricación, grasa No. 2 y aceite Spartan 220
Estribos y eslabones	*Limpieza y monitoreo de condiciones *Lubricación, grasa No. 2 *Monitoreo y control calidad agua de refrigeración *Verificación de presión hidráulica
Tratamiento de aguas	*Limpieza y monitoreo de condiciones semanal *Cambio periódico de resina y carbón activado *Control de ciclos de concentración y purga
Manejo de Cargas	*Limpieza y monitoreo de condiciones *Monitoreo de estado de cables acerados *Lubricación, aceite Spartan 220

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.2. Disponibilidad

Es importante para el diseño de un plan de mantenimiento que este sea viable, que logre el cumplimiento de cada una de las actividades planificadas con los recursos e insumos asignados. La disponibilidad tanto de los equipos como del recurso humano será el punto de partida para la planificación de actividades y frecuencia de las mismas, y es por ello que a continuación se analiza cada una de ellas.

2.3.2.2.1. Recurso humano

Como se ha mencionado anteriormente el Departamento de Mantenimiento esta conformado por el jefe de Mantenimiento y cinco técnicos. Planta Mayacero trabaja con una jornada diurna de lunes a viernes, trabajando 9 horas diarias de lunes a jueves y 8 horas los viernes para completar las 44 horas semanales de ley.

Además de este horario, se tiene la disponibilidad de trabajar horas extraordinarias de lunes a viernes luego de finalizada la jornada normal, así como se pueden programar trabajos para los fines de semana para aprovechar de esta forma la disponibilidad de los equipos.

En los casos de programar producción en horarios extraordinarios, se programan también actividades para los técnicos de mantenimiento, para que atiendan cualquier inconveniente que se pueda presentar en los equipos durante este tiempo. Normalmente se trabajan dos horas extraordinarias de lunes a viernes en el área de producción, lo cual representa que uno o dos técnicos de mantenimiento cubran estos períodos de tiempo.

Para poder atender de forma eficaz las necesidades del presente Plan de Mantenimiento Preventivo, será necesaria la contratación de un técnico mecánico, un técnico electricista y un técnico en electrónica. Con estos tres colaboradores adicionales se podrán cubrir de forma efectiva actividades de mantenimiento en horarios extraordinarios, nocturnos o fines de semana, ya que la carga para el personal de Mantenimiento actualmente es muy elevada.

Tabla V. **Recurso humano requerido**

Técnicos	Ocupación
3	Mecánicos
2	electricistas
1	Soldador
1	Tratamiento de aguas
1	Electrónico

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.2.2. Maquinaria y equipo

Planta Mayacero cuenta con un total de 33 equipos instalados que intervienen de forma directa o indirecta en los distintos procesos productivos, es vital mantener cada uno de ellos en un buen estado y disponible en todo momento.

Normalmente estos equipos trabajan continuamente durante la jornada normal de trabajo, lo que dificulta en cierta medida la disponibilidad de los equipos para actividades preventivas de mantenimiento, y los equipos como trefiladoras, grúas, sistema de refrigeración y soldadora de electromalla son los

equipos que más carga de trabajo presentan, trabajando incluso en horarios extraordinarios y en algunos casos fines de semana.

En el diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo se deberán tomar en cuenta estas dificultades y de esta forma planificar actividades que se adapten a la disponibilidad actual. Se deberá contar con el apoyo del Departamento de Producción, para que por medio de una planificación preventiva realista, ellos puedan programar estos paros requeridos, tomando en cuenta que se deben de realizar en el menor tiempo posible y cumpliendo con los estándares de calidad. Además es importante resaltar que todas estas actividades reducirán paros correctivos, logrando con ello un ambiente de trabajo planificado y más eficiente.

Para cumplir con el Plan de Mantenimiento Preventivo, con base en la disponibilidad actual de los equipos, se plantean las siguientes estrategias:

- Uso de los espacios de tiempo disponibles en los equipos durante cambios que se realicen en la producción. Un cambio se presenta en un equipo cuando se requiera producir un producto con especificaciones distintas al que se está produciendo en un momento determinado, lo que requiere ajustes en las máquinas por parte de producción.
- Aprovechamiento de la hora de almuerzo, que se tiene todos los días en caso ser necesario. Los días viernes se programarán actividades preventivas en los equipos de aire acondicionado, ya que se cuenta con dos horas de almuerzo.
- Uso de horas extras de lunes a viernes
- Programación de actividades los fines de semana
- Una buena comunicación con el Departamento de Producción, para la programación de las actividades preventivas.

2.3.2.3. Frecuencia de las actividades preventivas

De acuerdo al análisis de las especificaciones técnicas, experiencia de los técnicos, disponibilidad del recurso humano y disponibilidad de los equipos se procede a estandarizar la frecuencia de las actividades preventivas para cada uno de los equipos instalados.

Este proceso inicia con la estandarización de períodos o intervalos de tiempo para programar los medidores que llevarán el control del mantenimiento preventivo, de acuerdo a función y aplicación de cada uno de los equipos, los intervalos se medirán en períodos fijos de tiempo como semanas, meses, días, etc. o bien de acuerdo a intervalos variables, como es el caso de las horas trabajadas por cada uno de los sistemas.

Del análisis de la utilización y tiempo de servicio de los equipos instalados en planta Mayacero, se establecieron las horas como unidad de medida de los períodos entre actividades de mantenimiento preventivo. La estandarización de la frecuencia de las actividades preventivas fue definida por la Gerencia de Mantenimiento con base en la experiencia con la que se cuenta en otras plantas productivas de la organización. A continuación se muestra la frecuencia en horas y el equivalente en días o semanas de trabajo de los equipos en promedio

Tabla VI. **Estandarización de rutinas de mantenimiento preventivo**

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
HRS	EQUIVALENCIA
100	15 DIAS
250	1,5 MESES
500	3 MESES
1 000	6 MESES
3 000	1,5 AÑOS
5 000	3 AÑOS

Fuente: elaboración propia.

Con base en estos horarios estándar, se programaron las actividades preventivas para cada una de las áreas productivas de planta Mayacero.

2.3.3. Rutinas de mantenimiento preventivo

La planificación del mantenimiento es una de las tareas más importantes dentro del desarrollo e implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo. La planificación del mantenimiento considera la mano de obra requerida, repuestos, insumos, estadísticas de fallas, herramienta, etc.

Una rutina de mantenimiento preventivo comprende el listado de actividades que se realizan a determinado equipo en un lapso de tiempo específico. Además comprende mano de obra requerida, tiempo necesario, insumos o repuestos, instrucciones para la realización y un registro de la actividad desarrollada.

En la estandarización de las rutinas de trabajo se definieron los parámetros que garantizarán la calidad y frecuencia de las actividades preventivas. Los parámetros a tomar en cuenta son:

- Períodos variables para los intervalos de actividades preventivas.
- Registro de horas trabajadas por los equipos por medio de horómetros.
- Insumos y repuestos requeridos.
- Ocupaciones requeridas para cada actividad preventiva.
- Número de técnicos necesarios para cada actividad.
- Registro y retroalimentación de las actividades preventivas por medio de órdenes de trabajo preventivas.
- Indicadores que permitan analizar los resultados y desempeño del Departamento de Mantenimiento, las actividades y gestión.
- Implementación de un software para la gestión de activos en el Departamento de Mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de las rutinas de mantenimiento preventivo, de acuerdo a las actividades, intervalos de frecuencia de las actividades con base en la tabla VII y una breve descripción de las áreas de mantenimiento involucradas en cada una.

Tabla VII. **Rutinas de mantenimiento preventivo**

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
HRS	ACTIVIDAD	DESCRIPCION
100	INSPECCIONES	Rutinas cortas de monitoreo de anomalías y lubricación de los equipos
250	MECÁNICA	Rutinas cortas de limpieza y lubricación de equipos
250	ELÉCTRICA	Servicio menor de elementos eléctricos y electrónicos
500	MECÁNICA	Servicio menor de elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos
500	ELÉCTRICA	Servicio intermedio de elementos eléctricos y electrónicos
1 000	MECÁNICA	Servicio intermedio de elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos
1 000	ELÉCTRICA	Servicio mayor de elementos eléctricos y electrónicos
3 000	MECÁNICA	Servicio mayor de elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos
5 000	MECÁNICA	Servicio especializado en piezas de los elementos mecánicos, eléctricos o hidráulicos.

Fuente: elaboración propia.

Las actividades preventivas descritas en el cuadro anterior, son las que se aplicarán en los equipos instalados en planta Mayacero, con excepción de los equipos que son monitoreados por proveedores externos (equipos de refrigeración y aire acondicionado, sistemas de tratamiento de aguas, montacargas y báscula), así como algunos equipos a los que las actividades serán en intervalos fijos por el factor de utilización, estos detalles se describen adelante.

Para cumplir con las actividades de mantenimiento preventivo, en las frecuencias definidas anteriormente se contará con el apoyo del sistema EAM. En el sistema se registrarán las lecturas de los horómetros de cada equipo y de esta forma el sistema EAM generará automáticamente las OT preventivas al cumplir con las horas de trabajo respectivas. Este mismo sistema llevará el registro y control del cumplimiento de cada una de estas actividades.

2.3.3.1. Lubricación e inspección

La lubricación es una actividad de vital importancia para garantizar el buen funcionamiento de los mecanismos de un equipo, evita desgastes por fricción y por ende aumenta la vida útil de los equipos. Es por ello; que se debe de cumplir con las rutinas de lubricación de los equipos en los lapsos de tiempos indicados por el fabricante.

Para este Plan de Mantenimiento Preventivo, las rutinas de lubricación e inspección de los equipos se han fijado en lapsos de 100 horas de trabajo, esto con base en los manuales de operación y mantenimiento de los equipos instalados. Se limpiarán y lubricarán los puntos de engrase en cada equipo. El mismo sistema EAM generará las órdenes de trabajo de lubricación al cumplirse las 100 horas de trabajo en cada uno de los equipos.

A continuación se muestra la tabla con las actividades de lubricación e inspección que se deben cumplir en los equipos, el tiempo promedio que lleva el cumplimiento de estas actividades y el personal de Mantenimiento necesario para el efectivo cumplimiento.

Tabla VIII. **Rutina preventiva de lubricación e inspección**

Rutina de lubricación e inspección 100 hrs			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Verificar presión neumática de trabajo		
2	Verificar presión hidráulica de trabajo		
3	Lubricación de elementos móviles		
4	Lubricación de puntos de engrase promedio 4 gr		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

El tiempo y técnicos requeridos se estimó con base en registro de órdenes de trabajo del 2011 proporcionadas por el Departamento de Mantenimiento, y muestran un tiempo promedio de 40 minutos para actividades de lubricación e inspección.

Tiempo promedio estimado: 40 min/equipo
 Personal requerido: 1 técnico mecánico

2.3.3.2. Actividades mecánicas

Las actividades mecánicas dentro del Plan de Mantenimiento Preventivo comprenden las Áreas de Neumática, Hidráulica, Instrumentación y las propias actividades mecánicas. Para este plan de mantenimiento, las actividades mecánicas fueron estandarizadas en cinco rutinas preventivas con frecuencias de: 250 hrs, 500 hrs, 1 000 hrs, 3 000 hrs, 5 000 hrs y en algunos casos especiales se programan actividades de 7 200 hrs y 10 000 hrs.

Por la frecuencia de las actividades preventivas, las mayores contendrán a las menores y esto se contempla en las horas estimadas y técnicos asignados en cada una de las actividades. El tiempo y técnicos requeridos se estimó con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y fueron aprobados por la Gerencia de Mantenimiento, ya que no existe ningún tipo de registro de actividades preventivas. Es por este motivo, la importancia de un proceso efectivo de evaluación y retroalimentación de las actividades preventivas.

Tabla IX. Rutina preventiva mecánica estándar de 250 hrs

Rutina preventiva mecánica 250 hrs			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Purgar agua en unidades de mantenimiento de aire comprimido		
2	Verificar nivel de aceite en unidades de mantenimiento de aire comprimido		
3	Verificar nivel de aceite en central hidráulica según visor de unidades		
4	Limpieza y verificación de piezas y áreas de desgaste		
5	Limpieza externa de unidades hidráulica, mangueras y accesorios		
6	Revisión de mangueras y accesorios de agua de refrigeración		
7	Drenar agua de unidad hidráulica		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 250 hrs se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de tres horas por equipo

y la asignación de un técnico mecánico para el cumplimiento de la anterior rutina preventiva.

Tiempo promedio estimado: 3 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico mecánico

Tabla X. Rutina preventiva mecánica estándar de 500 hrs

Rutina preventiva mecánica 500 hrs			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Lubricación de rodamientos y elementos de bajo desgaste		
2	Verificar posibles fugas en cilindros neumáticos		
3	Verificar funcionamiento y ruidos en bombas hidráulicas		
4	Revisar de estado de mangueras, cilindros y accesorios hidráulicos		
5	Revisar de sistema neumático, válvulas, mangueras y accesorios		
6	Revisar de nivel de aceite en cajas reductoras		
7	Verificar funcionamiento y ruidos en cajas reductoras		
8	Verificar tensión y engrase de cadenas		
9	Verificar funcionamiento de elementos de poco uso en equipos		
10	Limpieza de ventiladores de servomotores		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 500 hrs se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de seis horas por equipo y la asignación de un técnico mecánico para el cumplimiento de la anterior rutina preventiva.

Tiempo promedio estimado: 6 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico mecánico

Tabla XI. Rutina preventiva mecánica estándar de 1 000 hrs

Rutina preventiva mecánica 1 000 hrs			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Verificar funcionamiento de sistema de enfriamiento		
2	Limpiar de poleas y rodamientos de Áreas de Enderezado de alambre		
3	Verificar desgaste de piezas y electrodos de cobre en Áreas de Soldadura		
4	Verificar estado de <i>bushings</i> y ejes de equipos		
5	Verificar estado de electroimanes		
6	Verificar conectores y mangueras de aire alta presión de cilindros de soldadura		
7	Limpiar ventiladores de motores eléctricos		
8	Verificar conectores y mangueras de agua de refrigeración		
9	Verificar funcionamiento de acumuladores hidráulicos de alta presión		
10	Verificar funcionamiento de intercambiadores de calor en unidades hidráulicas		
11	Verificar estado de elementos de caucho o polímeros		
12	Verificar estado y temperatura de motores eléctricos		

Continuación de la tabla XI.

13	Verificar desgaste de poleas, engranes, camisas estriadas y helicoidales.		
14	Verificar estado de retenedores de cilindros hidráulicos		
15	Verificar estado de embragues accionamiento de cizallas de corte		
16	Verificar estado de fajas de transmisión de potencia		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 1 000 hrs se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 12 horas por equipo y la asignación de dos técnicos mecánicos para el cumplimiento de la anterior rutina preventiva.

Tiempo promedio estimado: 12 horas/equipo
 Personal requerido: 2 técnicos mecánicos

Tabla XII. **Rutina preventiva mecánica estándar de 3 000 hrs**

Rutina preventiva mecánica 3 000 hrs			
No.	ACTIVIDAD	Conforme	No conforme
1	Cambiar aceite de unidades hidráulicas		
2	Verificar estado de tuberías de agua de refrigeración		

Continuación de la tabla XII.

3	Evaluar estado de electroválvulas neumáticas		
4	Evaluar estado de retenedores de cilindros hidráulicos de cizallas		
5	Evaluar estado de retenedores de cilindros hidráulicos de cortina de soldadura		
6	Verificar estado de retenedores de cajas reductoras		
7	Verificar estado de rodamientos, cambio si es necesario		
8	Verificar estado de fajas, cambio si es necesario		
9	Evaluar funcionamiento de cilindros hidráulicos		
10	Evaluar funcionamiento de cilindros neumáticos		
11	Verificar estado de rotulas y acoples de cilindros neumáticos e hidráulicos		
12	Calzar piezas y elementos desgastados		
13	Limpia y engrasar desenrolladores		
14	Verificar estado sistemas de frenos (pastillas) de desenrolladores		
15	Verificar estado y posibles fugas en cilindros neumáticos en desenrolladores		
16	Reapretar tornillería de elementos de máquina		
17	Reapretar tornillería de fijación a cimiento de máquina		
18	Cambiar rodamientos dañados en elementos transportadores		
29	Verificar desgaste o deformación de rodos con recubrimiento de polímeros		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 3 000 hrs se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 18 horas por equipo y la asignación de dos técnicos mecánicos para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 18 horas/equipo
 Personal requerido: 2 técnicos mecánicos

Tabla XIII. Rutina preventiva mecánica estándar de 5 000 hrs

Rutina preventiva mecánica 5 000 hrs			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Cambiar aceite de ruedas de transmisión de potencia		
2	Limpiar mangueras de agua de refrigeración con detergente		
3	Verificar estado de piezas de material aislante en áreas de soldadura y renovar si es necesario		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 5 000 hrs se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 22 horas por equipo y la asignación de dos técnicos mecánicos para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 22 horas/equipo
 Personal requerido: 2 técnicos mecánicos

2.3.3.3. Actividades eléctricas

Las actividades eléctricas del Plan de Mantenimiento Preventivo comprenden: limpieza, reapriete, ajuste o sustitución de los elementos electrónicos y eléctricos de los equipos instalados. Estas actividades se organizaron en cuatro rutinas preventivas con frecuencia de 250 hrs, 500 hrs, 1 000 hrs y 5 000 hrs.

Es importante resaltar que los horarios, se establecieron para que los mantenimientos mayores contengan a los menores. El tiempo y técnicos requeridos se estimó con base en la experiencia del Departamento de Mantenimiento y fueron aprobados por la Gerencia, ya que no existe algún tipo de registro de actividades preventivas en los archivos. Es por este motivo la importancia de un proceso efectivo de evaluación y retroalimentación de las actividades durante la puesta en marcha del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Tabla XIV. Rutina preventiva eléctrica estándar de 250 hrs

Rutina preventiva eléctrica 250 hrs			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Limpieza externa de paneles eléctricos de equipos		
2	Limpieza externa de paneles de unidades hidráulicas		
3	Limpieza externa de paneles en cuartos climatizados		

Continuación de la tabla XIV.

4	Limpieza externa de consolas de operador		
5	Verificar funcionamiento de luces piloto		
6	Verificar temperatura en cuartos climatizados de paneles eléctricos		
7	Verificar paros de emergencia de los equipos		
8	Verificar funcionamiento de sensores de seguridad en compuertas		
9	Verificar estado interno de paneles eléctricos		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia de los técnicos electricistas del Departamento de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 250 hrs se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de cuatro horas por equipo y la asignación de un técnico electricista para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 4 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico electricista

Tabla XV. Rutina preventiva eléctrica estándar de 500 hrs

Rutina preventiva eléctrica 500 hrs			
No.	Actividades	Conforme	No conforme
1	Limpiar internamente paneles eléctricos de equipos		
2	Limpiar internamente paneles de unidades hidráulicas		
3	Limpiar internamente paneles eléctricos principales		
4	Limpiar internamente consolas de operador, y emplásticar de ser necesario		
5	Verificar temperatura de paneles en funcionamiento		
6	Reapretar tornillería de paneles eléctricos		
7	Revisar pulsadores e interruptores de posición		
8	Analizar ruido y vibraciones en motores eléctricos		
9	Limpieza de tarjetas de control de servomotores		
10	Revisar detectores de proximidad y micros		
11	Revisar sensores de movimiento y temperatura		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia de los técnicos electricistas del Departamento de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 500 hrs, se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de nueve horas por equipo y la asignación de un técnico electricista para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 9 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico electricista

Tabla XVI. Rutina preventiva eléctrica estándar de 1 000 hrs

Rutina preventiva eléctrica 1 000 hrs			
No.	Actividades	Conforme	No conforme
1	Evaluar estado general de cableado		
2	Evaluar estado de mangueras de refrigeración de tiristores y elementos en paneles eléctricos, cambio si es necesario		
3	Revisar y reapretar conexiones en motores eléctricos y ventiladores		
4	Revisar conexiones de electroválvulas		
5	Medir el amperaje de motores		
6	Verificar estado de borneras y elementos de protección		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia de los técnicos electricistas del Departamento de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 1 000 hrs, se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 12 horas por equipo y la asignación de un técnico electricista para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 12 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico electricista

Tabla XVII. Rutina preventiva eléctrica estándar de 5 000 hrs

Rutina preventiva eléctrica 5 000 hrs			
No.	Actividades	Conforme	No conforme
1	Evaluar estado de motores DC		
2	Dar mantenimiento general de motores DC por parte de proveedor externo		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia de los técnicos electricistas del Departamento de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anteriores de 5 000 hrs, se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 16 horas por equipo y la asignación de un técnico electricista para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 16 horas/equipo

Personal requerido: 1 técnico electricista

2.3.3.4. Otras actividades

Existen actividades adicionales a las mecánicas y eléctricas descritas anteriormente, estas son de monitoreo de las condiciones de los equipos de filtración, equipos de refrigeración, equipos de aire comprimido y equipos de manejo de cargas.

- Equipos de filtración

Los equipos de filtración constan de una bomba, un filtro de hierro, un filtro de carbón activado y de un suavizador. Tienen como función garantizar la calidad de agua utilizada para el enfriamiento distintos elementos presentes en los equipos. Para este sistema, el técnico en tratamiento de aguas lleva un registro diario y semanal de las condiciones del agua y se muestra en la figura 22. Las condiciones a tomar en cuenta para el análisis son:

- Dureza (ppm)
- Hierro disuelto (ppm)
- Cloro disuelto (ppm)
- pH

Con el adecuado control de estas condiciones se garantiza la calidad del agua y permite programar cambios de resina en los filtros o regeneración del suavizador.

Figura 22. **Formato de control diario de equipos de filtración**

MULTIGRUP
 Departamento de Mantenimiento
 Mayacero



Mes: _____
 Técnico: _____

	FECHA	Suavizador	Filtro Hierro	Filtro carbon activado
		Dureza	Fe	Cl
SEMANA 1				
SEMANA 2				
SEMANA 3				
SEMANA 4				
SEMANA 5				


Fuente: Departamento de Mantenimiento Mayacero.

- **Equipos de enfriamiento**

Se cuenta con dos equipos de enfriamiento de agua y es el técnico en tratamiento de aguas el encargado de llevar un registro y evaluación de las condiciones, este registro se puede observar en la figura 23. Los equipos instalados en planta requieren de agua de enfriamiento para el adecuado

funcionamiento y esto se logra con una torre de enfriamiento y un *chiller*, ambos equipos se chequean diariamente para garantizar las condiciones de trabajo.

Figura 23. **Formato de control diario de equipos de enfriamiento**

MULTIGRUP Departamento de Mantenimiento Mayacero									
									
Mes: _____									
Técnico: _____									
	FECHA	TORRE DE ENTRIAMIENTO				CHILLER			
		Dureza	Fe	Cl	pH	Dureza	Fe	Cl	pH
SEMANA 1									
SEMANA 2									
SEMANA 3									
SEMANA 4									
SEMANA 5									

Fuente: Departamento de Mantenimiento Mayacero

Los elementos que se evalúan son los mismos de los equipos de filtración, con la única diferencia que este caso las medidas que se toman para la corrección son: en el caso de la torre de enfriamiento, correcciones en el sistema de filtración o modificaciones en los ciclos de concentración a través de la purga. En el caso del *chiller* por ser un equipo cerrado se procede a la programación del cambio de agua y los químicos de operación del mismo.

- Equipos de aire comprimido

Se cuenta con dos compresores de 50 HP que suministran la demanda de aire comprimido a los distintos equipos instalados. En el caso de estos equipos se lleva un registro semanal de las condiciones y en especial de las horas trabajadas para la solicitud de servicios externos de mantenimiento, se observa detalladamente en la figura 24. La frecuencia de estos mantenimientos es de cada 2 000 hrs de trabajo según manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

Figura 24. **Formato de control semanal de equipos de aire comprimido**

MULTIGRUP
 Departamento de Mantenimiento
 Mayacero



Mes: _____
 Técnico: _____

	COMPRESOR 1		COMPRESOR 2	
	Presion de trabajo	Lectura de horómetro	Presion de trabajo	Lectura de horómetro
SEMANA 1				
SEMANA 2				
SEMANA 3				
SEMANA 4				
SEMANA 5				

Fuente: elaboración propia.

- Manejo de cargas

Planta Mayacero cuenta con siete puentes grúas de cinco toneladas para el manejo de cargas dentro de las instalaciones y de un montacargas para el Área de Bodega y Producto Terminado. Es vital que se garantice el buen estado de cada una de ellas, ya que son esenciales para el transporte de materias primas, materiales en proceso y productos terminados. Además es necesario que estén en perfectas condiciones para reducir los riesgos de incidentes por manejo de cargas aéreas.

En la tabla XVIII se detallan las actividades semanales, que se programaron para el montacargas y en la figura 25 se muestra el formato a utilizar para el registro de las lecturas del horómetro y estado de los niveles.

Tabla XVIII. **Rutina preventiva montacargas**

Montacargas		
No.	Frecuencia	Actividades
1	Semanal	Registrar horas de trabajo
2	Semanal	Verificar niveles de lubricantes

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Formato de registro semanal de montacargas

MULTIGRUP
 Departamento de Mantenimiento
 Mayacero



Mes: _____
 Técnico: _____

MONTACARGA 5 TON		
	Niveles	Lectura de horómetro
SEMANA 1		
SEMANA 2		
SEMANA 3		
SEMANA 4		
SEMANA 5		

Fuente: elaboración propia.

La actividad semanal de registro de horas de trabajo se refiere al control del horómetro del montacargas, estas lecturas serán ingresadas cada semana al sistema EAM para el registro y generación de OT preventivas. Con el registro de horas de trabajo del montacargas se programarán los mantenimientos preventivos realizados por un proveedor externo. Siendo estos mantenimientos el menor cada 200 hrs de trabajo y el mayor cada 1 200 hrs de trabajo.

En el caso de las grúas, estas tienen un trabajo intermitente, lo que hace difícil medir el trabajo en horas. Es por ello que las actividades preventivas menores para las grúas se han fijado cada dos meses y actividades preventivas mayores cada año. Esto garantiza el buen estado de los componentes y el cumplimiento de las actividades de forma efectiva por parte del Departamento de Mantenimiento.

Las actividades preventivas para las grúas serán programadas en fines de semana, ya que si los otros equipos productivos trabajan las grúas; son imprescindibles para el traslado de MP y productos en proceso. La programación de actividades preventivas bimestrales permite tener ocho semanas entre actividades para cumplir con las rutinas de las siete grúas instaladas.

El tiempo y técnicos requeridos se estimó con base en la experiencia del Departamento de Mantenimiento con la aprobación de la Gerencia de Mantenimiento, ya que no se cuenta con registros de actividades preventivas asignadas a las grúas en los archivos de órdenes de trabajo. Y al igual que en las actividades mecánicas y eléctricas descritas anteriormente, el proceso de retroalimentación y evaluación de las actividades será vital para la mejora continua del presente Plan de Mantenimiento Preventivo.

Tabla XIX. Rutina preventiva mecánica bimestral de grúas

Rutina preventiva mecánica bimestral			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Revisar guía de cable de polipasto de grúa		
2	Limpiar exterior de puente grúa, de polipasto y viga		
3	Revisar guías de cable de botonera		
4	Revisar estado general de cable de acero de polipasto		
5	Revisar estado general de el gancho para elevar carga		
6	Revisar freno de polipasto de grúa, calibrar si es necesario		
7	Revisar nivel de aceite de caja de polipasto		
8	Revisar mecanismo del carro, lubricación		
9	Revisar rodos de testeros		
10	Verificar nivel de aceite de reductores, nivelar si es necesario		
11	Revisar y calibrar si es necesario frenos de testeras		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades bimestrales anteriores, se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 5 horas por grúa y la asignación de un técnico mecánico para el cumplimiento de la anterior rutina preventiva.

Tiempo promedio estimado: 5 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico mecánico

Tabla XX. Rutina preventiva mecánica anual de grúas

Rutina preventiva mecánica anual			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Verificar estado de cojinetes de rodos de testeros, cambiar si es necesario		
2	Lubricar cable de polipasto de grúa		
3	Verificar estado de cojinetes de carretes de gancho		
4	Revisar retenedores de caja de polipasto, posibles fugas		
5	Cambiar aceite de reductores de grúas		
6	Verificar soldaduras en viga		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia del personal de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anuales anteriores, se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 12 horas por grúa y la asignación de un técnico mecánico para el cumplimiento de la anterior rutina preventiva.

Tiempo promedio estimado: 12 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico mecánico

Tabla XXI. Rutina preventiva eléctrica bimestral de grúas

Rutina preventiva eléctrica bimestral			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Revisar estado general de botonera		
2	Revisar contactos de botonera		
3	Revisar cable de botonera, roturas o desgaste		
4	Forrar botonera con plástico, de ser necesario		
5	Revisar temperatura y ruido en motores carro		
6	Revisar temperatura y ruidos en motores testers		
7	Revisar temperatura y ruidos raros en motor polipasto		
8	Limpiar exterior de panel de alimentación y testers		
9	Limpiar exterior de panel de polipasto y carro		
10	Limpiar interior de panel de polipasto y carro		
11	Limpiar interior de panel de alimentación y testers		
12	Revisar contactares de panel de polipasto y carro		
13	Revisar contactares de panel de alimentación y testers		
14	Reapretar tornillería de panel de alimentación y testers		
15	Reapretar tornillería de panel de polipasto y carro		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia de los técnicos electricistas del Departamento de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades bimestrales anteriores se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 5 horas por grúa y la asignación de un técnico electricista para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado: 5 horas/equipo
 Personal requerido: 1 técnico electricista

Tabla XXII. **Rutina preventiva eléctrica anual de grúas**

Rutina preventiva eléctrica anual			
No.	Actividad	Conforme	No conforme
1	Limpiar guías eléctricas de testeras		
2	Medir amperajes de motores para verificar funcionamiento		
3	Limpiar internamente motores		
4	Verificar estado de rodamientos de motores		
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

Con base en la experiencia de los técnicos electricistas del Departamento de Mantenimiento y la verificación de cada una de las actividades anuales anteriores, se estandarizó y aprobó por la Gerencia de Mantenimiento, un tiempo estimado de 10 horas por grúa y la asignación de un técnico electricista para el cumplimiento de la anterior actividad preventiva.

Tiempo promedio estimado:	10 horas/equipo
Personal requerido:	1 técnico electricista

2.3.3.5. Outsourcing

El Departamento de Mantenimiento también, recurre a servicios de proveedores externos para el cumplimiento de actividades de mantenimiento preventivo, como es el caso de los equipos de aire acondicionado, sistemas de enfriamiento, servicio de montacargas y calibración de báscula.

- Sistemas de aire acondicionado

Los servicios a los equipos de aire acondicionados instalados en oficinas y paneles eléctricos de máquinas son monitoreados por técnicos externos. En el caso de los equipos instalados en planta, por las condiciones del ambiente se programarán servicios menores cada mes y uno mayor cada año. En los equipos instalados en oficinas, los servicios menores se programan cada dos meses y el servicio mayor cada año. Estos mantenimientos garantizan el buen estado y funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado instalados, así como el buen funcionamiento y estado de los paneles eléctricos que requieren de atmosferas de temperatura controlada.

- Sistemas de enfriamiento

Como se mencionó anteriormente; la torre de enfriamiento y *chiller* son evaluados diariamente por el técnico en tratamiento de aguas, pero de igual forma, se evaluarán semanalmente por técnicos externos, quienes son los proveedores de productos químicos para el tratamiento. Cada tres meses tanto la torre de enfriamiento como al *chiller* se les programarán actividades de

limpieza en los depósitos y otros elementos de los equipos para garantizar el buen funcionamiento y calidad del agua de proceso.

En el caso del *chiller* se dará mantenimiento preventivo al ventilador, bombas, los motores, radiadores y compresores. La torre de enfriamiento tiene actividades preventivas para las bombas, los motores y ventilador principal.

- Montacargas

Los servicios realizados a los montacargas son realizados por técnicos externos y se dividen en mantenimiento menor y mayor. El mantenimiento menor se realiza cada 200 horas de trabajo y el servicio mayores cada 1 200 horas de trabajo.

- Báscula

La báscula se utiliza para el pesaje de las canastas de alambre trefilado, por lo que es importante que esta se encuentre en perfectas condiciones pero sobre todo calibrada. Las tareas preventivas programadas a la báscula serán realizadas por técnicos externos con una frecuencia de tres meses.

2.3.4. Programación piloto del Plan de Mantenimiento Preventivo

Al contar con las rutinas de mantenimiento preventivo estandarizadas se realizó un programa piloto para programar actividades preventivas a los distintos equipos para los meses de enero, febrero y marzo del 2013. A continuación se presenta la programación de actividades para planta Mayacero.

Las tablas detallan el total de equipos instalados y cada uno tiene dos celdas disponibles, la superior para actividades mecánicas y la inferior para las eléctricas. El número dentro de la celda (1 o 2) indica el número de técnicos asignados a la actividad. Los equipos marcados con un color mas oscuro son los que son atendidos por proveedores externos y las asignaciones de actividades en ellos son solo para monitoreo de condiciones y lecturas de horómetros.

Tabla XXIII. Programación de actividades preventivas mes I

EQUIPO	MES I																												
	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							
	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V
ENDEREZADORA 1	1																												
ENDEREZADORA 2		1																											
TREFILADORA 1			1																										
TREFILADORA 2				1	1																								
TREFILADORA 3					1	1																							
FORMADORA							1																						
TREFILADORA 4								1																					
TREFILADORA 5									1																				
SOLDADORA ELECTRO MALLA										1	1																		
VIGUETA											1	1																	
ENDEREZADORA 3	1																												
ENDEREZADORA 4		1																											
DOBLADORA											1																		
CORTADORA												1																	
GRUA 1.1						1																							
GRUA 1.2												1																	
GRUA 1.3																													
GRUA 2.1						1																							
GRUA 2.2												1																	
GRUA 2.3																													
TORRE ENFRIAMIENTO	1						1																						
CHILLER		1						1																					
SISTEMA FILTRACION			1						1																				
COMPRESOR 1				1						1																			
COMPRESOR 2					1						1																		
MONTA CARGA																													
AIRES ACONDICIONADOS																													

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Programación de actividades preventivas mes III

EQUIPO	MES III																													
	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4								
	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S						
ENDEREZADORA 1	1																	1												
ENDEREZADORA 2		1																	1											
TREFILADORA 1			1																	1										
TREFILADORA 2				1	1																1	1								
TREFILADORA 3					1	1				1	1																			
FORMADORA											1																			
TREFILADORA 4											1																			
TREFILADORA 5												1																		
SOLDADORA ELECTRO MALLA																														
VIGUETA																														
ENDEREZADORA 3																														
ENDEREZADORA 4																														
DOBLADORA																														
CORTADORA																														
GRUA 1.1																														
GRUA 1.2																														
GRUA 1.3																														
GRUA 2.1																														
GRUA 2.2																														
GRUA 2.3																														
TORRE ENFRIAMIENTO	1						1											1												
CHILLER		1						1											1											
SISTEMA FILTRACION																														
COMPRESOR 1																														
COMPRESOR 2																														
MONTA CARGA																														
AIRES ACONDICIONADOS																														

Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Monitoreo y control

Todo Plan de Mantenimiento Preventivo necesita de un sistema que permita monitorear y evaluar el resultado de las actividades que se desarrollan. La finalidad de esto; es tener un registro completo de actividades, analizar aspectos como tiempos de trabajo, personal asignado, evaluación de las tareas, costos de insumos, descripción de la falla, causas y efectos de las mismas.

Esta información proporciona detalles de las posibles causas, la forma en que se solucionó la situación y fechas de realización. Esta retroalimentación permite reprogramar las actividades preventivas en pro de una mejora continua; tanto en el Plan de Mantenimiento Preventivo como en cada una de las actividades y desempeño del Departamento de Mantenimiento.

Como herramienta de registro y control de las actividades se aplicará el sistema EAM, en donde a través de la generación, cumplimiento y cierre de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo se tendrá en tiempo real el estado de cada una de las actividades programadas. Este sistema trabaja como una base de datos que registra la información y genera automáticamente indicadores para el control y retroalimentación de plan de mantenimiento. Como apoyo para la recopilación de la información, se cuenta con las órdenes de trabajo y cada uno de los formatos de registro que se presentaron anteriormente. Más adelante se detalla el uso y aplicación del sistema EAM para el cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.

2.3.5.1. Órdenes de trabajo

Son la principal fuente de información para el monitoreo y control de cada una de las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento. Las OT llevan el registro de actividades correctivas, preventivas, actividades contratadas y trabajos de nuevos proyectos. Una orden de trabajo bien diseñada brinda los siguientes beneficios⁴:

- Sirve como solicitud escrita del trabajo requerido.
- Asigna los recursos y métodos mas adecuados según sea la tarea a realizar.
- Reduce costos mediante la acertada asignación de los recursos.
- Mejora la planeación y programación de las tareas.
- Lleva un control de los trabajos realizados.
- Representa una excelente fuente de información para la retroalimentación del Departamento de Mantenimiento.

A continuación se enumeran los datos que generalmente contiene una orden de trabajo común como referencia para el diseño de la orden de trabajo de mantenimiento preventivo⁵:

- Departamento o persona que solicita el trabajo
- Equipo o instalación asignada
- Descripción de la tarea a realizar
- Especificaciones del trabajo y código
- Prioridad y fecha de la tarea a desempeñar

⁴ DUFFUAA, Salih; RAOUF, Abdul; DIXON, John; *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 50.

⁵ DUFFUAA, Salih; RAOUF, Abdul; DIXON, John; *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 51.

- Habilidades y conocimientos requeridos
- Mano de obra asignada
- Mano de obra contratada
- Materiales y repuestos
- Código de inventario, descripción del insumo y ubicación
- Procedimientos de seguridad
- Información técnica (planos, fotos o manuales)
- Tiempo que tomo la tarea
- Códigos de costos involucrados
- Descripción y consecuencias de la falla

Además de los datos enumerados, anteriormente se han definido códigos de falla para la retroalimentación de los problemas atendidos por los técnicos en los distintos equipos instalados. Los códigos de falla son un método abreviado de dar a entender la razón o causa de la generación una OT. Este código permite llevar un registro del porqué de la falla registrada en cada OT, logrando una base de datos fácil de comprender y que a la vez permitirá que el departamento identifique cuales son las causas más comunes y la frecuencia con las que estas se presentan.

Inicialmente se han definido siete códigos de falla, con base en el análisis e investigación de las fallas más recurrentes en planta Mayacero y se presentan a continuación en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. **Códigos de falla**

Descripción	Código
Desgaste de pieza	001
Fallo o fractura en piezas	002
Mala operación	003
Falla neumática	004
Falla Hidráulica	005
Falla eléctrica	006
Comunicación electrónica	007

Fuente: elaboración propia.

2.3.5.2. Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo

Estas órdenes de trabajo son el medio por el cual se registra cada una de las rutinas diseñadas en el Plan de Mantenimiento Preventivo. La diferencia con una OT ordinaria es que las órdenes de trabajo preventiva cuentan con una planificación previa y esta incluye un estimado de horas necesarias para el cumplimiento de las tareas preventivas, ocupaciones necesarias para el cumplimiento de las tareas, listado de actividades a realizar, insumos planificados e indica el equipo específico que se atenderá.

La OT preventiva se genera automáticamente dentro del sistema EAM de acuerdo al registro de horas trabajadas por los equipos y se imprime una copia con el listado de actividades para el técnico o técnicos asignados, así como para el registro de observaciones y el posterior cierre dentro del sistema.

Figura 26. **Orden de trabajo en sistema EAM**




Fuente: sistema EAM/Multigroup (todos los derechos reservados).

2.3.5.3. Informes

Los informes son documentos no mayores a dos hojas en donde se detallan los resultados de las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento cada mes o bien como sea requerido por la organización. Estos informes se entregaran al gerente de Mantenimiento y a la junta directiva.

Los informes ayudarán a visualizar el avance del Plan de Mantenimiento Preventivo, el cumplimiento de las planificaciones, el comportamiento de las actividades correctivas con respecto a las preventivas y serán a la vez motivación para trabajar en pro de una mejora continua.

Figura 27. **Formato general de informes del Departamento de Mantenimiento**

Informes <i>Departamento de Mantenimiento</i> <i>Planta Mayacero</i>	
Formato general de informes	
Informe No. _____	
Fecha:	
Responsable: _____	
Estructura	
<ul style="list-style-type: none">o Introduccióno Presentación de indicadores de rendimiento (KPI's)o Actividades correctivas	

Continuación de la figura 27.

- Órdenes de trabajo
- Costos
 - ✓ *Outsourcing*
 - ✓ Compras
- Horas laboradas
 - ✓ Ordinarias
 - ✓ Extraordinarias
- o Actividades preventivas
 - Órdenes de trabajo
 - Costos
 - ✓ *Outsourcing*
 - ✓ Compras
 - Horas laboradas
 - ✓ Planificadas Vs. Reales
 - ✓ Ordinarias
 - ✓ Extraordinarias
 - o Proyectos y otras actividades
 - o Conclusiones

Fuente: elaboración propia.

2.3.5.4. Documentación de las actividades preventivas

La principal documentación de las actividades preventivas se encuentra en las OT preventivas generadas por el Departamento de Mantenimiento de acuerdo a las rutinas implementadas. En estas OT, se registran las tareas realizadas, el equipo intervenido, MO, insumos y comentarios adicionales.

También se pueden adjuntar documentos tales como: planos, cotizaciones, especificaciones técnicas, fotos, etc. Toda esta documentación se archiva en la oficina de mantenimiento, teniendo un archivo por cada uno de los equipos instalados.

Adicional a esta documentación, con la implementación del sistema EAM como herramienta de gestión del mantenimiento, toda esta información se registrará en el sistema y estará disponible en forma digital en cualquier momento que requiera ser consultada. Esta herramienta permitirá también mejorar la búsqueda de la información y la obtención de estadísticas de acuerdo a los registros.

2.3.5.5. Lectura y registro de horómetros

Para el control de las horas trabajadas por cada uno de los equipos, se cuentan con horómetros instalados, que llevan este registro. Es por esto que, es importante que se lleve un control sobre las lecturas de los horómetros para la planificación de las actividades preventivas en conjunto con el Departamento de Producción y Bodega.

La lectura de horómetros se registra en un formato impreso, el cual completa un técnico de mantenimiento cada cinco días (semanalmente) y con base en este formato se completará esta información en el sistema EAM para el registro y generación automática de las OT preventivas.

Figura 28. Formato para registro de horómetros

REGISTRO DE HOROMETROS PLANTA MAYACERO 					
EQUIPOS	LECTURAS (hrs)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Trefiladora 1					
Trefiladora 2					
Trefiladora 3					
Vigueta					
Compresor 1					
Compresor 2					

Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Repuestos e insumos

Durante el desarrollo de las actividades preventivas, los repuestos e insumos son vitales para el cumplimiento de las tareas en el tiempo planificado, es por ello que, el *stock* y reabastecimiento del inventario de bodega debe de ir acorde a las rutinas de mantenimiento preventivo. En el caso de las tareas preventivas del presente plan los insumos de mayor consumo son:

Tabla XXVII. **Repuestos e insumos de mayor consumo**

Repuesto o insumo	Consumo promedio mensual
Lubricantes	20 galones
Desengrasante	10 galones
Wippe	30 libras
Fajas	12* unidades
Retenedores	8* unidades
Aceite hidráulico	10 galones
Contactores, relés y guarda motores	5** unidades
Electrodo	15 libras
O'rings	8* unidades
Rodamientos	20* unidades
* insumos o repuestos de distintas medidas o capacidades	
** unidades por cada insumo y de distinta medida o capacidad	

Fuente: elaboración propia.

Es necesaria una buena comunicación con el Departamento de Compras y Bodega para garantizar la existencia de las piezas e insumos. El sistema EAM será de gran utilidad para garantizar esta buena comunicación entre departamentos y sobre todo brindará una base de datos actualizada de las actividades preventivas e insumos requeridos.

2.4. Implementación del sistema Enterprise Asset Management (EAM)

La implementación del sistema EAM en planta Mayacero, nace de la necesidad de un sistema de gestión de activos enfocado al mantenimiento, que permita la integración de este departamento al resto de la organización; reconociendo con ello la importancia que tiene el mantenimiento en el cumplimiento de los objetivos corporativos.

Para dar inicio con la implementación del sistema EAM es necesario evaluar los procesos realizados actualmente en planta Mayacero para la gestión del mantenimiento. El sistema vincula al Departamento de Mantenimiento con los Departamentos de Compras y Bodega, lo que hace necesario determinar la forma más efectiva de manejar la comunicación, transacciones, solicitudes, despachos etc. entre estos Departamentos.

De acuerdo a los procedimientos estandarizados en la organización, se adaptará el sistema EAM para seguir con el mismo flujo de información y niveles de aprobación, con la diferencia que de ahora en adelante todo se realizará, registrará y evaluará dentro del sistema.

Uno de los mayores beneficios que ofrece el sistema EAM es que puede manejar una interfaz con el sistema ERP VISUAL con el cual ya cuenta la organización. Un sistema ERP es un planificador de recursos empresariales, permite a la organización tener registro de la gestión administrativa, control de costos, administración de proyectos y gestión de calidad. El ERP representa para la organización una herramienta vital para la gestión, sin embargo no les permite acceso a la gestión de los activos empresariales y herramientas para el monitoreo y planificación de actividades de mantenimiento. Estos beneficios los

ofrece la herramienta EAM y combinada con el ERP brindarán a la organización un control e información en tiempo real de la totalidad de los procesos y áreas.

A continuación se describe el diagrama de proceso de la gestión del Departamento de Mantenimiento y la interacción con el resto de departamentos relacionados (compras y bodega) para la adaptación del sistema EAM a la forma de trabajar y necesidades de la organización. Este mismo proceso se muestra en la figura 29.

- Solicitud de orden de trabajo

Es aquí donde inicia el proceso, esta solicitud puede ser generada por el Departamento de Producción o por un técnico y llega al jefe de Mantenimiento, es él quien toma la decisión de aprobarla o no. De ser aprobada se convierte automáticamente en una orden de trabajo y en caso contrario el proceso concluye indicando el motivo por el cual no se autorizó.

- Orden de trabajo

Ya generada la OT es necesario ingresar la información requerida (actividades, piezas y servicios) para iniciar con los trabajos de mantenimiento, de ser requeridas piezas o repuestos se procede a generar la solicitud de despacho para bodega o bien una solicitud de compra.

- Bodega

Bodega recibe la solicitud de despacho y según el inventario procede a entregar los artículos o procede a generar una solicitud de compra. En esta

parte se registran los artículos entregados y automáticamente se actualiza el inventario de bodega.

- Compras

El Departamento de Compras recibe las solicitudes de compra del Departamento de Mantenimiento o bien de bodega. La labor de este es cotizar y obtener la mejor opción de artículos en el mercado, dando así continuidad a los trabajos de mantenimiento.

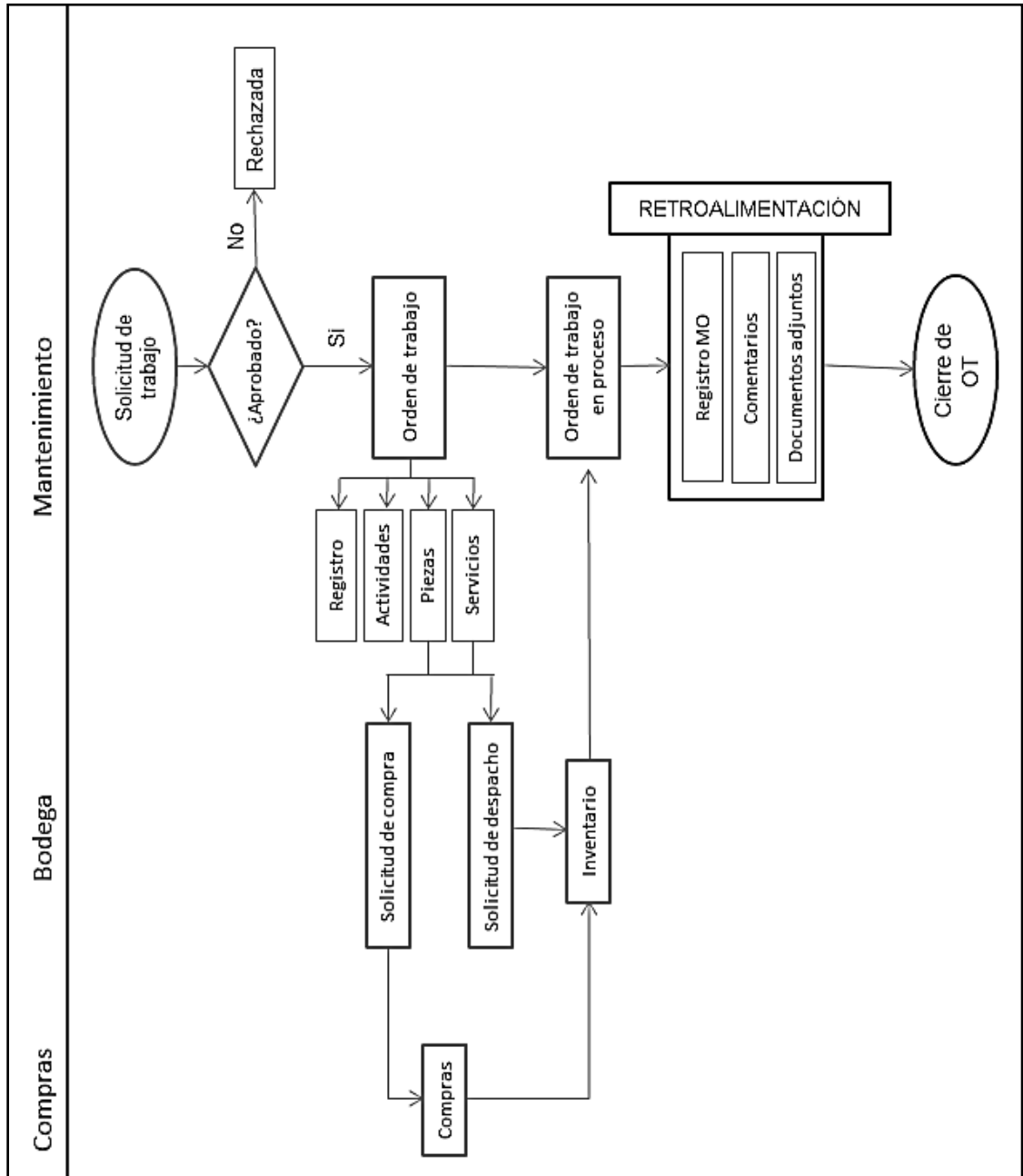
- Retroalimentación

Al finalizar las actividades, el jefe de Mantenimiento registra las horas laboradas, comentarios adicionales del trabajo realizado y se tiene la opción de adjuntar documentos; como es el caso de cotizaciones, planos, fotografías etc. Toda esta información detalla los resultados y los traslada a los indicadores del sistema.

- Cierre de OT

Ya con toda la retroalimentación de la actividad se procede al cierre de la orden de trabajo. Este procedimiento indica que el trabajo se concluyó y no hay más actividades o recursos que asignar al mismo.

Figura 29. Flujograma de la gestión de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Sistema Enterprise Asset Management (EAM)

Los procesos de gestión de activos iniciaron a principios de los años 90´ con los principios de integración de todas las áreas de las organizaciones para trabajar como un solo sistema, que busca alcanzar el cumplimiento de las metas trazadas por la organización.

El Instituto de Gestión de Activos (IAM) define a la gestión de activos como “el arte y la ciencia de tomar decisiones correctas y optimizar los procesos de selección, mantenimiento, inspección y renovación de los activos”⁶.

Pero no fue hasta finales de los 90´s llega el modelo de optimización de gestión de activos, conocido en inglés como Asset Management. En este modelo ya se integra el Departamento de Mantenimiento, ya que se reconoce la importancia dentro de la organización, lo que hace que se vea como un generador de productos que satisfacen a clientes internos, así como; también un generador de importante información y datos vitales para alcanzar los objetivos de la organización.

La gestión de activos desde el Departamento de Mantenimiento toma decisiones a través del ciclo de vida del activo físico, desde la creación o adquisición, utilización, mantenimiento o cambio. Para cumplir con esto se requiere de una integración conjunta de conceptos y técnicas de finanzas, ingeniería, operaciones, tecnología, etc.⁷

⁶ Institute of Asset Management IAM.

⁷ PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo; *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*, p 13.

Como parte de la necesidad de una estandarización de los procesos de gestión de activos surge, en el 2004 la Norma Inglesa PAS 55, y actualmente se desarrolla la Norma ISO 55000 en este mismo tema.

La herramienta Enterprise Asset Management (EAM) es un software enfocado en la gestión de activos en el área de mantenimiento. Es una herramienta que conjuga los beneficios de una base de datos, un sistema de análisis de información, herramientas estadísticas y de gestión para la toma de decisiones a través de indicadores (KIP's) en el cuadro de mando integral (Balanced Scorecard).

EAM es una herramienta que ayuda a la integración del Área de mantenimiento al proceso de gestión de una organización. Permite el enlace de la información de costos, inventarios, mano de obra, activos, etc. ingresada y procesada por el sistema EAM, con otros programas que manejan esta misma información del Área Administrativa de la organización.

La integración de toda esta información permite una visión global de la organización, permitiendo el registro y evaluación de los resultados obtenidos y que llevan a las organizaciones a tomar mejores decisiones para el cumplimiento de los objetivos trazados y el cumplimiento de las metas.

La figura 26 muestra las soluciones y aplicaciones que tiene el sistema EAM dentro una organización. Se observa que se puede tener registro desde el *stock* de repuestos, hasta un monitoreo de estados en tiempo real de los equipos. Existe la aplicación para dispositivos móviles, permite la gestión de proyectos, control de flotillas, edificios e instalaciones y quizá uno de los mayores beneficios es la interfaz con sistemas ERP y Finanzas de VISUAL.

Figura 30. Diagrama de aplicaciones del sistema EAM



Fuente: <http://www.visualk.com/images/stories/eam/cicloeam.jpg>.

Consulta: 8 de abril de 2013.

Se observa claramente que el sistema EAM se adapta a una amplia diversidad de organizaciones e incluso permite una interfaz con otros sistemas de información como es el caso del sistema ERP VISUAL con el que cuenta la planta Mayacero en funcionamiento.

2.4.1.1. Definiciones básicas

Dentro del sistema EAM existen una serie de conceptos y términos que son necesarios conocer para la efectiva aplicación.

- Parámetros principales

Se presentan las definiciones básicas para la utilización y comprensión de las herramientas que tiene el sistema EAM para ofrecer a los usuarios.

- Ubicación: se refiere a la posición física de la organización.
- Sistema: es un elemento compuesto de activos que genera un mantenimiento.
- Activo: se refiere a un equipo compuesto de piezas que genera un mantenimiento.
- Piezas: son todas aquellas partes que en conjunto componen un activo y en este caso no generan un mantenimiento, ya que en caso de fallo o mantenimiento preventivo se sustituyen.

- Parámetros secundarios

- Almacenes: son todas aquellas bodegas o proveedurías en donde se guardan piezas e insumos para tareas de mantenimientos.
- Proveedor: es la entidad que vende las distintas piezas o insumos que se utilizan para tareas de mantenimiento.
- Mercaderías: son una clasificación de insumos para el mantenimiento y se asocian a un proveedor.

- Fabricante: es la entidad que provee de piezas o activos para los distintos sistemas de la organización.
- Departamento: son todas aquellas áreas dentro del mantenimiento a las que se les asignan órdenes de trabajo.
- Ocupación: son todos los distintos cargos (habilidades) que existen dentro del Departamento de Mantenimiento para el cumplimiento de las tareas.
- Herramientas: son todos los dispositivos que se asignan a un empleado para el cumplimiento de una tarea de mantenimiento.
- Empleado: son todos los colaboradores del área de mantenimiento.
- Medidores: son los dispositivos de control que permiten registrar el funcionamiento de los activos o sistemas.
- Códigos de cierre: es el lenguaje utilizado para denotar y registrar las causas de las diferentes fallas que se dan en los sistemas, activos o piezas.

2.4.1.2. Herramientas del sistema EAM

El sistema EAM tiene un amplio campo de aplicación y por ende cuenta con una diversidad de herramientas que permiten la administración, operación y registro de actividades. Las herramientas con las que cuenta el sistema se dividen en seis áreas y estas son:

- Trabajo

En esta área se puede configurar y administrar la mano de obra, órdenes de trabajo, solicitudes de servicios, las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, cierre de OT, generación de informes, administración de proyectos e incluso el control de flotillas.

- Equipos

El área de equipos permite administrar y gestionar los sistemas y activos instalados en la organización. En esta área se configurarán también los distintos departamentos existentes, los medidores instalados, códigos de cierre de OT y ubicaciones. También se pueden generar informes, posiciones para ubicación de los equipos instalados y administración de las garantías de los equipos.

- Materiales

Enfocado al Departamento de Bodega y Control de Inventarios. Permite configurar proveedores, almacenes, unidades de medida de las piezas, tasas de impuestos y moneda. Así como permite realizar transacciones de inventarios, la administración de las piezas, listados de pedido, generación de informes y realizar solicitudes de compra.

- Compras

Con estas herramientas se administra y gestiona el Departamento de Compras, permite la generación de órdenes de compra, informes, análisis de costos, cotizaciones, la asignación y comprobantes de facturas.

- Operaciones

Son todas aquellas herramientas para la administración de las operaciones en general de la organización. Permiten la configuración de procesos administrativos, gestión de proyectos, planificación y programación de actividades. Todo ello para el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

- Administración

Son todas aquellas herramientas para la gestión y administración del sistema EAM. Permite la configuración de seguridad del sistema, la creación de perfiles para los distintos usuarios y la configuración general del sistema.

2.4.2. Capacitaciones sobre uso e implementación

Como se ha mencionado anteriormente el sistema EAM es un software para la gestión de activos empresariales enfocado al Departamento de Mantenimiento y se adquiere a través de una empresa autorizada para la distribución y asesoría. Esta empresa es la encargada de proporcionar la herramienta y el soporte técnico de la misma, sin embargo previo a ello es necesaria la implementación dentro de la organización.

Para la adecuada implementación, es necesaria una asesoría y capacitación por parte del distribuidor del software al personal encargado de la implementación y gestión del sistema dentro de la organización. El sistema EAM se implementó con la participación de personal de las distintas áreas que utilizaran el software. Habiendo participación de personal de:

- Mantenimiento
- Bodega
- Compras
- Costos
- Informática

Este programa de capacitación tuvo una duración de dos meses, las cuales se desarrollaron en dos sesiones semanales con duración de dos a tres horas. Los temas desarrollados son los siguientes:

- Introducción al sistema EAM

Abarca los principios generales del sistema como los son la configuración de ingreso al sistema EAM a través de un servidor, la navegación y funciones del menú principal, las barras de opciones, la distinción de iconos y la función, así como la navegación en las listas de datos, el uso y aplicación del Data spy como herramienta de filtración en los listados de datos, esto para facilitar la búsqueda y mejorar la eficiencia en la ubicación de los datos dentro de la herramienta.

- Mantenimiento de usuarios

Dentro del mismo sistema EAM se crean los accesos para cada uno de los usuarios finales, generando de esta forma un usuario y contraseña para cada uno de los responsables. Se muestra la forma de administrar estos usuarios y especificaciones y seguridad.

Se debe de especificar el nivel de acceso a información y transacciones que tiene cada usuario dentro del sistema, esto permite personalizar cada usuario de acuerdo al rol dentro de la organización, logrando al mismo tiempo facilitar el uso del sistema al enfocarlo de acuerdo a las necesidades y responsabilidades de cada uno de los usuarios finales.

- Creación de factores iniciales

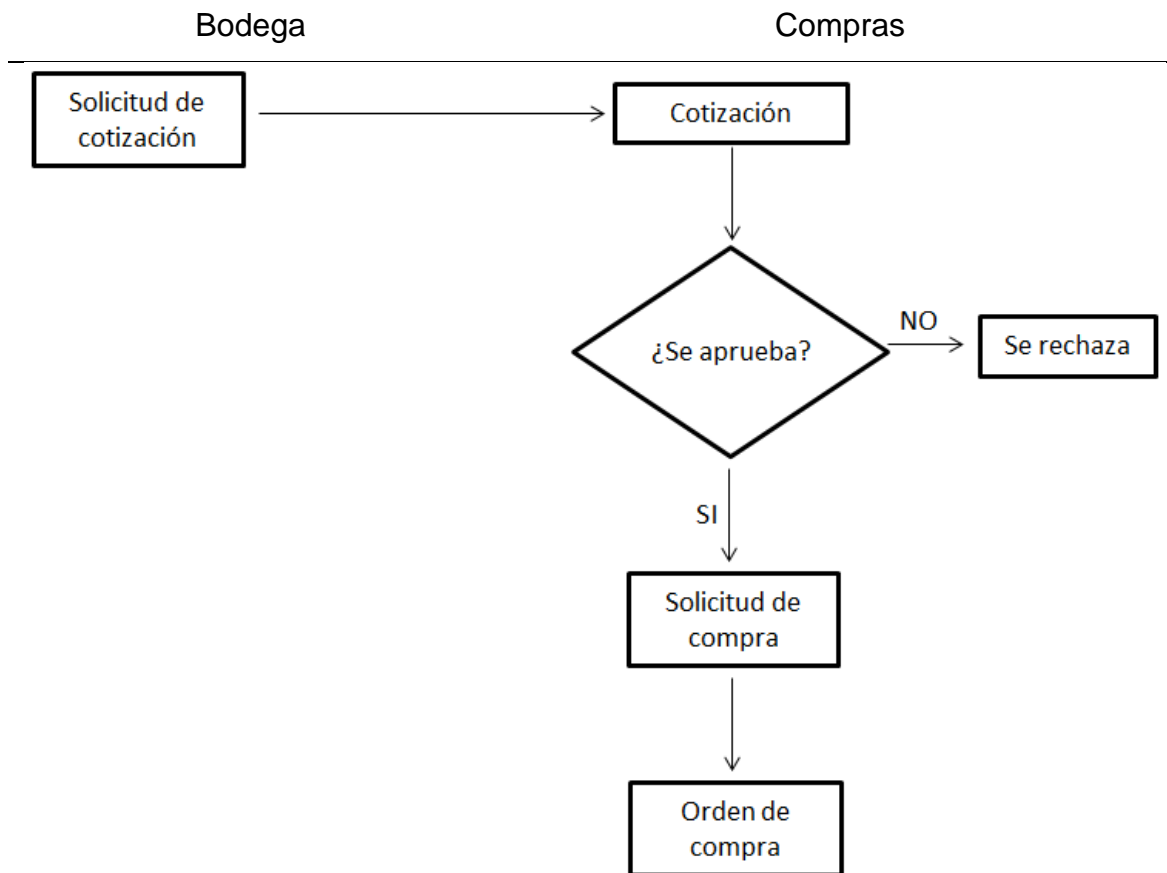
Como bien se sabe el sistema trabaja sobre una completa base de datos, en esta área se muestra como crear cada uno de los parámetros principales y secundarios del sistema, los cuales fueron descritos anteriormente. Es necesaria la creación de cada uno de estos parámetros para dar inicio con el uso y aplicación del sistema EAM dentro de la organización.

Además se muestra una alternativa para la carga masiva de información a la base de datos a través de una herramienta llamada Up Load Utility, este programa permite la carga de información al sistema desde plantillas creadas en Microsoft Excel para facilitar y agilizar la creación estos parámetros primarios y secundarios dentro del sistema EAM:

- Procedimientos de orden de compra

Ya que se cuenta con la base de datos en el sistema, se puede dar inicio a la aplicación y para ello se proporciona el procedimiento para la generación de órdenes de compra. Esta capacitación se concentra en el Departamento de Compras, sin embargo es necesario que todos comprendan el procedimiento de la misma ya que las solicitudes de compra de determinado artículo llegan desde el Departamento de Mantenimiento o Bodega.

Figura 31. **Flujograma de procedimiento para orden de compra**



Fuente: elaboración propia, con software Power Point 2010.

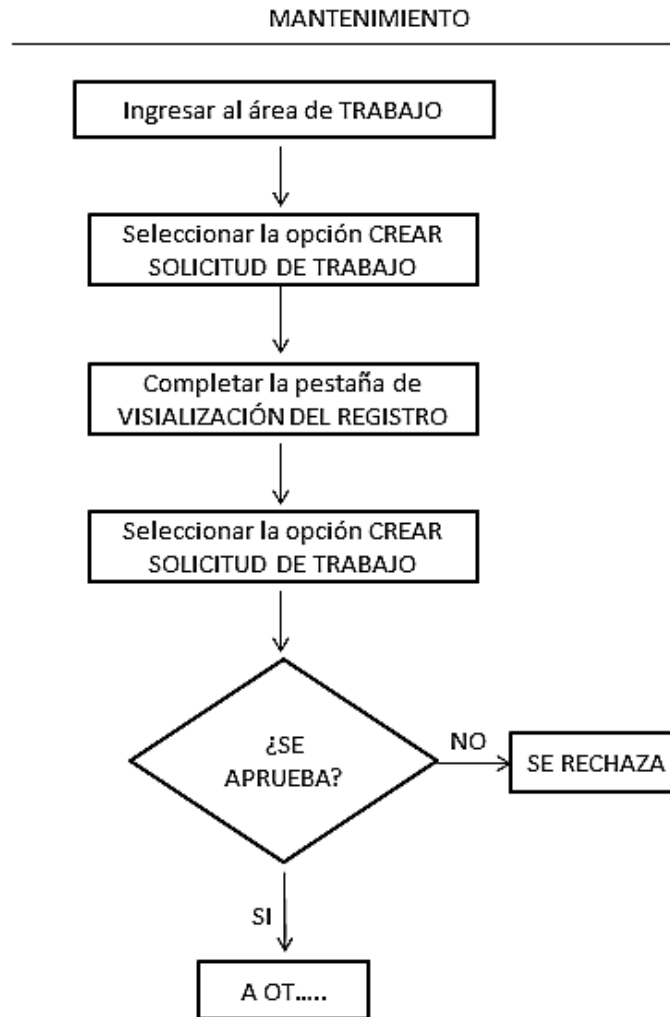
- Transacciones de inventario

Una vez que se cuenta con la base de datos de piezas e insumos, bodega puede dar inicio a la capacitación del uso y aplicación del sistema EAM en el área, en este caso se capacitó sobre la gestión de las transacciones de inventario tales como reabastecimiento, despacho, devoluciones, transacciones internas entre bodegas y el manejo en general del inventario.

- Creación de solicitudes de OT

Las solicitudes de orden de trabajo se generán al surgir la necesidad de una reparación o al presentarse una emergencia en uno de los equipos instalados en la organización. Los responsables de generar las solicitudes de OT son los operadores de las máquinas, ya que son ellos los primeros en detectar estas anomalías. Se presentan los pasos necesarios para la generación de una solicitud de OT y como llenar la información requerida para que el Departamento de Mantenimiento atienda dicha solicitud.

Figura 32. **Flujograma de procedimiento para la generación de una solicitud de OT**



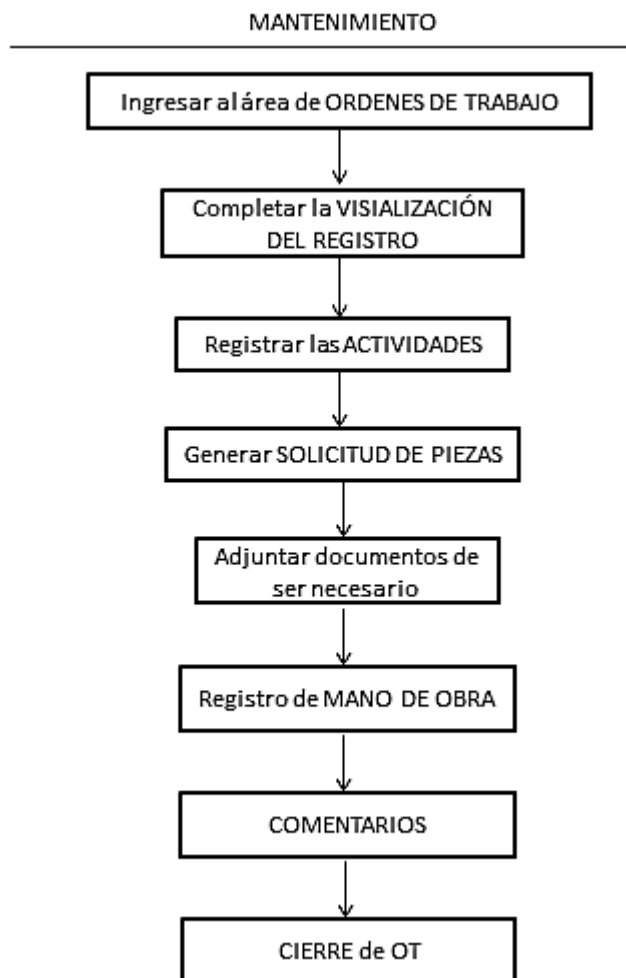
Fuente: elaboración propia, con software Power Point 2010.

- Generación de OT

El Departamento de Mantenimiento es el responsable de la generación de órdenes de trabajo y estas pueden generarse a partir de una solicitud de OT o bien sin ella. La OT registra y autoriza las tareas de mantenimiento en

determinado equipo, asignando a ello recursos y tareas. En esta capacitación se muestra como se genera una OT dentro del sistema EAM, como se gestionan y la información principal que debe contener para que sea útil para la evaluación de los resultados. La OT en general contiene información de mano de obra asignada, actividades programadas, piezas, insumos, horas estimadas, equipo asignado, comentarios de las actividades y los resultados obtenidos.

Figura 33. Diagrama de bloque para generación de OT en sistema EAM



Fuente: elaboración propia, elaboración propia, con software Power Point 2010.

- Planificación del mantenimiento

El sistema EAM permite la planificación de las actividades de mantenimiento. Esto con los principios de mantenimiento preventivo y predictivo. Se crean órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo con la finalidad de que estas se generen automáticamente con base en período de tiempo fijo o variable estandarizado por el usuario.

Se muestra como crear estas OT preventivas, los beneficios y cada uno de los elementos que se deben tomar en cuenta para la efectiva implementación y sobre todo para obtener resultados satisfactorios de la aplicación.

- Indicadores y medidores

Ya creados todos los parámetros principales y secundarios que conforma la base de datos del sistema e iniciada la generación de actividades y registro de las mismas en el sistema, es necesario crear herramientas de medición e indicadores que permitan monitorear los resultados obtenidos de cada una de las actividades. Esta parte es quizá la más importante ya que retroalimenta todo el trabajo que se ha hecho, permitiendo conocer en tiempo real el resultado de las actividades realizadas, identificar las áreas más débiles y la asignación de recursos; todo esto con la finalidad de trabajar por una mejora continua.

Se muestra como crear indicadores mas conocidos como KPI's dentro del sistema EAM, estos indicadores funcionan a través del registro de las actividades en espacios de tiempo establecidos. Cada uno de estos indicadores se crea con base en las necesidades de cada organización y son

estas, las encargadas de elegir los parámetros a utilizar para la medición de cada uno de estos indicadores

Los medidores son aquellos que llevan el registro del trabajo de los distintos equipos, evalúan los factores de utilización y condiciones. Los medidores permiten el monitoreo de los equipos y son utilizados para determinar el momento idóneo para programar una actividad preventiva de mantenimiento. Los medidores pueden ser horómetros, tacómetros, amperímetros, sistema de análisis de vibraciones, etc.

2.4.3. Documentación de la información de base de datos

La recopilación de información para carga del sistema es de las partes más largas y delicadas de la fase de implementación del sistema EAM. Se deben tener claras las definiciones básicas de cada una de las áreas y herramientas del sistema EAM.

La recopilación de información del Departamento de Bodega, Compras, Recursos Humanos y Costos; representa la mayor parte de elementos a cargar a la base de datos del sistema EAM, sin embargo gracias a que la empresa ya cuenta con el sistema ERP VISUAL para la gestión administrativa de la organización, toda esta información, códigos y campos ya se tenían creados, lo que representa un gran beneficio para la agilización de la implementación del sistema EAM y la futura interfaz con VISUAL.

Dado que toda esta información, codificación y campos ya se tienen, es necesario únicamente ponerla en común con el Departamento de Mantenimiento para que la reconozcan y aprendan a utilizarla dentro del sistema EAM. Del mismo modo durante este reconocimiento surgen algunos

inconvenientes con los inventarios de bodega, ya que las unidades de medida utilizadas dentro del sistema VISUAL son las utilizadas para la compra de los distintos insumos y artículos; y no las unidades utilizadas para el despacho.

Esto hizo necesaria una estandarización de unidades de medida para que las utilizadas para la compra coincidan con las de despacho y de esta manera llevar un registro eficiente y confiable de los costos asociados a los insumos y repuestos de mantenimiento.

La recopilación de información para el Departamento de Mantenimiento es un caso a parte, ya que no se contaba con ninguna información referente a los sistemas, activos, planificaciones de mantenimiento preventivo y medidores.

Para iniciar con la recopilación de información referente al área de mantenimiento es preciso como punto de partida definir que es un sistema, un activo y una pieza dentro de la organización para que todas las áreas y las distintas plantas estén en la misma línea.

La recopilación de esta información, se llevo a cabo a través de manuales, placas de máquinas y experiencia del personal de Mantenimiento. Este análisis comprende todas las máquinas que forman parte de la transformación de materia prima en producto terminado, así como también grúas, montacargas, compresores, sistema de tratamiento de agua, transformadores eléctricos, etc. Comprende todos aquellos elementos que requieran de mantenimiento dentro de la organización.

Para la documentación de la información de mantenimiento, el sistema permite organizar cada elemento en tres categorías, estas categorías son: sistemas, activos y piezas. El sistema se compone de activos que a la vez están compuestos de piezas, para entender esto de mejor forma se definen a continuación cada una de las categorías.

- Sistema

Un sistema es una unidad productiva de la organización. En este caso un sistema es toda máquina o equipo instalado en planta Mayacero. En el ejemplo de la figura 34 se define como sistema a la máquina enderezadora de varilla número 1. Por tanto se observa que la organización esta compuesta de varios sistemas.

- Activo

Cada máquina o equipo (sistema) está compuesto de varias partes y elementos claves que hacen posible el funcionamiento, a estos se les denomina activos. En el ejemplo de la figura 34 se observa que el desenrollador de la bobina de alambre es uno de los elementos de la máquina enderezadora (sistema), de esta misma forma un sistema puede desglosarse en varios activos.

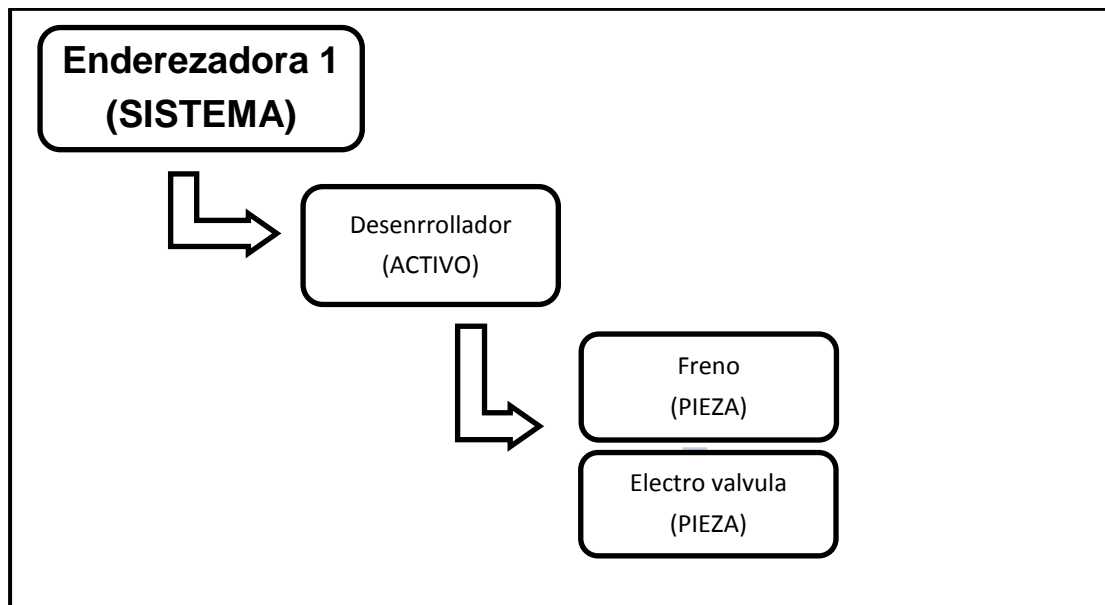
- Piezas

Las piezas son todos aquellos elementos que conforma un activo y a los cuales no se les puede asignar una tarea de mantenimiento, ya que al presentar algún inconveniente se sustituyen; en otras palabras una pieza es un repuesto. En el caso de la figura 34 las piezas son las pastillas de freno y la electroválvula, con esto se identifica que un activo también puede contener más de una pieza.

Ya creada la base de datos en el sistema EAM de cada uno de los sistemas, activos y piezas de la organización es necesario crear una estructura que vincule cada uno de los elementos (piezas) y partes (activos) con el equipo principal (sistema) al que pertenecen. Con esta estructura creada, el sistema EAM lleva el registro de actividades y costos de cada uno de los equipos principales, tomando en cuenta todas las actividades y costos asignados a los activos y para ellos es necesaria la asignación de una codificación y descripción para cada uno de los sistemas, activos y piezas.

La figura 34 es un ejemplo de estructura sencilla, de una enderezadora de varilla, se observa que el freno y electroválvula son piezas del desenrollador del carrete de alambre trefilado, y este a la vez es un activo del sistema que es la máquina enderezadora. Con esta estructura creada, al momento de asignar una actividad de cambio de electroválvula, automáticamente lo vinculará con el desenrollador y con la enderezadora 1. Esto es sumamente importante para el control de actividades realizadas, los costos y la generación de informes.

Figura 34. Diagrama de estructuración de sistemas y activos



Fuente: elaboración propia.

2.4.3.1. Definición de códigos de base de datos

La codificación para cada uno de los elementos que constituyen la base de datos del sistema EAM es de vital importancia, para que el uso e identificación de los distintos elementos sea sencillo y práctico para cada uno de los usuarios del sistema.

Para la definición de los códigos es necesario que cada una de las partes involucradas, mantenimiento, bodega, costos y compras. Estandaricen y definan la metodología a utilizar para la codificación cada uno de los elementos que constituyen la base de datos y con los que tendrán que trabajar dentro del sistema EAM.

Tabla XXVIII. Definición de códigos

DEFINICIÓN DE CÓDIGOS DEL SISTEMA EAM			
Campos	Criterio de codificación	Tipo	Ejemplo
Organización	Primeras cuatro letras de la organización y número de bodega utilizado en base de datos del sistema ERP VISUAL	Alfa-numérico	MAYA-06
Almacenes	Inicia con "BODE" y numero de bodega a la que pertenece de acuerdo a codificación de ERP VISUAL	Alfa-numérico	BODE-12
Estantes	Código alfa-numérico de acuerdo a la posición y división.	Alfa-numérico	A-1
Proveedores	Código numérico de base de datos existente en VISUAL	Numérico	40024685
Piezas	Código numérico utilizado actualmente por bodegas en base de datos de VISUAL	Numérico	0004587

Continuación de la tabla XXVIII.

Departamentos	primeras letras del departamento y número de bodega utilizado en base de datos de ERP VISUAL	Alfa-numérico	ELEC-06
Ocupaciones	Directamente con el nombre de la ocupación, menor de 18 caracteres	Alfabético	MECÁNICO
Empleado	Código numérico de base de datos existente en VISUAL	Numérico	201486
Sistemas	Nombre del equipo o instalación	Alfabético	VIGUETA
Activos	Nombre de la máquina y secuencia numérica de acuerdo al flujo de proceso del equipo	Alfa-numérico	VIGUETA-01
Medidor	Tipo de medidor y nombre del equipo al que esta asignado	Alfabético	HOR-VIGUETA
Planificaciones de MP	Nombre de la máquina y descripción del mantenimiento preventivo	Alfa-numérico	VIGUETA-250HRS
Códigos de cierre	Códigos numéricos de secuencia lógica.	Numérico	001

Fuente: elaboración propia.

La utilización de códigos alfanuméricos, como es el caso de los sistemas y activos facilitan la ubicación de los distintos elementos dentro del sistema y físicamente, esta es una ventaja para el personal de Mantenimiento que debe velar por la gestión de los mismos, físicamente con los técnicos y dentro del sistema por parte del Área Administrativa.

2.4.3.2. Plantillas de carga masiva de información

Como se ha mencionado anteriormente el sistema EAM trabaja con una base de datos para la gestión de costos, actividades, transacciones, recurso humano y planificación de los activos. Ya que se ha estandarizado la codificación de cada uno de estos elementos, es necesaria la recopilación de toda esta información.

Las plantillas de carga masiva de información son una herramienta que permite alimentar la base de datos del sistema de forma rápida y sencilla. Estas plantillas son tablas creadas en Microsoft Excel, que fueron previamente estructuradas y definidas por la empresa proveedora del software.

El equipo implementador es el encargado de recopilar, analizar y procesar toda esta información en las plantillas para ser cargadas al sistema de forma masiva. Esta carga de información se lleva a cabo a través de un software llamado Up Load Utility, este es quien crea la interfaz entre Microsoft Excel y el sistema EAM, permitiendo de manera sencilla al personal implementador del sistema, cargar toda la información al sistema de manera rápida y sencilla.

Básicamente existe una plantilla para cada uno de los campos de la base de datos y cada plantilla contiene la información referente a cada una de las subdivisiones, con la ventaja de que el mismo sistema EAM crea la mayoría de

relaciones de la base de datos de forma automática. Existen plantillas de carga masiva para los siguientes campos:

- Almacenes
- Proveedores
- Piezas
- Estantes
- *Stock*
- Departamentos
- Sistemas
- Activos
- Ocupaciones
- Empleados
- Tasas de empleados
- Planificación de mantenimiento preventivo

Ya con la información se procede al ingreso a las plantillas de sistemas como se observa en la tabla XXIX. En la plantilla se encuentra en la primera columna el código del sistema, luego el tipo que indica de es un sistema (S), en la tercera columna se indica el código de la organización a la que el sistema pertenece, en la siguiente columna se ingresa el código del departamento a cargo de monitorearlo, en la quinta columna se da una breve descripción del sistema para la identificación dentro de la herramienta EAM y por último el estado indica si el sistema esta instalado o no, en este caso si esta instalado (I).

Tabla XXIX. **Plantilla de carga masiva de sistema y activos EAM**

CODIGO	TIPO	ORGANIZACIÓN	DEPARTAMENTO	DESCRIPCION	ESTADO
VIGUETA	S	MAYA-06	MEC-06	MAQUINA DE VUGUETA ELECTROSOLDADA	I
VIGUETA 01	S	MAYA-06	MEC-06	SISTEMA DE DESENROLLADORES ALAMBRE VIGUETA	I
VIGUETA 01-001	S	MAYA-06	MEC-06	DESENROLLADOR 1 ALAMBRE VIGUETA	I

Fuente: elaboración propia.

Se observa que para llenar esta plantilla es necesario contar con la codificación, tipo (S, sistema; A, activo), departamento responsable, una descripción del sistema o activo y la organización a la que pertenece.

2.4.4. Definición de indicadores KPI´s

Dentro de la gestión de activos es muy importante contar con indicadores que permitan medir o calificar el cumplimiento de los objetivos tanto del Departamento de Mantenimiento como de la organización. Es por ello que los objetivos deben ser medibles y es de aquí se surge el principio de “no se puede controlar lo que no se puede medir”⁸.

La gestión de activos se basa en los principios de Deming, que a la vez son herramientas de control de procesos, esto reafirma la importancia de los datos y la información para la medición y control de los distintos indicadores dentro de las organizaciones.

Los KPI´s son la serie de indicadores que se utilizarán dentro del cuadro de mando integral para la medición del desempeño de la organización. Es muy importante que al momento de definir los indicadores, estos reflejen la visión a futuro de la organización, los cuales deben proporcionar información relevante,

⁸ KAPLAN, Robert; NORTON, David. *Cuadro de Mando Integral*. p. 42.

motivar a la mejora continua y orientar a la organización hacia un pensamiento sistemático. También deben ser una herramienta que permita a toda la organización entender los resultados y trabajar para mejorarlos.

Los medidores se aplican en áreas donde se deba mejorar y es importante establecer medidores para metas realista, así como también establecer adecuadamente la frecuencia de la mediciones tomando en cuenta el tiempo, el costo y los recursos involucrados en las mediciones.

Dentro de los medidores existen dos clases distintas, los medidores clave y los medidores funcionales. Los medidores clave son los que registran el cumplimiento de los objetivos de la organización, mientras que los medidores funcionales, son aquellos que registran todos los demás parámetros que ayudan a cumplir el objetivo, dicho de otra forma, los medidores funcionales ayudan a registrar el avance de las estrategias para cumplir los objetivos.

Una adecuada selección de indicadores permitirá mejorar la comunicación entre todas las áreas de una organización, incluyendo a mantenimiento. Los KPI's claves a implementar en el Departamento de Mantenimiento se enumeran y definen a continuación.

- Tiempo medio entre fallas

$$TMF = \frac{\text{Horas trabajadas por un sistema}}{\# \text{ de fallas}}$$

- Costos de indisponibilidad por fallos

$$C_I = \# \text{ horas inactivas del sistema por actividades correctivas} \times \text{Ingresos por hora de servicio del sistema}$$

- Número de órdenes de trabajo pendientes

OT abiertas = # ordenes de trabajo en proceso

- Productividad de las actividades preventivas

$$\text{Productividad de MP} = \frac{\text{horas planificadas}}{\text{horas reales}} \times 100 \%$$

2.4.4.1. Cuadro de mando integral

Para la definición, registro y control de los indicadores se recurre a una herramienta conocida como cuadro de mando integral (Balanced Scorecard-BSC) propuesto por Kaplan y Norton, 1992. Esta herramienta se basa en cuatro perspectivas que son:

- Financieras
- Cliente
- Procesos internos
- Aprendizaje y crecimiento

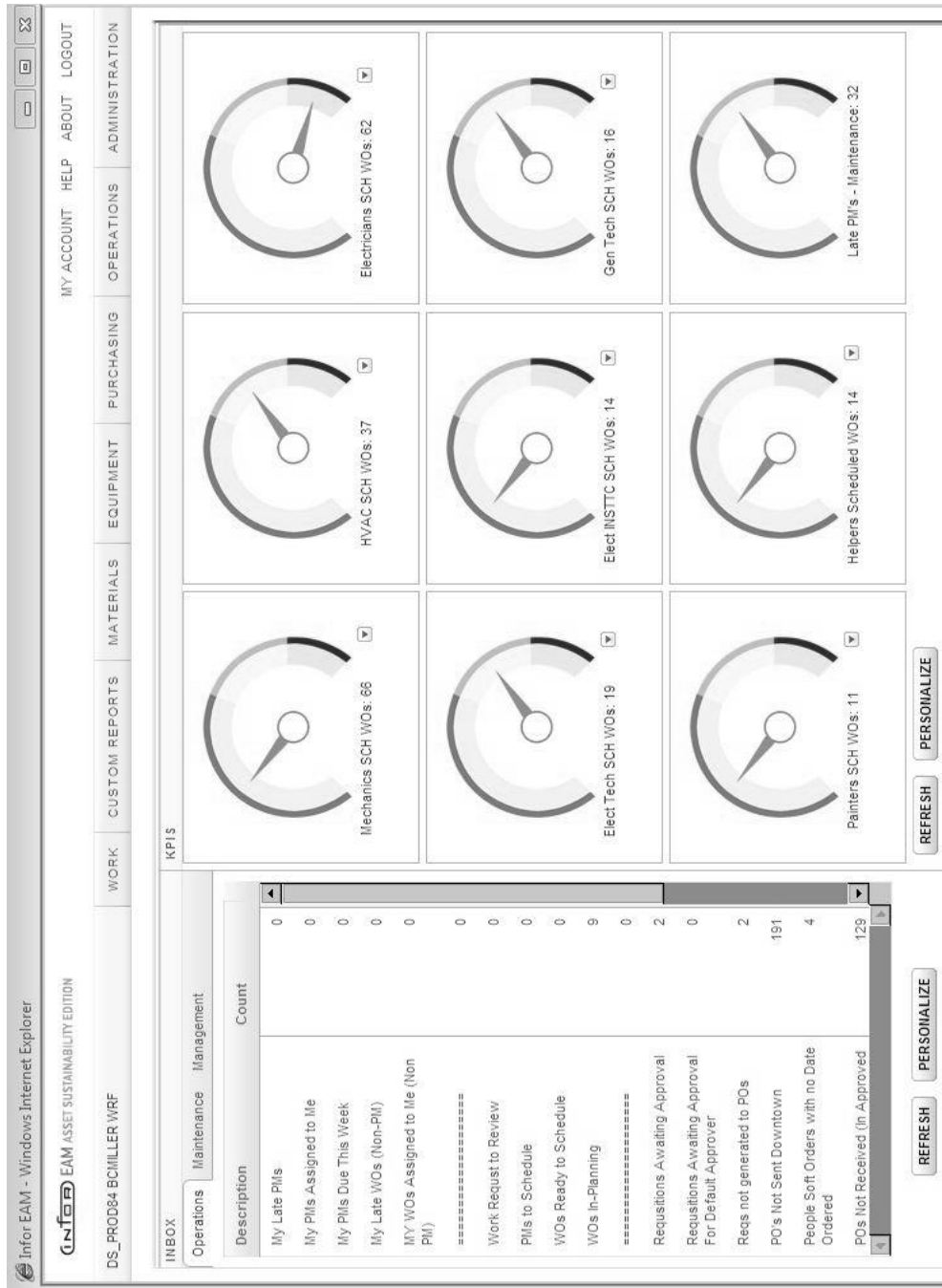
Esta herramienta es de gran ayuda para la gerencia y administradores de la organización, ya que muestra la medición de los parámetros claves para el éxito continuo de la organización. Permite el desarrollo de objetivos estratégicos a largo plazo con medidas de acción que se pueden desarrollar en el corto plazo.

En el caso de la gestión del mantenimiento el enfoque del cuadro de mando integral se debe guiar por los siguientes pasos:

- Formular la estrategia de operación para el mantenimiento
- Implementar la estrategia de operación
- Desarrollar planes de acción
- Monitorear el rendimiento y la estrategia.

La figura 35 muestra el formato del cuadro de mando integral que genera el sistema EAM. En los cuadros de la derecha se observan nueve distintos indicadores. Esta figura es únicamente ilustrativa, ya que no muestra indicadores reales de planta Mayacero.

Figura 35. Cuadro de mando integral del sistema EAM



Fuente: <http://www.sustainableplant.com/2011/06/wastewater-treatment-plant-pares-energy-consumption/?show=all>. Consulta: 8 de mayo de 2012.

2.4.5. Fase de prueba de sistema EAM

La fase de prueba del sistema EAM consiste en iniciar con la operación del sistema por parte de las áreas interesadas, en este caso, bodega y mantenimiento. Se carga la base de datos al sistema de prueba y se inicia con la generación de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo, solicitudes de insumos a bodega, transacciones entre bodegas, ingreso de mantenimientos preventivos, creación de las estructuras de activos dentro del sistema y la creación de medidores. Al contar con toda esta información en el sistema se realizan los primeros registros de actividades y costos.

La fase de prueba del sistema EAM tiene duración de un mes y en este tiempo se pone en práctica todo lo aprendido en las capacitaciones que se impartieron al personal implementador y asimismo, permite identificar errores cometidos en la implementación, en los registros de la base de datos, en la operación del sistema, en los procesos de autorización y desarrollo de actividades.

El uso del sistema de prueba brinda al equipo implementador y a los usuarios una retroalimentación vital del sistema, la operación, base de datos y la gestión. Con esta información se trabaja en las correcciones necesarias, que permitan facilitar el uso del sistema, ubicación de información, aprovechar de mejor forma las herramientas con que cuenta el sistema y en general hacer mas eficiente la gestión al momento de trabajar con el sistema EAM definitivo.

2.4.5.1. Evaluación del desempeño del sistema EAM en su fase de prueba

El procedimiento de evaluación del sistema EAM se llevo a cabo a través de un plan piloto o plataforma de prueba. Esto consistió en la habilitación de una primera versión del sistema EAM para la corporación Multigroup, a esta plataforma de prueba se cargo la información recolectada y se ajusto de acuerdo al diagrama de flujo de procesos de la organización.

En esta fase se utilizó la herramienta durante un mes en los Departamentos de Mantenimiento, Compras y Bodega. El proceso de evaluación inicio con la aplicación de la herramienta en los procesos cotidianos de cada área, durante este período se realizaron reuniones semanales para presentar los resultados de la aplicación, así como para corregir inconvenientes y sugerir mejoras a los procedimientos.

A continuación se enumeran algunos inconvenientes que surgieron y correcciones que fueron necesarias aplicar al sistema de prueba, para mejorar el desempeño y facilitar el uso y gestión a los usuarios finales.

- En la asignación de bodega y piezas se tiene el inconveniente que planta Mayacero no cuenta con una bodega física, y la bodega que despacha a Mayacero esta dentro de otra organización. Esto no permite realizar solicitudes a bodega y realizar solicitudes de compra de mano de obra contratada, ya que tanto la bodega como las piezas están asociadas a otra organización en la base de datos. De ser necesario corregir la codificación de planta Mayacero y la asociación para permitir el acceso y solicitudes a la bodega asignada.

- Al buscar en la base de datos los sistemas, estos son demasiados, ya que se refiere a la máquina como tal y las partes principales que a la vez se dividen en activos.
- Redefinición de algunas descripciones que representan problemas para la ubicación física dentro de la planta. Por ejemplo algunos elementos se identificaron unos de otros por número (cilindro neumático de corte A) y al momento de las pruebas del sistema se observa que es mas efectivo definirlo como cilindro de corte superior derecho 1.
- Creación de nuevos activos que no se tomaron en cuenta en la plantillas, como el caso del edificio de oficinas y de planta Mayacero, ya que hay trabajos que se asignan a estos activos, tal es el caso de trabajos de pintura, instalación eléctrica, fontanería, etc.

Estas correcciones se realizan en las plantillas de carga masiva o directamente en el sistema, según sea el caso, para que el sistema EAM definitivo y oficial, funcione sin ningún inconveniente o contratiempo. Este modelo de prueba fue de gran ayuda para introducir al personal involucrado en el uso y aplicación del sistema, cada área presento los inconvenientes y mejoras propuestas. Este trabajo en equipo será vital para obtener buenos resultados en el uso, aplicación y gestión del sistema EAM.

2.4.5.2. Mejoras propuestas

Como parte de la evaluación del desempeño del sistema EAM en la fase de prueba, se presentan a continuación una serie de mejoras propuestas por el Departamento de Mantenimiento, Compras y Bodega.

- Mejorar la conexión a la red de internet para aumentar la velocidad de respuesta de la herramienta EAM.
- Aplicar el registro de las órdenes de trabajo asignadas a cada equipo, el control de costos y registro del recambio de piezas; como retroalimentación para las rutinas de mantenimiento preventivo definidas actualmente, logrando con ello una optimización de los recursos de mantenimiento y trabajando en pro de una mejora continua.
- Realizar una revaluación de los indicadores KIP's cada seis meses para garantizar que son representativos y realmente están llevando a la organización a ser mas eficiente y competitiva.
- La implementación de estaciones *requestor* dentro de la planta que permitan al personal de producción realizar las solicitudes de ordenes de trabajo al haber algún inconveniente en el equipo a cargo y que al mismo tiempo permita a los técnicos de mantenimiento visualizar estos registros y órdenes de trabajo pendientes de realizar.

2.4.6. Resultados del sistema EAM

El sistema EAM como herramienta de gestión de activos empresariales representa un gran beneficio para planta Mayacero. Se logra tener un registro de cada una de las actividades de mantenimiento, medir el impacto de esta área en la organización y de esta forma mejorar la gestión.

- Este sistema permite tener un control y monitoreo en tiempo real de toda la organización al trabajar de forma paralela con el sistema ERP VISUAL.
- Control en tiempo real de cada una de las actividades de mantenimiento.
- El control de costos de las actividades de mantenimiento y la asignación automática de recursos a cada uno de los centros de costos por medio de las ordenes de trabajo y despachos de bodega.
- Indicadores de tiempo medio entre fallas, ordenes de trabajo pendientes, productividad y de costos por indisponibilidad; son resultado de la implementación del sistema EAM.
- Un mejor ambiente de trabajo al tener una herramienta que apoya y respalda las actividades del Departamento de Mantenimiento, permitiendo que se reconozcan los esfuerzos de este departamento y a la vez permite hacerlo participe del cumplimiento de las metas y objetivos organizacionales.

2.5. Costos de implementación

Para el análisis de los costos de la implementación se toman en cuenta únicamente los costos directos incurridos en planta Mayacero, dejando algunos de ellos como no disponibles por políticas de seguridad y confidencialidad de la empresa.

Tabla XXX. Costos de implementación del sistema EAM

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Análisis de la situación actual	1	Q 1 500,00	Q 1 500,00
Sistema EAM	1	No disponible	No disponible
Capacitaciones	12	Q 520,00	Q 6 240,00
Personal Implementador	2	Q 10 500,00	Q 21 000,00
Equipo de computo taller	1	Q 4 800,00	Q 4 800,00
Equipo computo implementación	1	Q 3 200,00	Q 3 200,00
Equipo e instalaciones de proyección	1	Q 2 300,00	Q 2 300,00
Personal plan piloto	5	Q 380,00	Q 1 900,00
Mejora a la red de internet	1	Q 8 600,00	Q 8 600,00
Papelería y artículos de oficina	1	Q 780,00	Q 780,00
TOTAL			Q 50 320,00

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE PAPEL EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE PLANTA MAYACERO

3.1. Análisis del consumo actual de papel

En el Departamento de Mantenimiento el uso de papel para la documentación de los trabajos realizados y solicitudes a bodega es considerable. Sin mencionar, que dentro de los procesos de solicitud de compra por medio de órdenes de trabajo es necesario adjuntar fotografías de cada uno de los artículos solicitados.

Para el análisis del consumo promedio de papel y medios impresos en el Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero, se analizarán los datos correspondientes al 2012. El detalle de consumo se presenta en seis rubros principales que son: ordenes de trabajo, solicitudes de materiales, fotos adjuntas de artículos, informes, documentos adjuntos a OT y otros documentos.

A continuación se detallan las fuentes de información consultadas para el presente análisis:

Tabla XXXI. **Fuentes de información del consumo de papel y medios impresos**

DOCUMENTO	FUENTE
Órdenes de trabajo	Archivo de órdenes de trabajo del Departamento de Mantenimiento 2012
Solicitud de materiales	Base de datos de sistema VISUAL de bodega 2012 (correlativos de boletas)
Fotos de artículos	Archivos digitales del Departamento de Mantenimiento 2012 (imágenes solicitudes)
Informes	Archivos digitales del Departamento de Mantenimiento (informes 2012)
Documentos adjuntos a OT	Con base en el promedio del período supervisado agosto-diciembre 2012
Otros documentos	Con base en el promedio del período supervisado agosto-diciembre 2012

Fuente: elaboración propia.

Partiendo de la información obtenida de estas fuentes, a continuación se presentan los promedios mensuales del consumo de papel y medios impresos del Departamento de Mantenimiento durante el 2012.

Tabla XXXII. **Detalle de consumo mensual de papel**

CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE PAPEL EN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	No. HOJAS	PROMEDIO MENSUAL	TOTAL
Ordenes de trabajo	Registro de las tareas de mantenimiento realizadas	4	84	336
Solicitud de materiales	Solicitud de despacho de insumos a bodega	0.5	90	45
Fotos de artículos	Facilita la identificación de artículos al Departamento de Compras	1	41	41
Informes	Reportes de las actividades del Departamento de Mantenimiento	3	4	12
Documentos adjuntos a OT	Pueden ser especificaciones técnicas, cotizaciones o planos	1	25	25
Otros documentos	Especificaciones técnicas de productos, manuales, planos, etc.	1	18	18
TOTAL MENSUAL				477

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Análisis de Pareto

Con base en el promedio del consumo mensual de papel y medios impresos en el Departamento de Mantenimiento se realizó un análisis de Pareto, el cual permite determinar cuáles son de las principales fuentes de consumo, y con ello poder canalizar el plan de reducción a estas fuentes.

El diagrama de Pareto, también conocido como diagrama 80-20, indica que en el 20 % de fuentes de problema se encuentra el 80 % de los problemas

o fallas. Para este caso en particular indicará en que fuentes de consumo de papel se encuentra concentrado el 80 % del papel utilizado en el Departamento de Mantenimiento. Esta información permitirá la creación de un efectivo Plan de Reducción del Consumo de Papel y Medios Impresos, ya que este se enfocará en las principales fuentes de consumo.

Partiendo de promedio total de consumo de cada uno de los seis rubros analizados se realiza la tabla de datos para el Diagrama de Pareto. Los rubros se ordenan con base en el consumo, de mayor a menor. Ya ordenados se determina el porcentaje de consumo que representa cada uno de ellos del total de papel consumido. Por último se suman los porcentajes en una columna adicional, denominada porcentaje acumulado. Estos datos tabulados se muestran la siguiente tabla:

Tabla XXXIII. **Diagrama de Pareto del consumo de papel y medios impresos**

Descripción	Consumo	Porcentaje	Acumulado
Órdenes de trabajo	336	70,44	70,44
Solicitud de materiales	45	9,43	79,87
Fotos de artículos	41	8,60	88,47
Docs. adjuntos a OT	25	5,24	93,71
Otros documentos	18	3,77	97,48
Informes	12	2,52	100,00
TOTAL	477	100,00	100,00

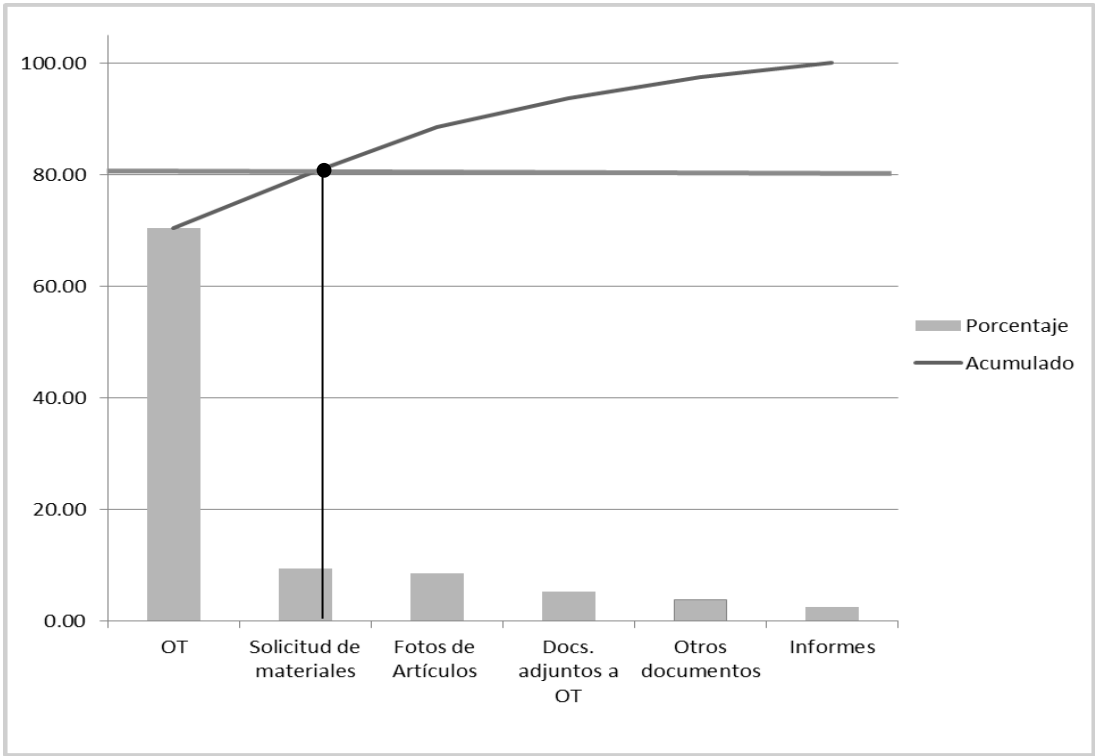
Fuente: elaboración propia.

Analizando la tabla anterior se identifica claramente que el rubro de mayor consumo es el de órdenes de trabajo y que si este se suma con el rubro de

solicitudes de materiales representas el 79.87 % (aproximadamente 80 %) del consumo total de papel y medios impresos.

Estos mismos resultados se muestran en la figura siguiente de forma gráfica o más conocido como Diagrama de Pareto:

Figura 36. **Diagrama de Pareto del consumo de papel en mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Principales procesos del consumo de papel

Partiendo de los datos que se muestran en el análisis anterior, se observa claramente que el proceso que genera el mayor consumo de papel y medios

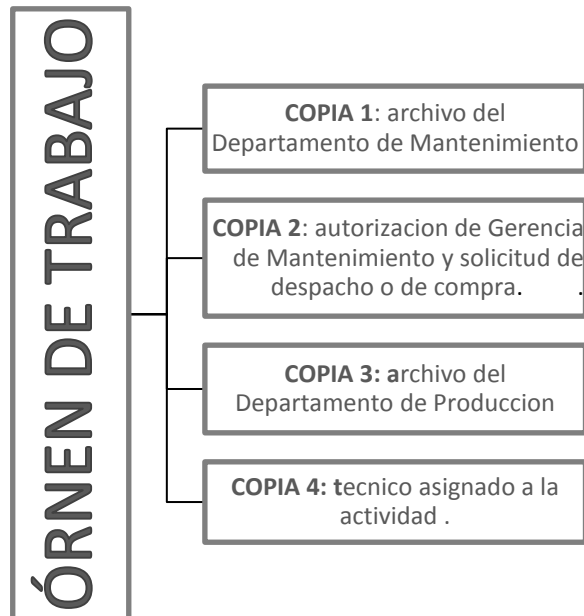
impresos en el Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero es la generación de órdenes de trabajo.

Se ha determinado que el 80 % del consumo de papel y medios impresos esta comprendido entre las ordenes de trabajo y las solicitudes de despacho de materiales extendidas a bodega. Es por ello que el Plan de Reducción del Consumo de Papel deberá concentrarse principalmente en estas dos áreas.

3.1.2.1. Órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo documentan las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento. Es por este motivo que la generación de órdenes de trabajo es tan importante y actualmente por cada orden que se genera, esta se compone de cuatro copias. Estas copias se extienden a otras áreas de la organización relacionadas al mantenimiento, para el registro y documentación, así como también cumplen la función de una solicitud de compra de insumos o repuestos que no se tengan en *stock*. La siguiente figura muestra el desglose de las copias de una orden de trabajo actual:

Figura 37. **Gestión actual de una orden de trabajo**



Fuente: elaboración propia.


Además dentro del proceso de generación de órdenes de trabajo, se solicita adjuntar fotografías impresas del área dañada o pieza solicitada, como constancia de la necesidad que se tiene de la compra, reparación o fabricación de dicha pieza. Además según sea el caso se adjunta una o más cotizaciones sugeridas para la compra o servicio.

Estos documentos adjuntos a las órdenes de trabajo y las fotografías se muestran también en el análisis de consumo anterior. Es por estos motivos que el consumo de papel que genera una orden de trabajo puede llegar a ser de hasta 8 hojas, según sea el caso.

3.1.2.2. Solicitudes de materiales

Las solicitudes de materiales ocupan el segundo puesto en el consumo de papel del Departamento de Mantenimiento. Este documento de media pagina tiene la función de autorizar a bodega la entrega de materiales, insumos o repuestos al personal de Mantenimiento. Es importante resaltar que este documento se utiliza exclusivamente para despacho de insumos o repuestos en *stock*.

Figura 38. Solicitud de materiales

	23 CALLE 1-39, ZONA 3 GUATEMALA, C.A. 01003 PBX: (502) 2230-6360 FAX: (502) 2232-7830	SOLICITUD DE MATERIALES	
		ORDEN No. _____	
Nombre: _____ Fecha: _____			
Departamento: _____			
Material Solicitado	Cantidad Solicitada	Cantidad Entregada	
Observaciones: _____			
_____		Firma Solicitante	Firma Jefe Inmediato

Fuente: Multigroup (todos los derechos reservados).

3.1.3. Estrategias para la reducción del consumo de papel

- Concientizar al personal de Mantenimiento sobre la importancia de reducir el consumo de papel y medios impresos en la gestión.
- Hacer ver que el proyecto se basa en una conciencia ambiental que deriva en una reducción de costos y metodologías más eficientes de gestión.
- Reducir el consumo de papel y medios impresos a través del uso de medios digitales, que a la vez incrementen la eficiencia de la gestión del mantenimiento.
- Evaluar la necesidad real de cada una de las copias que se utilizan en la actualidad para el registro de las actividades, así como documentos adjuntos a las mismas.

3.2. Plan de Reducción del Consumo de Papel

El plan esta dirigido al Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero. Tiene como objetivo encontrar una alternativa que permita reducir el consumo actual de papel y medios impresos en la gestión. Este plan podrá seguir aplicándose y reflejar resultados satisfactorios desde la implementación.

3.2.1. Metodología propuesta para la reducción del consumo de papel

El sistema de gestión de activos Enterprise Asset Management (EAM) que se implemento en el Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero, ofrece una efectiva alternativa para reducir el consumo de papel y medios impresos. Dado que dentro del sistema EAM se generarán las órdenes de trabajo y solicitudes de materiales. Los Departamentos de Mantenimiento y Bodega tienen acceso a este sistema y generarán las transacciones, solicitudes y registro de actividades de forma digital.

La metodología a utilizar será la aplicación del sistema EAM como medio digital de comunicación en tiempo real entre el Departamento de Mantenimiento y Bodega, que es en donde se registra el mayor porcentaje de consumo de papel y medios impresos. Se adaptará una pestaña dentro del sistema, específicamente en el Área de Generación de órdenes de trabajo, que permite adjuntar archivos en formato digital a las órdenes generadas y enviarlas para la aprobación.

Con esta metodología no serán necesarias las boletas físicas de solicitud de materiales a bodega y al poder adjuntar documentos no serán necesarias las impresiones de información adicional como cotizaciones, especificaciones técnicas o fotografías de los artículos solicitados. De esta misma forma las copias de las órdenes de trabajo no serán necesarias físicamente ya que pueden ser consultadas en el sistema EAM en cualquier momento por la persona o área de la organización interesada.

En el punto 3.3.1 se presenta en detalle la gestión de órdenes de trabajo y solicitudes de materiales dentro del sistema EAM. Y en el punto 3.3.2. se detalla la adaptación, uso y aplicación de la pestaña de documentos adjuntos que se mencionó anteriormente.

Esto dará como resultado una reducción significativa de los medios impresos utilizados actualmente y a la vez ayudará a reducir los tiempos de traslados y aprobación de la documentación. Al mismo tiempo esta metodología permitirá tener un mejor registro y acceso a la información, así como mejorar la trazabilidad de los procesos administrativos de solicitud y aprobación.

3.2.2. Recursos necesarios

Son todos aquellos materiales, insumos, equipo e instalaciones necesarias para el desarrollo de cada una de las actividades e implementación del Plan de Reducción del Consumo de Papel en el Departamento de Mantenimiento.

- Recursos materiales
 - Libreta de anotaciones
 - Manuales sistema EAM
 - Mobiliario y oficina de mantenimiento
 - Historial de ordenes de trabajo y solicitudes de materiales
 - Otros artículos de oficina

- Recursos humanos
 - Investigador del presente proyecto
 - Jefe de Mantenimiento Mayacero
 - Asesor de implementación EAM externo

- Administrador de redes y sistemas Mayacero
- Personal de Mantenimiento

- Recursos tecnológicos
 - Computadora portátil
 - Servicio de internet
 - Sistema EAM
 - Sistema Office 2010
 - Adobe Reader

3.2.3. Programación de actividades

El presente programa de actividades contempla cada una de las fases necesarias para el análisis, desarrollo y evaluación del Plan de Reducción de Papel en Departamento de Mantenimiento. Tiene una duración de 8 semanas comprendidas en los meses de enero, febrero y marzo del 2013.

La duración de estas actividades contemplan un promedio de 3 horas por cada uno de los días indicados y el responsable del cumplimiento de la programación es el investigador del presente proyecto.

Figura 39. Programación del Plan de Reducción Consumo de Papel

	ENERO														FEBRERO																				
	28-02							04-08							11-16							18-22							25-02						
	L	M	MI	J	V	S		L	M	MI	J	V	S		L	M	MI	J	V	S		L	M	MI	J	V	S		L	M	MI	J	V	S	
<i>Analisis de la situacion actual</i>																																			
<i>Generar estrategias</i>																																			
<i>Elegir metodologia de ahorro</i>																																			
<i>Adaptacion del sistema EAM</i>																																			
<i>Pruebas de sistema EAM</i>																																			
<i>Analisis y presentacion de resultados</i>																																			

	MARZO																	
	04-08				11-16				18-22									
	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S
<i>Analisis de la situacion actual</i>																		
<i>Generar estrategias</i>																		
<i>Elegir metodologia de ahorro</i>																		
<i>Adaptacion del sistema EAM</i>																		
<i>Pruebas de sistema EAM</i>																		
<i>Analisis y presentacion de resultados</i>																		

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Aplicación del sistema EAM como medio digital para la reducción del consumo de papel en el Departamento de Mantenimiento

El sistema Enterprise Asset Management implementado en el Departamento de Mantenimiento permitirá de manera sencilla y efectiva la reducción del uso de papel y medios impresos para el registro y documentación de la gestión del mantenimiento. Como se mencionó en el punto anterior sobre la metodología, esta herramienta sustituirá los medios impresos por medios digitales, mejorando así la eficiencia de los procesos administrativos de solicitudes y autorizaciones de mantenimiento, bodega, compras y control de costos.

El sistema EAM ofrece un alto nivel de seguridad para el manejo de la información y además una amplia base de datos que permitirá tener un registro ordenado de cada una de las actividades realizadas, el procesamiento y evaluación para la generación de informes a partir de las mismas.

A continuación, se muestra la metodología y aplicación del sistema EAM como medio de reducción de consumo de medios impresos en los procesos de generación de órdenes de trabajo y solicitudes de materiales. De igual forma detalla el procedimiento y metodología para adjuntar documentos a las órdenes de trabajo generadas.

3.2.4.1. Órdenes de trabajo y solicitudes de materiales

La generación de órdenes de trabajo tanto correctivas como preventivas se realizará en el sistema EAM. En el caso de ordenes de trabajo correctivas la impresión no será necesaria en todos los casos, ya que en ocasiones los técnicos reportan la actividad posteriormente a la reparación, por lo que no es necesario un listado de instrucciones. La orden de trabajo se genera dentro del sistema y se guarda para la asignación de recursos a la misma y el posterior cierre, sin necesidad de impresión ya que el registro de la misma esta en el sistema.

En el caso de las órdenes de trabajo preventivas se imprimirán con las respectivas actividades de forma resumida en una hoja tamaño carta, que incluirá la fecha, equipo asignado, tiempo estimado, mano de obra, etc. Esta hoja será única y exclusivamente para el técnico asignado, con la finalidad que él anote observaciones de alguna anomalía extra y complete el *check list* de actividades preventivas. Con la información que el técnico anota en la OT impresa se procede al registro en el sistema EAM y cierre.

Con el uso de esta herramienta también se genera la solicitud de despacho de piezas y repuestos a bodega de forma digital a través de la orden de trabajo generada anteriormente, con esto se elimina por completo el uso de boletas de despacho de materiales, e incluso el técnico puede solicitar mas insumos o repuestos mientras realiza la orden de trabajo y en bodega se los entregarán y cargarán directamente a la orden asignada en el sistema, sin ningún inconveniente. Bodega tendrá acceso a todos estos despachos y solicitudes en el sistema lo que facilitará al mismo tiempo la gestión de los inventarios y transacciones.

3.2.4.2. Documentos adjuntos a OT y fotografías de artículos

Los documentos adjuntos a las órdenes de trabajo son otra de las principales fuentes de consumo de papel y medios impresos. Para ello el sistema EAM se configuro con una pestaña dentro del área de órdenes de trabajo que permite adjuntar documentos a dicha orden. De esta manera se pueden adjuntan documentos de Microsoft Office y PDF; a las órdenes de trabajo.

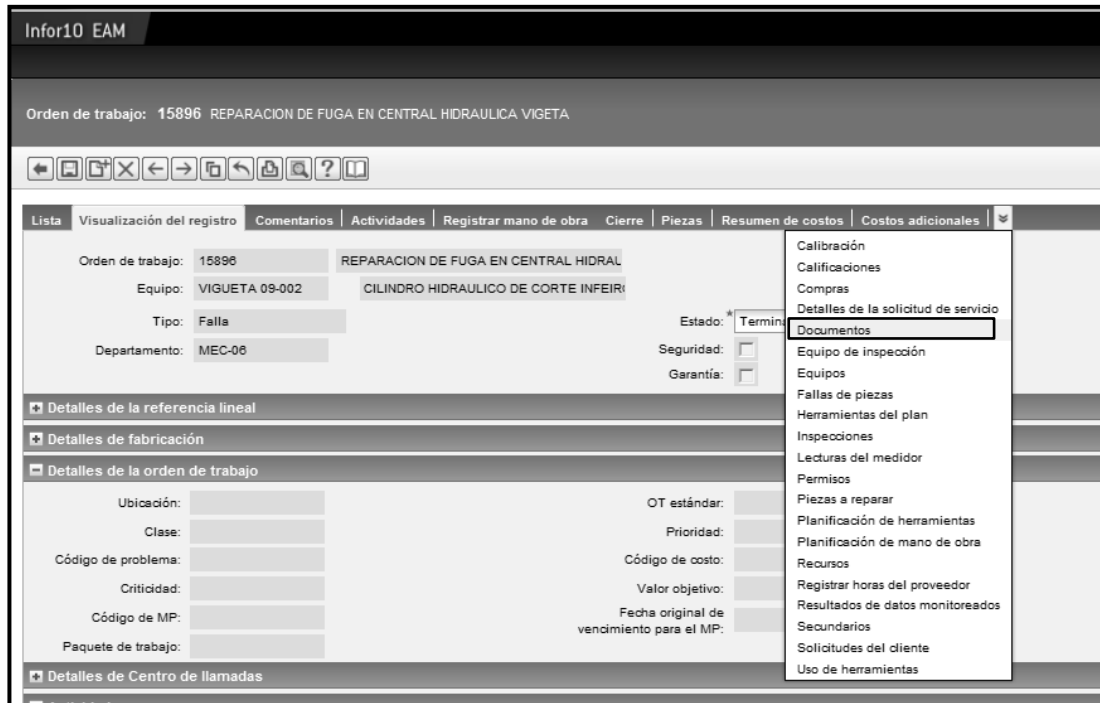
La aplicación de esta pestaña de documentos adjuntos eliminara la impresión de fotografías, cotizaciones, planos y especificaciones técnicas que se utilizaban anteriormente y que representaban aproximadamente el 14 % (fotos de artículos 8.6 % y Docs. Adjuntos a OT 5.3 %) ⁹ del consumo total de papel.

Esta aplicación permitirá a los Departamentos de Compras y Bodega tener acceso a la orden de trabajo como tal y a los documentos adjuntos a la misma, para proceder con la solicitud y compra de una forma efectiva y ordenada. Teniendo en todo momento el registro en el sistema para cualquier consulta o descarga.

Los documentos adjuntos pueden ser descargados para disponer de ellos a través de cualquier otro medio digital o enviarlos a proveedores u otros interesados que no tengan acceso al sistema EAM. En la figura 40 se muestra la pestaña para adjuntar documentos dentro del sistema EAM

⁹ Tabla VIII. Diagrama de Pareto del consumo de papel y medios impresos

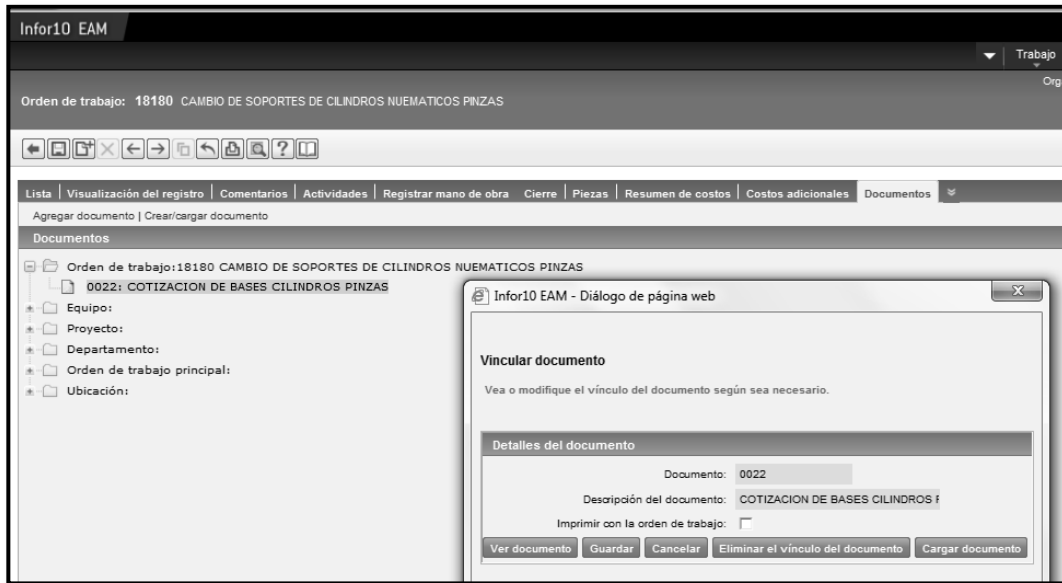
Figura 40. Aplicación de documentos adjuntos a OT en sistema EAM



Fuente: Infor10 EAM / Multiperfiles

La figura 41 ilustra la ventana de diálogo que muestra el documento adjunto, con la descripción y código. Muestra las opciones que se tienen como: abrir el documento, guardarlo o eliminarlo. El uso es sencillo y rápido, logrando con ello reducir los tiempos que tomaba el traslado de la información impresa.

Figura 41. Documentos adjuntos a OT en sistema EAM



Fuente: Infor10 EAM / Multiperfiles

3.3. Evaluación de resultados

Se logró crear un Plan de Reducción del Consumo de Papel y Medios Impresos a través de la aplicación sistema EAM, con el que el Departamento de Mantenimiento cuenta. Este permite una fácil adaptación y mejorar de forma sobresaliente el registro y procesamiento de la información.

La evaluación del desempeño del Plan de Reducción del Consumo de Papel se desarrolló durante los meses de marzo y abril de 2013. Se llevó el registro de órdenes de trabajo generadas, el número de impresiones de las mismas, informes y otros documentos administrativos. La sustitución de la documentación física por medios digitales muestra muy buenos resultados, ya que no son necesarias las copias de órdenes de trabajo, las boletas de solicitud

de materiales y documentos adjuntos, ya que todos ellos se manejarán dentro del sistema EAM y estarán a disposición de los departamentos involucrados en tiempo real. De este análisis se obtuvieron los siguientes resultados proyectados para el Departamento de Mantenimiento.

Tabla XXXIV. **Evaluación de la reducción de consumo de papel y medios impresos en el Departamento de Mantenimiento**

Documento	Promedio mensual	Antes		Ahora	
		Cant.	Total	Cant.	Total
Órdenes de trabajo	84	4	336	1	84
Solicitud a bodega	45	1	45	0	0
Fotos de artículos para compra	41	1	41	0	0
Documentos adjuntos a OC	25	1	25	0	0
Otros documentos	18	1	18	1	18
Informes	12	1	12	1	12
TOTAL		9	477	3	114

Fuente: elaboración propia.

Estos son los resultados proyectados para la aplicación del Plan de Reducción del Consumo de Papel y Medios Impresos en el Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero. Estos datos son un aproximado del resultado del plan, ya que el número de OT impresas podría ser menor de acuerdo al número de OT correctivas que realmente requieran impresión, y el número de OT preventivas no superará las 60 mensuales.

El uso del sistema EAM como medio de gestión para la reducción del consumo de papel proyecta la disminución en un 76 % con respecto al consumo que se tenía anteriormente en el Departamento de Mantenimiento.

3.4. Costo de la propuesta

Tomando en cuenta cada una de las partes del proceso de desarrollo del Plan de Reducción del Consumo de Papel y Medios Impresos y los recursos utilizados, se presenta la siguiente tabla de costos:

Tabla XXXV. **Costo de la adaptación del sistema EAM como herramienta para la reducción del consumo de papel y medios impresos**

Descripción	Cantidad	Costo	Total
Análisis de la situación actual	1	Q450,00	Q450,00
Adaptación del sistema EAM	1	Q1 500,00	Q1 500,00
Personal mantenimiento	5	Q300,00	Q1 500,00
Personal implementador	1	Q850,00	Q850,00
Equipo computo en mantenimiento	1	Q4 800,00	Q4 800,00
Útiles de oficina	1	Q250,00	Q250,00
TOTAL			Q9 350,00

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN


La fase de docencia tiene por objetivo brindar al personal de Mantenimiento de planta Mayacero las herramientas y conocimientos necesarios para el desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo y la implementación del sistema Enterprise Asset Management (EAM) como herramienta para la gestión de activos enfocado al Departamento de Mantenimiento.

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación


El personal de Mantenimiento de planta Mayacero esta conformado por 5 técnicos, con habilidades en mecánica, fontanería, soldadura, electricidad y tratamiento de aguas. A continuación se evaluará el nivel académico de cada uno de los colaboradores, la experiencia laboral tanto en el Departamento de Mantenimiento como dentro de la organización; y de acuerdo a observaciones e historial del Departamento de Mantenimiento se determinarán la áreas principales a fortalecer para obtener resultados satisfactorios en el desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo y la aplicación del sistema EAM como herramienta de gestión del mantenimiento.

Además se analizará el conocimiento de los colaboradores en los distintos tipos de mantenimiento que existen y si han tenido experiencia con alguno de ellos, todo esto por medio de una evaluación diagnóstica que se muestra en la figura 42. La finalidad es evaluar la disposición el personal de trabajar con un programa de mantenimiento preventivo y en pro de una mejora continua de las actividades de planta Mayacero.

Figura 42. **Formato de evaluación diagnóstica del personal del Departamento de Mantenimiento**



**Evaluación preliminar del personal del Departamento de
Mantenimiento de planta Mayacero**



Conteste a las siguientes preguntas en los espacios y áreas correspondientes. La finalidad de la siguiente evaluación es determinar sus conocimientos y experiencias en el área, para el desarrollo del plan de capacitación.

1. Nivel académico

Ninguno	<input type="checkbox"/>
Primaria	<input type="checkbox"/>
Secundaria	<input type="checkbox"/>
Diversificado	<input type="checkbox"/>
Técnico	<input type="checkbox"/>
Universitario	<input type="checkbox"/>

2. Años de laborar en el Área de Mantenimiento

_____ años

3. Años laborados en el Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero

_____ años

4. Tipos de mantenimiento que conoce y con cuales ha trabajado anteriormente

_____	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

A continuación se detallan los resultados obtenidos de la anterior evaluación diagnóstica del personal de Mantenimiento:

Tabla XXXVI. **Nivel académico del personal de Mantenimiento**

Nivel académico	No. empleados
Primaria	1
Secundaria	0
Diversificado - Técnico	4
Universitario	0
TOTAL	5

Fuente: evaluación diagnóstica.

Tabla XXXVII. **Experiencia laboral de los colaboradores del Departamento de Mantenimiento**

EMPLEADO	OCUPACION	EXPERIENCIA LABORAL	
		AREA DE MANTENIMIENTO (AÑOS)	PLANTA MAYACERO (AÑOS)
1	Técnico mecánico	6	3
2	Técnico mecánico	15	7
3	Técnico electricista	7	1
4	Técnico soldador	2	2
5	Técnico tratamiento de aguas	7	7

Fuente: evaluación diagnóstica.

Con base en los resultados de la evaluación diagnóstica realizada a los colaboradores, se identifica que la mayoría posee un nivel académico superior o técnico y que cuentan con un buen promedio de experiencia laboral en el Área de Mantenimiento.

Tres de los cinco colaboradores han trabajado con programas de mantenimiento preventivo y uno de ellos ha tenido la oportunidad de trabajar con programas de mantenimiento predictivos. Sin embargo ninguno tiene experiencia con el uso y aplicación de software como herramienta de gestión del mantenimiento. Pero se tiene la ventaja que todos tienen conocimientos básicos en computación.

Con base en este análisis, se diseñará el Plan de Capacitación para los colaboradores del Departamento de Mantenimiento en las áreas de: Buenas Prácticas en las tareas de mantenimiento, mantenimiento preventivo; y principios básicos, uso y aplicación del sistema EAM.

4.2. Plan de Capacitación

Este plan describe la programación, recursos y metodología a aplicar para el desarrollo de cada una de las actividades de capacitación que se impartirán al personal del Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero. Tiene como objetivo brindar los conocimientos teóricos, técnicos y prácticos para aplicar de forma efectiva el Plan de Mantenimiento Preventivo, así como también sobre el uso y aplicación del sistema EAM como herramienta de gestión del mantenimiento. Los puntos principales a cubrir en el Plan de Capacitación son:

- Capacitar al personal de Mantenimiento en los principios básicos del mantenimiento preventivo, creación de rutinas de trabajo y la importancia que tiene este sistema de mantenimiento dentro del cumplimiento de los objetivos y crecimiento de la organización.
- Descripción básica del sistema EAM y la importancia de la recopilación efectiva de los sistemas y activos con que cuenta la organización.
- La colaboración del personal de Mantenimiento en la revisión de las plantillas de sistemas y activos de la planta.
- Capacitar al personal en el uso de la herramienta EAM, específicamente en las tareas que ellos desempeñaran dentro del sistema (solicitudes de órdenes de trabajo).

Las capacitaciones serán impartidas por el desarrollador del presente proyecto con supervisión y apoyo del jefe de Mantenimiento de planta Mayacero y del equipo implementador del sistema EAM.

4.2.1. Metodología

El Plan de Capacitación se desarrollara a través de cuatro temas principales:

- Buenas practicas en las actividades de mantenimiento
- Mantenimiento preventivo y plan preventivo de planta Mayacero
- Introducción al sistema EAM
- Aplicación y uso del sistema EAM

Estos temas se impartirán al personal de Mantenimiento en sesiones con duración no mayor a dos horas y se impartirán en horarios por la mañana. Esto para garantizar la atención y concentración de los presentes, así como para evitar interferir en las actividades diarias de los colaboradores. De ser necesario los temas serán impartidos en más de una sesión, de acuerdo al contenido o práctica necesaria del mismo.

Para impartir las capacitaciones se utilizará material audiovisual para que a través de sesiones dinámicas puedan comprender y visualizar de mejor forma cada uno de los conceptos y procesos. Se les entregará también material didáctico con la información más importante de cada sesión y con un área de anotaciones (apéndice 1).

Se busca crear un ambiente agradable de trabajo en cada una de las sesiones para compartir dudas, comentarios, sugerencias y de esta forma sacar el mayor provecho de cada uno de los temas a tratar. Las capacitaciones se desarrollarán en el taller de mantenimiento ya que cuenta con la infraestructura adecuada para la actividad.

De igual forma la parte práctica es muy importante en los temas de uso y aplicación del sistema EAM, por lo cual se incluirán sesiones en las que los colaboradores tendrán acceso al sistema y se realizarán procedimientos de prueba dentro del mismo. Para estas sesiones se presentarán videos en donde se muestra paso a paso cada uno de los procedimientos para la generación de una solicitud de OT y para la generación directa de una OT.

4.2.2. Recursos necesarios

Todos aquellos materiales, insumos, equipo e instalaciones necesarios para el desarrollo de las actividades de capacitación para los colaboradores del Departamento de Mantenimiento.

- Recursos materiales
 - Libreta de anotaciones.
 - Bibliografía asociada al mantenimiento, gestión de activos e implementación de software de gestión de activos de mantenimiento.
 - Manuales de máquinas instaladas en planta MAYACERO.
 - Salón para capacitaciones de personal de Mantenimiento.
 - Mobiliario para capacitaciones.
 - Pizarra y marcadores.
 - Material didáctico.
 - Lapiceros.

- Recursos humanos
 - Personal del Departamento de Mantenimiento
 - Investigador del presente proyecto

- Recursos tecnológicos
 - Proyector
 - Computadora portátil
 - Cámara digital

- Servicio de internet
- Software EAM
- Sistema Office 2010

4.2.3. Programación de actividades

El programa de capacitaciones contempla actividades de capacitación que comprenden de la última semana de enero a la tercera semana de abril de 2013. En este intervalo de tiempo se programan 12 sesiones de capacitación, con duraciones de entre una y dos horas.


Del análisis de la disponibilidad de los colaboradores se fijan los días martes y jueves como propicios para desarrollar las actividades de capacitación en horarios de la mañana. La presente programación comprende un total de 17 horas de capacitación para los colaboradores del Departamento de Mantenimiento.

Figura 43. Programa de capacitaciones enero-febrero

	ENERO						FEBRERO											
	21-26						11-16						24-29					
	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S
BUENAS PRACTICAS DE MANTENIMIENTO			2h															
MANTENIMIENTO PREVENTIVO							1.5h			1.5h								
INTRODUCCION AL SISTEMA EAM													2h			2h		
APLICACIÓN Y USO DEL SISTEMA EAM																		

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Formato de buenas prácticas en las actividades de mantenimiento**

Plan de Capacitación <i>Departamento de Mantenimiento</i> <i>Planta Mayacero</i>	
BUENAS PRÁCTICAS EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	
Sesiones:	1
Duración:	2 horas
Material Audiovisual:	presentación (Power point) y fotografías
Material Didáctico:	diapositivas impresas y recomendaciones
Objetivo:	garantizar que las actividades de mantenimiento se realicen efectivamente, cuidando la integridad de los colaboradores.
Contenido	
	<ul style="list-style-type: none">o Orden y limpiezao Uso adecuado de herramientas y equiposo Salud ocupacionalo Ergonomíao Seguridad en el trabajo<ul style="list-style-type: none">▪ Peligro▪ Riesgo▪ Accidente▪ Incidenteo Equipo de protección personalo Manejo de cargaso Recomendaciones para actividades cotidianas de mantenimiento
<i>Enero 2013</i>	


Fuente: elaboración propia.

- Capacitación sobre mantenimiento preventivo

Esta capacitación aborda los principios básicos del mantenimiento preventivo, los beneficios y casos reales de aplicación. Con ello se busca motivar a los técnicos a desempeñar de buena manera el trabajo y a cumplir con los requerimientos del Plan de Mantenimiento Preventivo creado para planta Mayacero

Se analizan las rutinas de mantenimiento preventivo estandarizadas para cada uno de los equipos instalados, las actividades, los períodos fijados para cada una de las tareas y los insumos que cada actividad conlleva.

Figura 46. **Formato de capacitación sobre mantenimiento preventivo**

Plan de Capacitación <i>Departamento de Mantenimiento</i> <i>Planta Mayacero</i>		
CAPACITACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Sesiones:	2	
Duración:	3 horas	
Material Audiovisual:	presentación (Power point)	
Material Didáctico:	diapositivas impresas	
Objetivo:	instruir al personal de Mantenimiento en los principios básicos del mantenimiento preventivo, para una efectiva implementación del plan diseñado.	
Contenido		
	<ul style="list-style-type: none"> o Evolución del mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimiento Correctivo 	

Continuación de la figura 46.

- ✓ Ventajas
 - ✓ Desventajas
 - Mantenimiento Preventivo
 - ✓ Ventajas
 - ✓ Desventajas
 - Mantenimiento Predictivo
 - ✓ Ventajas
 - ✓ Desventajas
 - Mantenimiento Productivo Total TPM
 - ✓ Ventajas
 - ✓ Desventajas
 - o Plan de Mantenimiento Preventivo Mayacero
 - Objetivos
 - Descripción general del Plan de Mantenimiento Preventivo
 - Equipos involucrados
 - Estandarización de horarios de actividades
 - Actividades preventivas por ocupación
 - Orden de trabajo preventiva
 - Repuestos e insumos
 - Introducción al sistema EAM como medio de control de actividades preventivas
- Enero 2013*

Fuente: elaboración propia.


- Capacitación introductoria al sistema EAM

Esta capacitación tiene una gran importancia dentro la implementación del sistema EAM como sistema de gestión de activos en planta Mayacero, ya que es muy importante que el personal de Mantenimiento conozca la herramienta, de donde surge, la importancia en el cumplimiento de objetivos

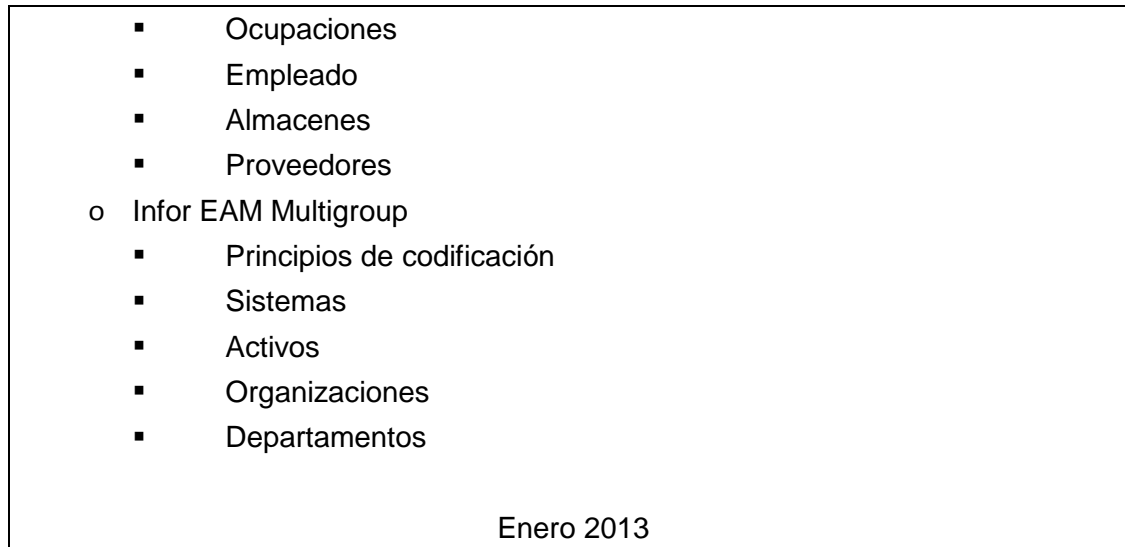
organizacionales, los beneficios que ofrece la aplicación; y sobre todo pretende familiarizar al personal con el los principios básicos del sistema EAM.

Esta capacitación muestra a detalle cada uno de los elementos que conforman la base de datos del sistema EAM. Con esto se logra que el personal se familiarice con la información que encontrará en el sistema y la ubique de manera más eficiente tanto físicamente en la planta como en el sistema.

Figura 47. **Formato de capacitación introductoria al sistema EAM**

<p>Plan de Capacitación <i>Departamento de Mantenimiento</i> <i>Planta Mayacero</i></p>	
CAPACITACIÓN INTRODUCTORIA AL SISTEMA EAM	
Sesiones:	2
Duración:	4 horas
Material Audiovisual:	presentación (Power point)
Material Didáctico:	diapositivas impresas
Objetivo:	brindar al personal de Mantenimiento los conocimientos que le permitan familiarizarse con la herramienta de gestión de activos y que vean los beneficios que ofrece.
Contenido	
o Parámetros iniciales	
▪ Sistema	
▪ Activo	
▪ Piezas	
o Parámetros secundarios	
▪ Medidores	
▪ Departamentos	

Continuación de la figura 47.



Fuente: elaboración propia.

- Capacitación en aplicación y uso del sistema EAM

Esta capacitación se abordó luego de que el personal identificará y comprendiera los principios básicos del sistema EAM, así como la codificación de los principales elementos de la base de datos. Para esta capacitación se requirió del uso del sistema EAM como tal, para que el personal pudiera hacer pruebas en el, se familiarice con las opciones y la navegación.

Se enseñó a ingresar al sistema EAM desde una computadora, como navegar en el menú principal y las opciones que estarán disponibles para el personal del mantenimiento, las cuales son la generación de solicitudes de trabajo y la generación de órdenes de trabajo.

Figura 48. **Formato de aplicación y uso del sistema EAM**

Plan de Capacitación
Departamento de Mantenimiento
Planta Mayacero



APLICACIÓN Y USO DEL SISTEMA EAM

Sesiones:	2
Duración:	4 horas
Material Audiovisual:	presentación (Power point)
Material Didáctico:	diapositivas impresas

Objetivo: ingresar al sistema EAM desde una computadora, navegar en el menú principal y utilizar las opciones que estarán disponibles para el personal del mantenimiento.

Contenido

- o Uso y aplicación del sistema EAM
- o Beneficios de la implementación del sistema EAM
- o Diagrama de proceso de la gestión del mantenimiento
- o Registro e ingreso al sistema EAM
- o Generación de una solicitud de trabajo
 - Ingreso al área de solicitudes de trabajo
 - Campos obligatorios
 - Campos opcionales
 - Estados
 - Aprobación o rechazo
- o Generación de una orden de trabajo
 - Ingreso al área de órdenes de trabajo
 - Visualización del registro (información principal)
 - Registro de actividades
 - ✓ Generación de una solicitud de MO o servicios contratados
 - Registro de piezas
 - ✓ Generación de una solicitud de despacho

Continuación de la figura 48.

<ul style="list-style-type: none">✓ Generación de una solicitud de compra▪ Documentos adjuntos▪ Registro de mano de obra▪ Documentación de comentarios▪ Cierre de orden de trabajo <p style="text-align: center;"><i>Enero 2013</i></p>

Fuente: elaboración propia.

4.3. Evaluación de resultados

Luego de 12 sesiones y 17 horas de capacitación y práctica, se evaluaron los resultados a través de pruebas sencillas de los principios básicos del mantenimiento preventivo y del sistema EAM, estas pruebas se realizaron con una herramienta de evaluación dentro del mismo sistema. Obteniendo resultados satisfactorios de los conocimientos en conceptos básicos. Lo importante de este proceso es que los técnicos tengan las herramientas necesarias para llevar a cabo las actividades preventivas, así como los conceptos básicos bajo los cuales se rige el sistema EAM.

Los resultados de las pruebas de capacitación se obtuvieron a través de una herramienta de evaluación creada por el equipo implementador dentro del sistema EAM, se determinó el desempeño de cada uno de los colaboradores en el cumplimiento de los procedimientos de generación de una solicitud de OT y generación de una OT.

Las pruebas consisten en que cada colaborador siga los pasos correspondientes dentro del sistema EAM para la generación de una solicitud

de OT y generación de una OT. El sistema registra los errores cometidos en el proceso y muestra el resultado del ejercicio como un porcentaje, siendo 100 % la máxima ponderación y 0 % la mínima.

En la figura 49 se muestra el resultado de una prueba realizada dentro del sistema de evaluación para la generación de una solicitud de trabajo. En esta prueba ilustrativa se obtuvo una ponderación 100% y se muestra el porcentaje mínimo para superar la prueba, así como la fecha y hora en que se realizó la misma.

Figura 49. **Evaluación de generación de una solicitud de trabajo**

The screenshot shows a window titled 'Know It?' with a close button (X) and an 'Actions' menu. The main content is titled 'SOLICITUDTRABAJO'. It contains a table with the following data:

Total % of Steps Without Assistance:	100%
% Needed to Pass:	100%
Result	Pass

Below the table, there are two options: a link for 'Print Results' and the instruction 'Press ENTER to Finish.'

The screenshot shows a larger window titled 'Know It? - Scoring Results' with the 'INFOR™' logo in the top right corner. The 'Topic' is 'SOLICITUDTRABAJO'. It contains a table with the following data:

Result:	Pass
Total percentage of steps completed without assistance:	100%
Percentage needed to pass:	100%
Date and time printed:	lunes, 26 de noviembre de 2012 04:24:42 p.m.

At the bottom right, there is a line for a signature and a 'Close' button.

Fuente: programa de evaluación Infor EAM/ Multigroup.

La figura 50 muestra el resultado de una prueba realizada dentro del sistema de evaluación para la generación de una orden de trabajo. En esta prueba ilustrativa se obtuvo una ponderación 95 % y se muestra el porcentaje mínimo para superar la prueba, así como la fecha y hora en que se realizó la misma. En este caso al fijar el porcentaje de aprobación en 100 % se observa que el resultado de la prueba es insatisfactorio.

Figura 50. Evaluación de generación de una orden de trabajo

Know It?	
GENERACION DE ORDENES DE TRABAJO DE MP	
Total % of Steps Without Assistance:	95%
% Needed to Pass:	100%
Result:	Fail
Print Results Press ENTER to Finish.	

Know It? - Scoring Results **INFOR™**

Topic: GENERACION DE ORDENES DE TRABAJO DE MP

Result:	Fail
Total percentage of steps completed without assistance:	95%
Percentage needed to pass:	100%
Date and time printed:	martes, 27 de noviembre de 2012 10:18:06 a.m.

Signature

Fuente: programa de evaluación Infor EAM/ multigroup.

Con base en los resultados obtenidos de este proceso de evaluación se presentan los siguientes resultados del personal de Mantenimiento de planta Mayacero. Para el personal de Mantenimiento se fijó como porcentaje mínimo para aprobar la prueba en 70 %.

Tabla XXXVIII. **Resultados de evaluación de solicitud de OT**

SOLICITUD DE OT		
Solicitud de OT	Usuario	Ponderación
	Mecánico 1	94 %
	Mecánico 2	78 %
	Electricista	98 %
	Fontanero	80 %
	Soldador	90 %
	PROMEDIO	88 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Resultados de evaluación de generación de OT**

GENERACIÓN DE OT		
Solicitud de OT	Usuario	Ponderación
	Mecánico 1	86 %
	Mecánico 2	74 %
	Electricista	92 %
	Fontanero	76 %
	Soldador	78 %
	PROMEDIO	81 %

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados demuestran que el personal de Mantenimiento ha aprobado satisfactoriamente las pruebas del sistema EAM. Son necesarias más horas de práctica dentro del sistema y de igual forma cuentan con los videos y material didáctico como apoyo para mejorar el desempeño.

4.4. Costo del Plan de Capacitación

Para el desarrollo de la fase de capacitación se aprovecharon al máximo los recursos de la organización con la finalidad de reducir los costos de estas actividades.

Los costos se muestran divididos en tres rubros principales, que son los costos de recursos materiales, recursos tecnológicos y recursos humanos. A continuación se detallan los costos de cada uno de los recursos utilizados en Quetzales:

Tabla XL. Costo del Plan de Capacitación

RECURSO	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
MATERIALES	Salón de capacitaciones	1	Q0,00	Q0,00
	Mobiliario	1	Q0,00	Q0,00
	Libreta de anotaciones	1	Q12,50	Q3,50
	Manuales y bibliografía	4	Q0,00	Q0,00
	Marcadores	2	Q8,50	Q17,00
	Material didáctico (impresiones)	144	Q0,50	Q72,00
	Lapiceros	6	Q2,00	Q12,00
	Sub total material			

Continuación de la tabla XL.

HUMANOS	Técnicos mecánicos (horas)	34*	Q15,00	Q510,00
	Técnico electricista (horas)	17	Q12.,0	Q212,50
	Soldador (horas)	17	Q11,00	Q187,00
	Fontanero (horas)	17	Q11,00	Q187,00
	Investigador (horas)	17	Q10,00	Q170,00
	Sub total humano			Q1 266,50
TECNOLOGICOS	Proyector	1	Q0,00	Q0,00
	Computadora	1	Q0,00	Q0,00
	Sistema Office	1	Q0,00	Q0,00
	Sistema EAM	1	Q0,00	Q0,00
	Cámara digital	1	Q0,00	Q0,00
	Sub total tecnológico			Q0.00
TOTAL				Q1 405,00

*Se muestra un total de 34 horas ya que se trata de dos técnicos mecánicos.

Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo de la fase de capacitación de los colaboradores del Departamento de Mantenimiento de planta Mayacero representó un gasto total de Q.1 405,00, el cual comprende la capacitación de 5 técnicos de mantenimiento en cuatro temas principales, con una totalidad de 17 horas de capacitación.

CONCLUSIONES

1. La implementación del sistema EAM y el diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo surgen del análisis de la situación actual de la organización, especialmente del Departamento de Mantenimiento. Esto se determinó a través de un análisis FODA y un Diagrama de Ishikawa, basado en la Metodología 6M.
2. La implementación del sistema de gestión de activos empresariales EAM y la interfaz con el sistema ERP VISUAL brinda un registro, control y monitoreo en tiempo real de la gestión de mantenimiento y lo integra con los resultados del resto de la organización.
3. El proceso de recopilación, estandarización y codificación de cada uno de los elementos de la base de datos, ofrece al usuario del sistema una ubicación y acceso efectivo a la información requerida.
4. La implementación de indicadores de desempeño (KPI's) como lo son: el tiempo medio entre fallas, número de órdenes de trabajo en proceso y productividad de las actividades preventivas; brindan al Departamento de Mantenimiento una retroalimentación en tiempo real de la gestión. Logrando desarrollar estrategias enfocadas a la mejora continua del Departamento de Mantenimiento.

5. Las rutinas preventivas, la documentación y formatos de control diseñados para la gestión administrativa del Departamento de Mantenimiento, apoyados por el sistema EAM, permiten una comunicación directa y efectiva, entre los Departamento de Mantenimiento, Compras, Costos y Bodega. Reduciendo así los tiempos invertidos en transacciones y mejorando la trazabilidad de la documentación y autorizaciones.
6. El diseño de un Plan para la Reducción del Consumo de Papel y Medios Impresos en el Departamento de Mantenimiento, logró una reducción del 76 % del consumo previo a la implementación.
7. El Plan de Capacitación diseñado para el personal de Mantenimiento de planta Mayacero, brindó los conocimientos teóricos y prácticos para la aplicación y puesta en marcha del Plan de Mantenimiento Preventivo. Asimismo, se proporcionaron los principios básicos, uso y aplicación del sistema EAM como herramienta de gestión, control y evaluación de las actividades del Departamento de Mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Al Departamento de Mantenimiento, con la aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se recomienda una evaluación periódica de las actividades, tiempo planificado e insumos asignados a las distintas rutinas de mantenimiento; para que a través de un proceso de retroalimentación el Plan de Mantenimiento Preventivo se mas efectivo y satisfaga las necesidades de la organización.
2. La organización debe garantizar el buen funcionamiento y calidad de la red de internet, ya que este es el medio por el cual opera el sistema EAM implementado.
3. La dirección de operaciones debe reevaluar cada seis meses los indicadores (KPI's) para garantizar la efectividad, y que realmente este guiando al Departamento de Mantenimiento al cumplimiento de las metas organizacionales.
4. Al Departamento de Mantenimiento y Recursos Humanos crear un programa de capacitación técnica para el personal de Mantenimiento, ya que la calidad de las actividades preventivas dependen directamente de ellos. Especialmente en Áreas de Electricidad, Automatización, Electrónica básica y PLC.

5. A la Dirección de Operaciones desarrollar un programa de reciclaje en el Departamento Mantenimiento, que permita reciclar los documentos archivados que superen los dos años de antigüedad. Ya que al contar con un registro digital de cada uno de ellos en el sistema EAM, se puede reducir el archivo físico de mantenimiento y a la vez obtener un ingreso extra por concepto de reciclaje.
6. A la Dirección de Tecnología de la Información y Comunicación crear un manual de usuario para el sistema EAM, que permita al personal mantenimiento y administradores del sistema, contar con una guía para el uso y aprovechamiento al máximo de la herramienta de gestión de activos.
7. A la Dirección de Operaciones evaluar la aplicación del sistema EAM como herramienta para el registro y control del mantenimiento de la flotilla de vehículos de la organización. Permitiendo a la vez llevar un control de costos y depreciaciones de los mismos (activos).
8. Al Departamento de Mantenimiento, con la aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo y el sistema EAM como herramienta de control y registro del mantenimiento, debe analizar constantemente las actividades, frecuencia del recambio de piezas y condiciones de los equipos; para poder desarrollar a futuro un Plan de Mantenimiento Predictivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMENDOLA, Luis José. *Gestión de proyectos de activos industriales*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. 173 p. ISBN 84-8363-052-4
2. AVALLONE, Eugene; BAUMEISTER, Theodore. Marks. *Manual del ingeniero mecánico*. 9a. ed. España: McGraw-Hill, 1995. 753 p. ISBN 97-0100-663-1
3. DUFFUAA-RAOUF-DIXON. *Sistemas de mantenimiento*. México: Limusa Wiley, 2006. 419 p. ISBN 968-18-5918-9
4. INFOR. Infor EAM Enterprise. [en línea] <http://www.infor.com/solutions/eam/>. [Consulta: 5 de febrero de 2013].
5. PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto; CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. INGECON, 2012. 452 p. ISBN 8495499673
6. VISUALK. Software de Mantenimiento-Infor EAM Enterprise. [en línea] <http://www.visualk.com/index.php/software/mantenimientoeam/eam-enterprise.html>. [Consulta: 22 de noviembre de 2012].

APÉNDICES

Material Didáctico de Capacitación

- Buenas prácticas en las actividades de mantenimiento

BUENAS PRACTICAS EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



MULTIGROUP

Marzo 2013

SALUD OCUPACIONAL

La salud ocupacional tiene como finalidad promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores.

Adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su trabajo

Salud Ocupacional

- Seguridad en el Trabajo
- Higiene Industrial
- Ergonomía
- Psicología
- Medicina del Trabajo

RIESGO

Combinación de la probabilidad y consecuencias de que ocurra un evento peligroso específico

*Probabilidad: El número de veces que un evento específico ocurre en una cantidad de oportunidades en las cuales podría potencialmente ocurrir.

ACCIDENTE

Es un acontecimiento no deseado que da por resultado un daño físico (lesión o enfermedad ocupacional) a una persona

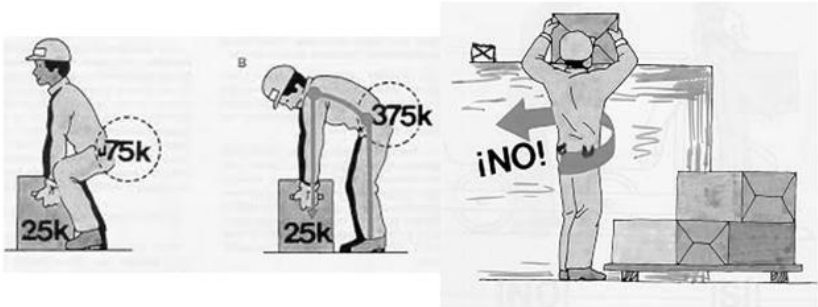
También puede causar un daño a la propiedad

INCIDENTE

Es un acontecimiento no deseado que bajo circunstancias distintas pudo haber resultado en daño físico (lesión o enfermedad ocupacional) o daño a la propiedad.



MANEJO DE CARGAS



EN EL MANTENIMIENTO

Recomendaciones

- Desenergizar los equipos antes de iniciar cualquier actividad de mantenimiento.
- Acordonar el área de trabajo y el panel donde este el flipon principal
- Utilizar el equipo de seguridad necesario para cada actividad
- Si se trabaja en áreas con presencia de calor, fuego, soldadura o algún otro elemento inflamable, tener consigo un extinguidor.
- Antes de iniciar un trabajo evaluar rutas de evacuación en caso de emergencia
- Limpiar y despejar el área de trabajo antes de iniciar.

- Mantener limpia y ordenada el área de trabajo en todo momento.
- En trabajos en alturas superiores a 1.50m utilizar arnés
- Evitar trabajar en posturas incómodas y utilizar adecuadamente el cuerpo para manejo de cargas.
- En áreas de treflado, uso obligatorio de mascarilla.
- En áreas de soldadura de electro malla y vigueta, uso obligatorio de lentes claros.
- Para actividades en grúas, uso obligatorio de arnés y un colaborador en suelo para evitar accionamiento de la grúa.
- Para actividades de pintura, trabajar en áreas amplias y ventiladas

Fuente: elaboración propia.

- Mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAYACERO



MULTIGROUP

Marzo 2013

OBJETIVOS

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que garantice la cobertura de las necesidades de los diferentes equipos en lapsos de tiempo específico para su adecuado funcionamiento.
- Reducir las tareas de mantenimiento correctivo por actividades de mantenimiento preventivo, garantizando el buen estado y funcionamiento de los equipos.

Estandarización de rutinas de mantenimiento preventivo

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
HRS	EQUIVALENCIA
100	15 DIAS
200	1 MES
400	2 MESES
1200	6 MESES
2400	1 AÑO
7200	3 AÑOS

Plan de Mantenimiento Preventivo

- Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen a 33 equipos instalados en planta Mayacero.
- El registro y control de las tareas preventivas se llevara a partir de ordenes de trabajo generadas automáticamente por el sistema EAM.
- La lectura e ingreso de información de horómetros se realizara una vez a la semana.
- Las tareas preventivas se dividen en actividades mecánicas, eléctricas, limpieza y tratamiento de aguas.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
HRS	ACTIVIDAD	DESCRIPCION
100	INSPECCIONES	Rutinas cortas de monitoreo de anomalías y lubricación de los equipos
200	ELECTRICA	Servicio menor de elementos eléctricos y electrónicos (limpieza externa)
400	MECANICA	Servicio menor de elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos
400	ELECTRICA	Servicio intermedio de elementos eléctricos y electrónicos (respriete y limpieza interna)
1200	MECANICA	Servicio intermedio de elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos
1200	ELECTRICA	Servicio mayor de elementos eléctricos y electrónicos
2400	MECANICA	Servicio mayor de elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos
7200	MECANICA	Tareas especiales para elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos. (cambio de lubricantes en cajas reductoras)*

Fuente: elaboración propia.

- Uso del sistema EAM

Uso Del Sistema EAM



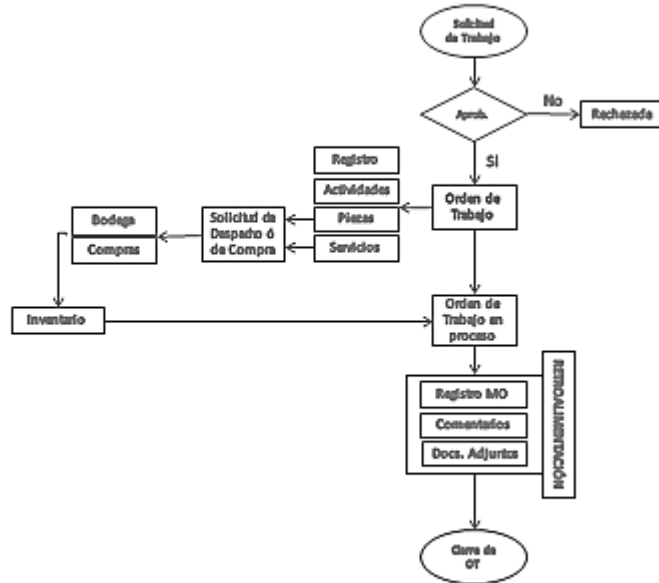
MULTIGROUP

Marzo 2013

Objetivos

- Dar a conocer el sistema EAM como sistema de gestión en el mantenimiento, sus beneficios y aplicación.
- Capacitar a los colaboradores en el uso del sistema EAM, específicamente en las tareas que ellos desempeñaran.

Diagrama de Proceso de Gestión de Mantenimiento



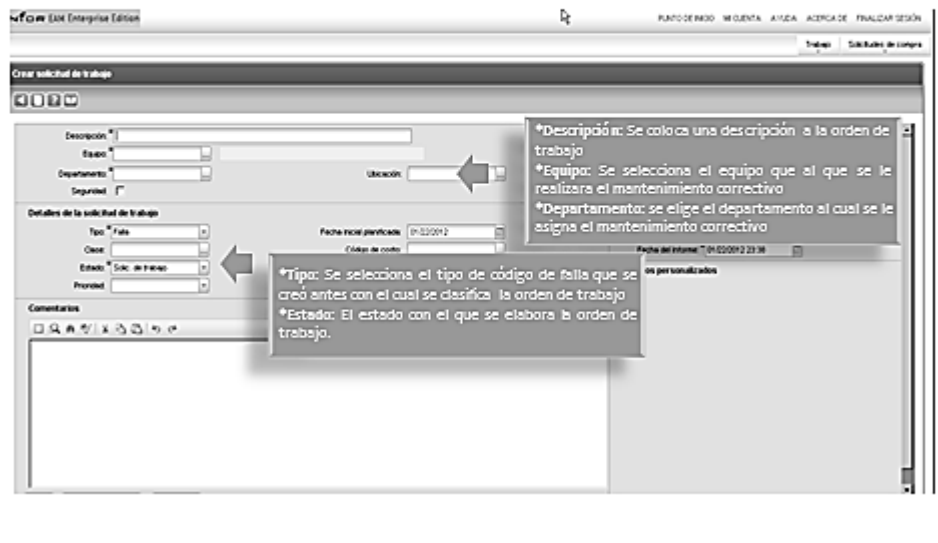
Ingreso al Sistema EAM

- 1 • Haz click en el icono EAMPRO ubicado en el escritorio
- 2 • Se desplegara una pantalla en donde ingresaras tu usuario y contraseña
- 3 • Listo. Se mostrara la pantalla de inicio del sistema



2

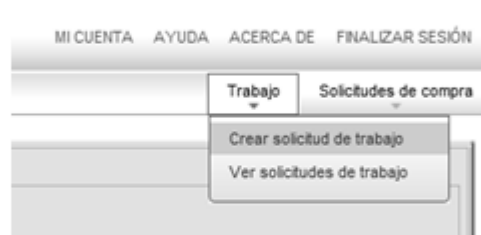
Se despliega la ventana de crear solicitud de orden de trabajo. Se completan los campos obligatorios y el número de gestión se completa automáticamente cuando la solicitud se guarda.



Generación de Solicitudes de OT

1

Ir a la pestaña de TRABAJO y seleccionar la opción de CREAR SOLICITUD DE TRABAJO



- 3 Se debe llenar también esta información para completar la solicitud de OT

Origen

Solicitado por: 0-750

Fecha del informe: 01/22/2012 23:38

Campos personalizados

Aprobación de la Solicitud de OT

- 1 Ir a la pestaña de TRABAJO y seleccionar la opción de ORDENES DE TRABAJO.

Trabajo | Materiales | Equipo

- Configurar >
- Informes >
- Servicios de administración de activos >
- Fleeta >
- Inspecciones >
- Control de revisión >
- Configuración de solicitud de servicio >
- Planificación de OT >
- Proceso >
- Proyectos >
- Administración de combustible >
- Resultados de calibración >
- Solicitudes de planificación de capital >
- Solicitudes de servicio >
- Órdenes de trabajo**
- Cierre rápido de OT
- Entrada rápida de OT

- 2 Seleccione la solicitud de trabajo e ingrese en la pestaña de VISUALIZACIÓN DEL REGISTRO cambiar el estado de SOLICITUD a EMITIDA.

Infocore EAM Enterprise Edition

Orden de trabajo: <Autogenerada>

Lista | **Visualización del registro** | Comentarios | Actividades | Registrar mano de obra | Cierre | Piezas | Resumen de costos | Costos adicionales

Orden de trabajo: <Autogenerada>

Estado:

Tipo: Falso

Departamento:

Estado: **Emiso**

Seguridad:

Garantía:

Detalles de la referencia lineal

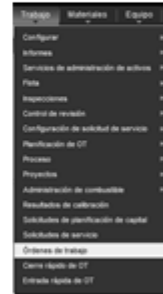
Detalles de fabricación

Generación de OT

- Ingresar al área de Ordenes de Trabajo
- Completar la visualización del registro
- Ingresar las actividades de la OT
- Crear solicitud de piezas
- Adjuntar documentos de ser necesarios
- Registrar mano de obra
- Agregar comentarios
- Cerrar orden de trabajo

1

Seleccionar la pestaña de TRABAJO y luego la opción de OREDEN DETRABAJAO



2

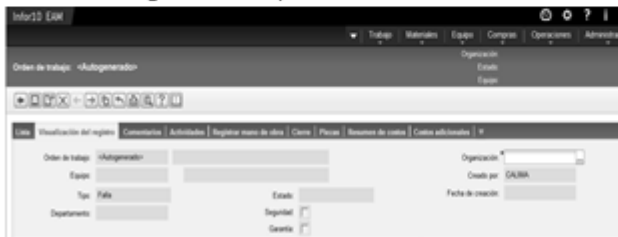
Al ingresar al área de OT se mostrara la siguiente pantalla:

- Se observa el listado de OT en proceso
- Y las distintas pestañas de opciones de la OT

VISUALIZACIÓN DEL REGISTRO



En la pestaña de VISUALIZACIÓN DEL REGISTRO se completan los siguientes campos.



3 ACTIVIDADES DE OT

Actividad: Se coloca un número de actividad a realizar la cual puede ser cambiada por el planificador
 *Ocupación: Se seleccione la habilidad necesaria para poder realizar el trabajo.
 *Cantidad de personas: se coloca el número de personas que se requieren para hacer el trabajo.
 *Horas estimadas: La cantidad de horas que se tardará en realizar el trabajo
 *Fechas: Se seleccionan las fechas para realizar el trabajo.

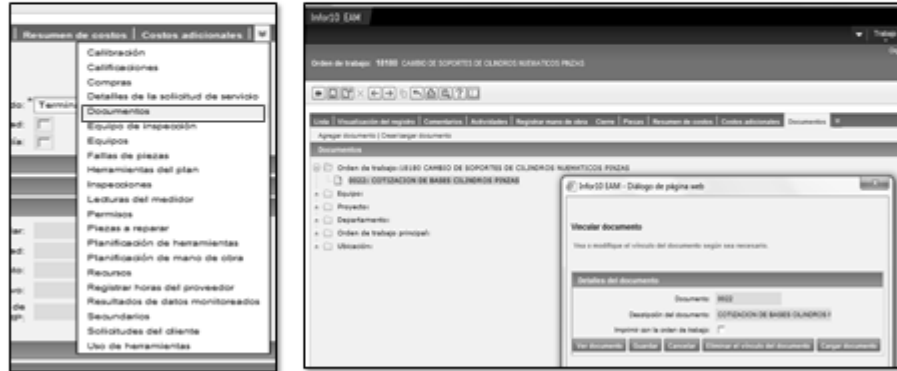
4 SOLICITUD DE PIEZAS

*Pieza: Se abre el catálogo de piezas para elegir la requerida
 *Cantidad planeada: la cantidad necesaria de las piezas para realizar el mantenimiento
 *Actividad-ocupación: la ocupación a la que se asigna la pieza
 *Almacén: almacén del cual se sacará la pieza
 *Fuente planeada: Se determina si es de stock o compra directa.

5

DOCUMENTOS ADJUNTOS

Ingresa en la pestaña de DOCUMENTOS. Se cargan los documentos a la OT desde el ordenador.



6

REGISTRO DE MANO DE OBRA



7

COMENTARIOS

Orden de trabajo: 18182 reparacion de cilindro de inclinacion de montacarga

Organización: EXP-12
Estado: Emido
Equipo: MONTACARGA-TOM-60

Lista | Visualización del registro | **Comentarios** | Actividades | Registrar mano de obra | Cierre | Piezas | Resumen de costos | Costos adicionales

Comentarios

Área de ingreso de comentarios referentes a la OT

Agregar/modificar comentarios

Idioma: Español

Imprimir con el documento:

8

CIERRE DE OT

Orden de trabajo: 18001 CALIBRACION

Estado: BALANEA

Lista | Visualización del registro | Comentarios | Actividades | Registrar mano de obra | **Cierre** | Piezas | Resumen de costos | Costos adicionales

Estado: Cerrado

Estado: BALANEA

Fecha inicial:

Fecha de final:

Costo de parada: USD

Tiempo de parada:

Códigos de cierre

Código de problema:

Código de falla:

Código de causa:

Código de acción:

*Estado: Cambiar y seleccionar el estatus de Terminado para cerrar la orden de trabajo. El resto de campos se llenan automáticamente.

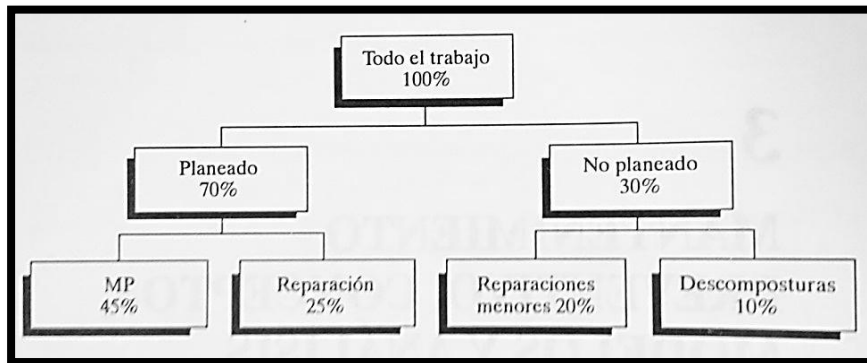
*Código de cierre: Consulta el catálogo de códigos para seleccionar el que refleje el problema notificado

Agregar/modificar comentarios

Fuente: elaboración propia.

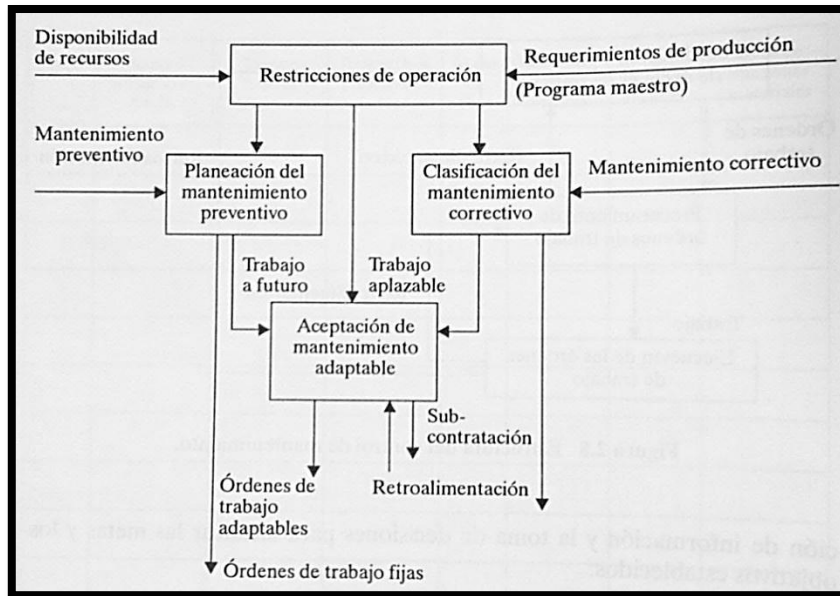
ANEXOS

1. Distribución del trabajo en un Programa de Mantenimiento Preventivo



Fuente: DUFFUAA-RAOUF-DIXON. *Sistemas de Mantenimiento*. México.
Limusa Wiley, 2006. p. 7.

2. Procesos de autorización general de órdenes de trabajo en una organización



Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*.

INGECON, 2012. p. 166 ISBN 8495499673.

3. Ciclo de la Gestión del Mantenimiento



Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*.

INGECON, 2012. p. 4. ISBN 8495499673.

4. Modelo para la generación De Kip´S

	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	MEDIDAS (KPI's)	METAS	PLANES DE ACCIÓN	PERSPECTIVA
Mision & Estrategia	Mejorar la eficacia de los costes de mantenimiento	-Coste de mantenimiento por unidad producida (%)	Actual: (X) % Objetivo: (X-1)%	-Asegurar adquisición de datos adecuada y la realización de análisis de criticidad de equipos.	Financiera
	Mejorar el tiempo para reparar y la calidad del mantenimiento	-Fallos repetitivos. -MTTR	-Nº de fallos repetitivos < X -Reducir el MTTR en un Y %	-Programa de análisis de fallos -Programa de mejora del soporte de mantenimiento	Clientes
	Mejora del proceso de mantenimiento y de su documentación	- Cumplimiento de normativa	Certificado de mantenimiento antes del dd.mm.aaaa	Desarrollar los procedimientos e inspecciones técnicas pendientes	Procesos internos
	Asegurar niveles adecuados de entrenamiento y formación para cumplir la misión	- Nivel de entrenamiento por cada nivel de mantenimiento	Definición de los niveles precisos de formación por nivel de mantenimiento	-Definir nivel de entrenamiento por cada nivel de mantenimiento -Realizar entrenamiento y evaluación	Aprendizaje

Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. INGECON, 2012. p. 8.

Norma PAS 55

PAS 55 es la Especificación British Standard Disponible al Público para la gestión optimizada de activos físicos, esta provee las definiciones claras y la especificación de 28 requerimientos para establecer y auditar un sistema de gestión integrado y optimizado a lo largo del ciclo de vida para todo tipo de activo físico. La actual y reconocida internacionalmente PAS 55 está demostrando ser la esencial, clara y objetiva definición de todo lo requerido para demostrar competencia, establecer prioridades de mejora y capitalizar dichas mejoras, lograr conexiones claras entre los planes estratégicos organizacionales y el trabajo real diario y las realidades de los activos.¹⁰

Las Organizaciones que han adoptado estas aproximaciones sistemáticas y optimizadas han mejorado de manera consistente sus costos y su desempeño/servicio desde las líneas bases. PAS 55 también provee una evidencia clara de sustentabilidad para los clientes; inversionistas, reguladores y otras partes interesadas. En contraste con muchos otros estándares, los cuales puedes lograrse muchas veces con solo reunir una gran cantidad de documentos, PASS 55 requiere de manera específica evidencia de una alineación real entre las buenas intenciones escritas en el sistema de gestión y el trabajo real de terreno. De esta manera es un mecanismo muy valioso para asegurar que los principios de planificación total del ciclo de vida, gestión de riesgo, costo/beneficio, enfoque al cliente, sustentabilidad, etc. sean realmente implementados dentro del trabajo diario de implementación de proyectos de capital, operaciones, mantenimiento, etc.¹⁰

¹⁰ <http://www.pas55.net/spanish/whydo.asp>. Consultado: 21 de enero de 2014

PAS 55:2008 está estructurado para interconectarse de manera natural con los sistemas de gestión de calidad tales como ISO9001 y otras plataformas ISO. La figura 50 nos muestra el sistema de gestión de la norma PAS 55 y vemos que tiene su origen en el círculo de Deming.

6. Sistema de Gestión del Mantenimiento de acuerdo a la Norma Pas 55:2008



Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. INGECON, 2012, p. 16.

