



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN,
MODELO KTA38-GI, CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE
INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

Guillermo René Fajardo Zamora

Asesorado por el Ing. Oscar Eduardo Maldonado de la Roca

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN,
MODELO KTA38-GI, CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE
INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GUILLERMO RENÉ FAJARDO ZAMORA

ASESORADO POR EL ING. OSCAR EDUARDO MALDONADO DE LA ROCA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA a.i.	Inga. Glenda Patricia García Soria
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN, MODELO KTA38-GI, CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 26 de noviembre de 2008



Guillermo René Fajardo Zamora

Guatemala, Agosto 2011

Ingeniero

César Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

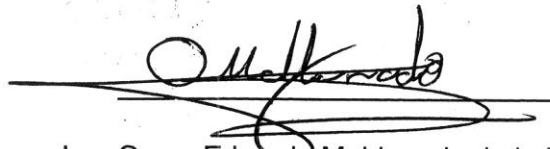
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN MODELO KTA38-GI CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA** el cual fue presentado por el estudiante **Guillermo René Fajardo Zamora** y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo llena los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su examen General Público y recomiendo su aprobación para el efecto.

Atentamente



Ing. Oscar Eduardo Maldonado de la Roca

Oscar E. Maldonado de la Roca
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 2823

Ingeniero Industrial

Colegiado No. 2823

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.198.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN MODELO KTA38-GI CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo René Fajardo Zamora**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Roberto Valle González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN MODELO KTA38-GI CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo René Fajardo Zamora**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑADA A TODOS”


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



Guatemala, febrero de 2012.

/mgp



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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA MARCA CUMMINS ONAN, MODELO KTA38-GI, CON PROPUESTA PARA ATENDER LA SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**, presentado por el estudiante universitario: **Guillermo René Fajardo Zamora**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, enero de 2012



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme el regalo de la vida, todas sus bendiciones, ser mí guía, cuidarme, proveerme y enseñarme su voluntad perfecta.
Mis padres	Guillermo Antonio y Marta Gloria, por su amor incondicional, y todo el esfuerzo que han hecho por mí y la familia.
Mis hermanos	Jorge Luis y Carolina, por su cariño, paciencia compañía y enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia y la valentía.
Mi abuelo	Por enseñarme la fortaleza, la calma, la paciencia, la humildad, la disciplina, el orden en la vida y el desprendimiento.
Mis sobrinos	Por ser la alegría y la inspiración de la casa.
Mis amigos	Por su paciencia, cariño, comprensión y compañía.
Todos	Por ser parte de mi vida y contribuir de alguna forma a mi crecimiento y felicidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Antecedentes generales	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Objetivo fundamental	1
1.1.3. Descripción de la estructura administrativa	2
1.2. Generalidades de generación de energía eléctrica	3
1.2.1. Características del suministro de energía eléctrica	7
1.2.2. Importancia de energía eléctrica de emergencia	7
1.2.3. Consumo de energía eléctrica	8
1.2.4. Tipos de generación de energía eléctrica	9
1.2.5. Maquinaria y equipo asistido	18
2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DEL EQUIPO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	
2.1. Antecedentes del equipo	19
2.1.1. Tiempo de vida del equipo	19
2.1.2. Funcionamiento actual	19

2.2.	Condiciones actuales de la maquinaria	21
2.2.1.	Partes principales	21
2.2.2.	Consumo de combustible por hora	25
2.2.3.	Análisis de los dispositivos en mal estado	26
2.2.4.	Descripción de la capacidad instalada	26
2.3.	Condiciones actuales de las instalaciones	27
2.3.1.	Material de las tuberías	27
2.3.2.	Condiciones de las baterías	27
2.3.3.	Aislamiento térmico	28
2.3.4.	Aislamiento de vibraciones	29
2.3.5.	Condiciones actuales de la tubería	29
2.3.6.	Condiciones de seguridad	30
2.3.7.	Condiciones de ruido	30
3.	GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
3.1.	Objetivo	31
3.2.	Factores críticos de un programa de mantenimiento	32
3.2.1.	Mantenimiento preventivo contra averías	32
3.2.2.	Utilización de personal de servicio	33
3.2.3.	Reparación o reposición de equipo	36
3.2.4.	<i>Stock</i> de repuestos	42
3.2.5.	Control de asignación de tareas	43
3.3.	Funciones del mantenimiento	46
3.3.1.	Funciones específicas del mantenimiento	47
3.3.2.	Mantenimiento de avería	48
3.3.3.	Mantenimiento preventivo	49
3.3.4.	Mantenimiento correctivo	50
3.4.	Registro y control de programas	52
3.4.1.	Objetivos	56

3.4.2.	Registros mínimos	57
3.4.3.	Ficha histórica	57
3.4.4.	Hoja de ruta	58
3.4.5.	Orden de tarea de mantenimiento	59
3.5.	Creación de los programas de mantenimiento preventivo	59
3.5.1.	Manuales de servicio del fabricante	60
3.5.2.	Registro de mantenimiento	60
3.5.3.	Personal de operación y/o mantenimiento	63
3.5.4.	Edad, condición y valor del equipo	65
3.5.5.	Requerimientos de seguridad	65
3.5.6.	Probabilidad de desgaste excesivo	67
3.5.7.	Susceptibilidad a desajuste	67
3.5.8.	Capacitación	68
3.6.	Análisis de costo-beneficio	72
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	
4.1.	Organización de las actividades	79
4.1.1.	Órdenes de trabajo	79
4.1.1.1.	Formato de orden de trabajo	79
4.1.1.2.	Instrucciones de las órdenes de trabajo	83
4.1.1.3.	Órdenes de trabajo programadas	86
4.1.1.4.	Calendarización de las órdenes de trabajo	87
4.1.1.5.	Hojas de recorrido e inspección	88
4.1.1.6.	Órdenes de trabajo no programadas	90
4.1.1.7.	Seguimiento de órdenes de trabajo	91
4.1.2.	Manejo de personal y materiales	92
4.2.	Propuesta de manual de seguridad e higiene en el trabajo	96
4.2.1.	Normas generales de seguridad industrial	97

4.2.1.1.	Cuidado de los equipos	98
4.2.1.2.	Inflamabilidad en tanques de combustible	98
4.2.1.3.	Almacenamiento de materiales	101
4.2.1.4.	Equipo de protección personal	104
4.2.2.	Señalización	108
4.2.3.	Normas generales de higiene industrial	116
4.2.3.1.	Orden	119
4.2.3.2.	Limpieza	120
4.2.3.3.	Enfermedades	122
4.2.4.	Capacitación al personal técnico	124
4.3.	Análisis beneficio-costo del proyecto	128
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	
5.1.	Monitoreo de implementación	131
5.2.	Mejoramiento continuo	134
5.2.1.	Ventajas del mejoramiento continuo	135
5.2.2.	El proceso del mejoramiento continuo	137
5.2.3.	Participación total de la administración	140
5.2.4.	Participación de los empleados	141
5.2.5.	Equipos de mejoramiento	142
	CONCLUSIONES	147
	RECOMENDACIONES	151
	BIBLIOGRAFÍA	153
	APÉNDICE	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	2
2.	Alternador del dispositivo de generación	21
3.	Radiador remoto de termostato	22
4.	Tanque de aceite	22
5.	Tanque auxiliar de diesel	23
6.	Panel de control	23
7.	Filtro de agua o refrigerante, combustible y aceite	24
8.	Timer	24
9.	Estación de rectificación, monitoreo y dispositivos de arranque	25
10.	Sistema de enfriamiento Cummins Onan	28
11.	Equipos de activos físicos de mantenimiento	37
12.	Modelo iterativo de gestión	44
13.	Flujo de informaciones	45
14.	Diagrama planificación/programación del trabajo	55
15.	Análisis costo beneficio	75
16.	Cuadro de mando	76
17.	Comparación de masas presupuestadas	77
18.	Datos técnicos	83
19.	Guantes protectores	105
20.	Respirador	105
21.	Anteojos	106
22.	Careta	107

23.	Delantal	107
24.	Botas industriales	107
25.	Señal de peligro en general	109
26.	Materiales inflamables	110
27.	Riesgo eléctrico	110
28.	Protección obligatoria de la vista	111
29.	Protección obligatoria de pies	111
30.	Protección obligatoria de manos	112
31.	Protección obligatoria de cara	112

TABLAS

I.	Listado de aparatos asistidos	18
II.	Especialidades de mantenimiento	36
III.	Estructura arborescente para gestión técnica y económica	38
IV.	Formato de órdenes de trabajo	81
V.	Formato de órdenes de trabajo mensuales	82
VI.	Forma para requisiciones de materiales	85
VII.	Calendario de trabajos de mantenimiento enero 2010	88
VIII.	Hoja de recorrido e inspección	89
IX.	Hoja de reporte de fallos por año	92
X.	Señales de información	113
XI.	Señales de prohibición	113
XII.	Señales para incendios	114
XIII.	Programación de capacitación	126
XIV.	Cuadro de costos de mantenimiento del generador	129

GLOSARIO

Arborescente	Que forma ramificaciones análogas a las ramas de un árbol.
Avería	Daño, rotura o fallo en un mecanismo que impide o perjudica el funcionamiento de una máquina o un vehículo.
Confiabilidad	Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria. Grado de confianza que proporcione una planta.
Defecto	Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.
Desvarada	Acción que se ejecuta sobre un bien parado, con el fin de ponerlo a funcionar antes de su reparación.
Diagnóstico	Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina al evaluar su situación y desempeño.
Disponibilidad	Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de una máquina o equipo para ser utilizada en condiciones óptimas para la producción.

Durabilidad	Es considerada como la esperanza de vida de un bien.
Falla	Alteración de la aptitud de un bien para cumplir una función requerida.
Gradiente	Variación de una magnitud en cantidad y dirección.
Mantenibilidad	Característica de diseño que mide la aptitud de que un bien pueda ser mantenido.
Mantenimiento	Conjunto de acciones para mantener o restablecer un bien.
Mantenimiento Correctivo	Es el mantenimiento efectuado después de una falla.
Mantenimiento Predictivo	Mantenimiento efectuado de acuerdo a información dada por un aparato de control permanente.
Mantenimiento Preventivo	Es el efectuado a un bien siguiendo un criterio, con el fin de reducir las posibilidades de falla.
Mejorar	Pasar de un estado a otro que dé mayor desempeño de la maquina o equipo.

Parada	Cesación de la aptitud de un bien para cumplir una función requerida.
Planificar	Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo.
Reparación	Intervención definitiva de mantenimiento correctivo.
Seguridad	Condiciones y características a considerar para resguardar al equipo y al personal para prevenir condiciones que afecten o expongan a las personas y a la industria.

RESUMEN

De todos los recursos que una empresa, industria o institución necesita para lograr sus objetivos, uno de los más importantes es la energía eléctrica, ya que la mayoría de maquinarias, herramientas y equipos requieren de la misma, para funcionar. Es por esto que en la actualidad se cuenta con actividades prácticas y herramientas teóricas, que en conjunto conforman todo un proceso para mejorar y facilitar el mantenimiento de herramientas y equipos de generación eléctrica, de modo que se minimice la pérdida de tiempo valioso de funcionamiento.

Lo expuesto en el párrafo anterior, fundamenta este trabajo de graduación, que consiste en el análisis del proceso actual en que se realiza el mantenimiento al equipo de generación eléctrica Cummins Onan KTA38-GI, con el fin de proponer un sistema de mantenimiento preventivo completo y eficiente dentro de las instalaciones de la institución, abordando todos los detalles que permitan la correcta implementación de un proyecto de esta índole.

Para poder contar con el diseño adecuado de un programa de mantenimiento industrial preventivo, es necesario conocer la situación actual de las condiciones en las que se realizan los trabajos de mantenimiento en el área de generación eléctrica, de esta manera se podrá determinar las necesidades de la institución y las deficiencias que limitan que éstas se satisfagan, así como los lineamientos a seguir para alcanzar los objetivos planteados.

Este diseño incluye cambios de operaciones, estandarización de formas para órdenes de trabajo, creación de normas internas de seguridad e higiene industrial, adquisición de herramientas, accesorios y equipo necesarios para la ejecución de las operaciones de mantenimiento.

El resultado de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para el equipo de generación de energía eléctrica, cumpliendo con los requerimientos necesarios y correspondientes al trabajo que se efectúa en determinada área, garantiza una disminución de los fallos de éste, convirtiéndolo en un sistema más eficiente que aumente la disponibilidad del equipo en momentos de emergencia y de suma necesidad.

OBJETIVOS

General

Crear un sistema de mantenimiento para un generador de energía eléctrica de emergencia, tomando en cuenta las medidas necesarias de seguridad e higiene industrial proponiendo medidas de seguimiento y mejora continua.

Específicos

1. Realizar un análisis de las condiciones actuales de la institución, del departamento de mantenimiento y de la planta generadora de emergencia.
2. Identificar la importancia de mantener un equipo de generación eléctrica de emergencia en óptimas condiciones de operación.
3. Aumentar la productividad y confiabilidad del equipo que permita la continuidad del suministro de energía a las cargas críticas en momentos de emergencia
4. Prever la necesidad de una reparación futura a través de diagnósticos continuos y mantenimiento preventivo.
5. Establecer normas para la utilización de equipo de protección personal.

6. Disminuir los posibles riesgos y accidentes a través de la implementación del programa de mantenimiento.
7. Crear un sistema de órdenes de trabajo ordenado y de fácil gestión dentro del departamento de mantenimiento, así como la calendarización de éstas, durante todo el año.
8. Crear un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento, que permita detallar el tema a tratar, incluyendo fechas y períodos convenientes para su realización.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, gracias a los avances de la tecnología, la diversidad de procesos son realizados con la ayuda de maquinaria y equipo especializado, los cuales han permitido la agilización de éstos y la optimización en la utilización de los recursos, por lo cual, es necesario su correcto funcionamiento en el momento que se necesita y el cumplimiento de las especificaciones para las cuales fueron diseñados.

La mayoría de estos aparatos tienen la característica común de emplear energía eléctrica para su desempeño, la cual es obtenida de forma convencional por los servicios de una distribuidora comercial, pero cuando el suministro normal de energía se ve interrumpido, las instituciones se ven en la necesidad de emplear un generador de energía eléctrica automático que provee de ésta, en estos casos de emergencia.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes generales

1.1.1. Historia

Las actividades principales de la empresa se centran en el análisis de información, que gracias a la tecnología del momento, se maneja por medio de equipos de cómputo y un sistema de redes computacionales que facilitan trabajar con la misma.

Estos equipos necesitan energía eléctrica, la cual se les proporciona de forma convencional por los servicios de una distribuidora comercial, pero cuando el suministro normal de energía se ve interrumpido, la institución emplea un generador de energía eléctrica automático para estos casos de emergencia.

1.1.2. Objetivo fundamental

El objetivo fundamental del diseño y la implementación del sistema de mantenimiento, es permitir al equipo mantenerse y encontrarse en las condiciones de funcionamiento estándar, cumpliendo con los objetivos para los cuales fue diseñada, utilizando los recursos necesarios en las proporciones adecuadas.

Figura 1. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Descripción de la estructura administrativa

- Gerente de Planta
 - Descripción de actividades

Está a cargo de todas las operaciones dentro de la planta, se encarga de tomar la primera o última decisión para cualquier trabajo que se ejecute, tiene manejo y control de todas las áreas técnicas que en la planta se desarrollan. Controla el trabajo de la jefatura de supervisión.

- Jefe de Mantenimiento
 - Descripción de actividades

Su función es brindar soporte a las distintas áreas dentro de la institución, recabando información y evaluando cómo se les está brindando el servicio a los mismos. Esta jefatura se encarga de la supervisión de los trabajos efectuados, tiene a su cargo caja chica y bodega; encargado de llevar los registros, programar el servicio, planificar y organizar los períodos y el *stock* de repuestos y herramientas.

- Técnico de Mantenimiento
 - Descripción de actividades

Encargado de realizar las operaciones, los cambios de los repuestos, las inspecciones, los reemplazos y la limpieza de los distintos dispositivos mecánico-eléctricos que se utilizan dentro de la institución, brindar servicio de mantenimiento o reparación emergente, de cualquier equipo en la industria que sea accionado por medio de energía eléctrica, así como la reparación de maquinaria de generación eléctrica.

1.2. Generalidades de generación de energía eléctrica

La generación de energía eléctrica en Guatemala, se inicia en 1884 al instalarse la primera hidroeléctrica en la finca El Zapote, al norte de la capital.

En 1885 se forma la Empresa Eléctrica del sur por empresarios alemanes que instalaron la hidroeléctrica Palín de 732 KW., la cual brindó servicio a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla.

En 1927 se construye la hidroeléctrica Santa María, con el fin de proveer de energía al ferrocarril de los Altos. Cuando este medio de transporte desapareció, las autoridades de gobierno deciden que la planta se oriente a cubrir la demanda de los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá y Suchitepéquez.

En 1940 se crea el Departamento de Electrificación Nacional, dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, dicha planta se convierte en la hidroeléctrica del Estado.

A mediados de la década de los cincuenta se inicia la construcción en Zacapa de la Hidroeléctrica Río Hondo. Posteriormente, a través de los ingenieros Oswaldo Santizo y José Manuel Dengo, el 27 de mayo de 1959 fue creado el Instituto Nacional de Electrificación (INDE); por medio del Decreto Gubernativo 1287. Siendo su primer presidente el ingeniero Martín Prado Vélez.

Durante la década de los años treinta, el ingeniero Oswaldo Santizo había construido las hidroeléctricas de Patzún en Chimaltenango, y la de Patulul en Suchitepéquez. Dentro de los bienes iniciales del INDE estaba la hidroeléctrica Santa María y la de Río Hondo, que ésta última se encontraba en construcción. Esta planta fue puesta en operación en 1962, con una capacidad de 2400 KW.

Debido al crecimiento de la demanda de energía eléctrica y para atender los planes de electrificación, en 1965 fue puesta en operación la Central Diesel de San Felipe, Retalhuleu, con una capacidad de 2440 KW.

En 1971 fue instalada una turbina de gas en la finca Mauricio, en Escuintla, con una capacidad de 12500 KW. En ese mismo período, el INDE amplió la capacidad de la planta Santa María a 6880 KW.

A principios de la década de los setenta se instaló la Hidroeléctrica Jurún Marinalá, ubicada en la aldea Agua Blanca, en el interior de la finca el Salto, en el departamento de Escuintla, en 1982 inició operaciones la de Aguacapa, ubicada en el mismo departamento que la anterior. En 1983 la de Chixoy, ubicada en el departamento de Alta Verapaz, siendo la más grande del país.

En 1992 inician operaciones varias generadoras privadas, entre ellas: los Ingenios Azucareros, ENRON en Puerto Quetzal, y posteriormente las plantas SIDEGUA, LAGOTEX, Secacao, Río Bobos, TAMPA, Guatemala *Generating* Group (GGG), Las Palmas, Generadora del Norte (GENOR), Calderas, Zunil, Poliwatt, Pasabién, Poza Verde, Tululá, Cerro Vivo, Las Vacas y Matanzas, todas ubicadas en distintos puntos del interior de la República.

La capacidad instalada a nivel nacional en la actualidad es de 1705,6 MW, entre generadores privados e INDE. Guatemala depende en un 80% de la energía eléctrica que le provee el sector público, el Instituto Guatemalteco de Electrificación (INDE) y la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA), que suministran en conjunto, alrededor de 653 MW. Por otro lado, el sector privado colabora con el restante 20%, que son 170 MW, totalizando 820 MW de potencia disponible para el país.

En Guatemala, la electricidad se genera básicamente por medio de las centrales hidroeléctricas, con un porcentaje de capacidad instalada del 52%, las centrales térmicas con un 40% y los cogeneradores con el restante 8%.

El servicio eléctrico ha alcanzado una cobertura del 42%, siendo una de las más bajas de Latinoamérica. El consumo per cápita es de 205 kilovatios-hora anuales. Guatemala encuentra una oportunidad de ofertar por la compra de las empresas distribuidoras de electricidad en la provincia, las cuales se formaron luego de la emisión, por parte del Congreso de la República, la Ley General de Electricidad, el 15 de noviembre de 1996.

Dicha ley ordenó la separación de las actividades de generación, transmisión y distribución de electricidad. Dentro de la reorganización del INDE, se decidió la desincorporación de las actividades de distribución, para lo cual el Estado de Guatemala llamó a concurso internacional a ofertar por la compra de las distribuidoras DEORSA – DEOCSA. UNION FENOSA resultó ganadora y fue así como el 4 de mayo de 1998 se nombra oficialmente UNION FENOSA DEORSA – DEOCSA.

En 1996 fue creada la Comisión Nacional de Energía Eléctrica a través de la Ley General de Electricidad, contenida en el Decreto 93-96 del Congreso de la República. La misión que lleva a cargo esta organización es crear condiciones propicias y apegadas a la ley para que las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica sean susceptibles de ser desarrolladas por toda persona individual o jurídica que desee hacerlo, fortaleciendo este proceso con la emisión de normas técnicas, precios justos, medidas disciplinarias y todo el marco de acción que permita, a los empresarios y usuarios, condiciones de seguridad y reglas de acción claras para participar con toda propiedad en este nuevo modelo, factor fundamental en

la modernización existente en torno al subsector eléctrico y, consecuentemente, en el desarrollo económico y social del país.

1.2.1. Características del suministro de energía eléctrica

La Empresa Eléctrica de Guatemala suministrará la energía comprometida, bajo la forma de corriente alterna en:

- Alta tensión: la tensión de suministro será de sesenta y nueve kilovatios (69kV), se utilizará para cargas trifásicas puntuales mayores de 1000 kVA.
- Media tensión: ésta aplica para todos los nuevos servicios a usuarios que son propietarios del centro de transformación, cuya tensión de suministro, en el punto de entrega, sea 13.2 kV.
- Baja tensión: cuando la carga a conectarse sea mayor a 75 kVA. y menor de 225 kVA., el suministro podrá medirse en el lado de baja del transformador compensando las pérdidas, según pliego tarifario vigente.

1.2.2. Importancia de energía eléctrica de emergencia

Cuando se corta la energía eléctrica por períodos cortos o extensos, debido a alguna falla en el sistema de suministro normal, un generador de emergencia resulta muy beneficioso, ya que permite continuar con las actividades que no se pueden quedar interrumpidas, como mantener luces para la movilización del personal, maquinaria importante, por ejemplo, en hospitales, industrias, empresas e instituciones, también el hecho de mantener activos los sistemas de comunicaciones, aparatos de cómputo, etc.

1.2.3. Consumo de energía eléctrica

Los principales consumidores de electricidad son las industrias, destacando aquéllas que tienen en sus procesos productivos instalados grandes hornos eléctricos, tales como: siderúrgicas, cementeras, cerámicas y químicas. También son grandes consumidores los procesos de electrólisis (producción de cloro y aluminio) y las plantas de desalación de agua de mar.

Las industrias también consumen electricidad para suministrar iluminación eléctrica, cuando no es posible la iluminación natural, a fin de prevenir que se produzca fatiga visual en los trabajadores, que se ocasiona si los lugares de trabajo y las vías de circulación no disponen de suficiente iluminación, adecuada y durante la noche.

Otro campo general de consumo eléctrico en las empresas, lo constituye el dedicado a la activación de las máquinas de climatización, tanto de aire acondicionado como de calefacción. En general, el consumo de electricidad puede ser muy elevado, si las instalaciones no están construidas de acuerdo con principios ecológicos de ahorro de energía.

Asimismo, es de uso industrial la electricidad que se emplea en los diferentes tipos de soldadura eléctrica, procesos de electrólisis, hornos eléctricos industriales utilizados en variedad de tareas, entre otros.

Un campo sensible del uso de la electricidad en las empresas o instituciones, lo constituyen la alimentación permanente y la tensión constante que deben tener las instalaciones de ordenadores, porque un corte imprevisto de energía eléctrica, puede dañar el trabajo que se realiza en el momento que

ocurra. Para evitar estos daños existen unos dispositivos de emergencia que paliar de forma momentánea la ausencia de suministro eléctrico en la red.

En el caso de Guatemala, la red nacional de energía está constituida por equipos eléctricos, desde las plantas generadoras hasta los transformadores que se observan en las calles en postes, éstos del tipo banco trifásico, con unidades monofásicas, siendo los que alimentan las casas del usuario final, donde la unidad que mide el consumo de energía eléctrica es el Kilowatt-hora y su símbolo es KW-h y es la medida de la cantidad de energía por hora que todas estas redes eléctricas necesitan para funcionar.

1.2.4. Tipos de generación de energía eléctrica

En general, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Éstas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

Desde que Nikola Tesla descubrió la corriente alterna y la forma de producirla en los alternadores, se ha llevado a cabo una inmensa actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, por lo que, junto a la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, se han construido sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución. Sin embargo, el aprovechamiento ha sido y sigue siendo muy desigual en todo el planeta.

Así, los países desarrollados son grandes consumidores de energía eléctrica, mientras que los países del llamado tercer mundo, apenas disfrutan de sus ventajas.

La demanda de energía eléctrica de una ciudad, región o país tiene una variación a lo largo del día. Esta variación es función de muchos factores, entre los que destacan:

- Tipos de industrias existentes en la zona y turnos que realizan en su producción.
- Climatología extremas de frío o calor.
- Tipo de electrodomésticos que más se utilizan frecuentemente.
- Tipo de calentador de agua que se encuentre instalado en los hogares.
- La estación del año y la hora del día en que se considera la demanda.

La generación de energía eléctrica debe seguir la curva de demanda y, a medida que aumenta la potencia demandada, se debe incrementar la potencia suministrada. Esto conlleva el tener que iniciar la generación con unidades adicionales, ubicadas en la misma central o en centrales reservadas para estos períodos.

En general, los sistemas de generación se diferencian por el período del ciclo en el que está planificado que sean utilizados; se consideran de base la nuclear y la eólica, de valle la termoeléctrica de combustibles fósiles, y de pico la hidroeléctrica, principalmente.

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en:

- Termoeléctricas
- Hidroeléctricas
- Nucleares
- Eólicas
- Solares
- Termoeléctricas
- Solares fotovoltaicas
- Mareomotrices

La mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial, proviene de los tres primeros tipos de centrales reseñados. Todas estas centrales, excepto las fotovoltaicas, tienen en común el elemento generador, constituido por un alternador, movido mediante una turbina que será distinta, dependiendo del tipo de energía primaria utilizada.

Los tipos de generación de energía eléctrica son:

- Centrales termoeléctricas

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de calor. Este calor puede obtenerse, tanto de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón), como de la fisión nuclear del uranio u otro combustible nuclear. Las centrales que en el futuro utilicen la fusión, también serán centrales termoeléctricas.

En su forma más clásica, las centrales termoeléctricas consisten en una caldera en la que se quema el combustible para generar calor que se transfiere a unos tubos por donde circula agua, la cual se evapora. El vapor obtenido a alta presión y temperatura, se expande a continuación en una turbina de vapor, cuyo movimiento impulsa un alternador que genera la electricidad. Luego el vapor es enfriado en un condensador donde circula agua fría de un caudal abierto, o por torre de refrigeración.

En las centrales termoeléctricas, denominadas de ciclo combinado, se usan los gases de la combustión del gas natural para mover una turbina de gas. En una cámara de combustión se quema el gas natural y se inyecta aire para acelerar la velocidad de los gases y mover la turbina de gas. Como traspasar por la turbina, esos gases todavía se encuentran a alta temperatura (500 °C), se reutilizan para generar vapor que mueve una turbina de vapor. Cada una de estas turbinas impulsa un alternador, como en una central termoeléctrica común.

El vapor, luego es enfriado por medio de un caudal de agua abierto o torre de refrigeración como en una central térmica común. Además, se puede obtener la cogeneración en este tipo de plantas, al alternar entre la generación por medio de gas natural o carbón.

Este tipo de plantas está en capacidad de producir energía más allá de la limitación de uno de los dos insumos y pueden dar un paso a la utilización de fuentes de energía por insumos diferentes.

- Centrales hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica es aquella que se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central. El agua se lleva por una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante enormes turbinas hidráulicas, se produce la electricidad en alternadores. Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

- La potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador.
- La energía garantizada en un lapso determinado, generalmente un año, que está en función del volumen útil del embalse, de la pluviometría anual y de la potencia instalada.

La potencia de una central hidroeléctrica puede variar desde unos pocos MW, hasta varios GW. Hasta 10 MW se consideran minicentrales.

- Centrales eólicas

La energía eólica es la que se obtiene del viento, es decir, de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire o de las vibraciones que el viento produce. Los molinos de viento se han usado desde hace muchos siglos para moler el grano, bombear agua u otras tareas que requieren una energía. En la actualidad se usan aerogeneradores para generar electricidad,

especialmente en áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica, hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

El impacto medioambiental de este sistema de obtención de energía es relativamente bajo, pudiéndose nombrar el impacto estético, porque deforman el paisaje, la muerte de aves por choque con las aspas de los molinos o la necesidad de extensiones grandes de territorio que se sustraen de otros usos.

Además, este tipo de energía, al igual que la solar o la hidroeléctrica, están fuertemente condicionadas por la situación climatológica, siendo aleatoria la disponibilidad de la misma.

- Centrales fotovoltaicas

Se denomina energía solar fotovoltaica a la obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos, permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos, se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica.

Los principales problemas de este tipo de energía son: su elevado coste en comparación con los otros métodos, la necesidad de extensiones grandes de territorio que se sustraen de otros usos, la competencia del principal material con el que se construyen con otros usos (el sílice es el principal componente de los circuitos integrados), o su dependencia con las condiciones climatológicas.

Este último problema hace que sean necesarios sistemas de almacenamiento de energía, para que la potencia generada en un momento determinado, pueda usarse cuando se solicite su consumo.

Se están estudiando sistemas como el almacenamiento cinético, bombeo de agua a presas elevadas, almacenamiento químico, entre otros.

- Generación a pequeña escala

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna.

Es comúnmente utilizado cuando hay fallas en la generación de energía de algún lugar, o cuando hay corte en el suministro eléctrico y es necesario mantener la actividad.

Una de sus utilidades más comunes es en aquellos lugares donde no hay suministro a través de la red eléctrica, generalmente son zonas agrícolas con poca infraestructura, o viviendas aisladas.

Otros casos: locales públicos concurridos, hospitales, fábricas, etc., que, a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente alterna, para abastecerse en caso de emergencia.

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes:

- Motor de combustión interna: el motor que acciona el grupo electrógeno suele estar diseñado, específicamente, para ejecutar dicha labor. Su potencia depende de las características del generador, pueden ser motores de gasolina o diesel.
- Sistema de refrigeración del motor: es problemático, por tratarse de un motor estático, y puede ser refrigerado por medio de agua, aceite o aire.
- Alternador: la energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor. El tamaño del alternador y sus prestaciones son muy variables, en función de la cantidad de energía que tienen que generar.
- Depósito de combustible y bancada: el motor y alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de funcionamiento a plena carga, según las especificaciones técnicas que tenga el grupo en su autonomía.
- Sistema de control: se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control que existen para controlar el funcionamiento, salida del grupo y la protección contra posibles fallos en el funcionamiento.

- Interruptor automático de salida: para proteger al alternador, llevan instalado un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno. Existen otros dispositivos que ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo.
- Central solar fotovoltaica

En este tipo de central se aprovecha la luz solar, pero en ella el proceso de obtención de la energía eléctrica, es directo a partir de paneles solares fotovoltaicos.

Algunos materiales emiten electrones cuando incide luz sobre ellos. La circulación de estas cargas eléctricas crea una corriente eléctrica. A este fenómeno se le llama efecto fotoeléctrico. Estos materiales forman las células solares o fotovoltaicas. Un panel solar está formado por varias células solares.

Los paneles fotovoltaicos generan corriente continua, pero la electricidad que se consume en las casas es de corriente alterna. Para transformar la corriente continua en corriente alterna, se utiliza un elemento llamado convertidor.

La corriente eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos puede consumirse en el momento, o acumularse en un sistema de baterías. Así se podrá disponer de la energía eléctrica fuera de las horas de sol. Para mejorar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos, suelen colocarse sobre un elemento que se orienta con el sol siguiendo su trayectoria, desde el amanecer hasta el anochecer, con el fin de que los rayos siempre incidan perpendicularmente al panel y obtener así un mayor rendimiento.

1.2.5. Maquinaria y equipo asistido

La maquinaria y el equipo asistido por la planta generadora de emergencia, básicamente se compone de aparatos y dispositivos que son necesarios mantenerlos con el suministro de electricidad ininterrumpido debido a que resguardan la seguridad y procesos de mucha importancia, los cuales se enlistan en la tabla I.

Tabla I. **Listado de aparatos asistidos**

- Equipo de cómputo en general
- *Racks* de telecomunicaciones y red de datos
- Servidores
- Bomba de agua elevadora
- UPS
- Lámparas de emergencia
- Máquinas procesadoras de billetes
- Sistema de detección y supresión de incendios
- Portones eléctricos en ingresos principales
- Sistemas de seguridad (cctv, biométricos, dispositivos en puertas, etc.)

Fuente: elaboración propia.

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DEL EQUIPO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1. Antecedentes del equipo

La planta generadora de energía eléctrica de emergencia fue adquirida en 1993 a través de la empresa MAQUIPOS S.A., con la idea de proveer energía eléctrica cuando el suministro normal de ésta, fuera interrumpido por cualquier motivo.

2.1.1. Tiempo de vida del equipo

Este equipo fue adquirido en 1993, por la empresa MAQUIPOS S.A., a la fecha tiene 18 años de ser utilizado, el tiempo de vida útil, según el fabricante, es de 30 años, bajo condiciones óptimas de funcionamiento, este dato permite determinar que al generador CUMMINS ONAN MODELO KTA38-GI le quedan 12 años de vida útil, esto indica cuánto tiempo aproximadamente, deberá reemplazarse el equipo, si no se realizan acciones de mantenimiento preventivo, a tiempo y mediante los estándares de calidad que sugiere la fábrica.

2.1.2. Funcionamiento actual

El equipo de generación, actualmente, se encuentra en óptimas condiciones, lo cual se demuestra por los resultados del último diagnóstico realizado, el cual indica que:

- La frecuencia de corriente alterna a la que está trabajando el equipo es de 60Hz, medida de frecuencia adecuada en toda América.
- Presenta un factor de potencia (F.P.) de 0.8, valor que viene determinado por el tipo de cargas conectadas en una instalación. De acuerdo con su definición, el factor de potencia es adimensional y sólo puede tomar valores entre 0 y 1.
- Los circuitos no pueden ser puramente resistivos ni reactivos, observándose desfases, más o menos significativos, entre las formas de onda de la corriente y el voltaje. Así: si el F.P. está cercano a la unidad, se dirá que es un circuito fuertemente resistivo, por lo que su F.P. es alto; mientras que si está cercano a cero, que es fuertemente reactivo y su F.P. es bajo; esto lleva a afirmar que el sistema de esta institución es fuertemente resistivo.
- La potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie/minuto un peso de 33000 libras, medida más conocida como caballos de fuerza o HP, es de 3HP.
- Las revoluciones por minuto del motor del generador es de 1800 r.p.m.
- El tanque de combustible tiene una capacidad de 150 galones.
- El tiempo máximo que ha estado encendido el equipo es una hora.

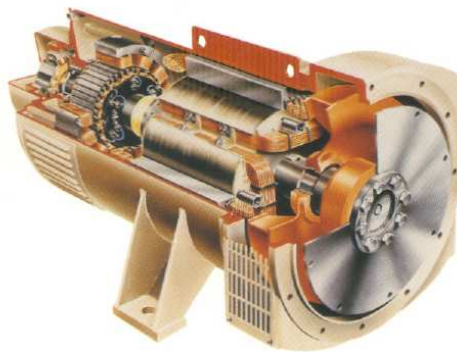
2.2. Condiciones actuales de la maquinaria

Para la documentación de las condiciones actuales de la maquinaria y sus instalaciones, se muestran fotografías tomadas en la subestación eléctrica de la institución de gobierno, que amablemente abrió sus puertas para realizar el presente estudio, que para efectos de seguridad, se reserva el nombre de la misma en este documento.

2.2.1. Partes principales

- El alternador: éste está diseñado para alcanzar entre 1500 a 1800 r.p.m., y es como se muestra en la figura 2, el cual es fabricado exclusivamente por Cummins Onan.

Figura 2. **Alternador del dispositivo de generación**



Fuente: Cummins, Onan. *Quality reliability. Performance testing*, p. 4.

- El radiador remoto de termostato: tiene una capacidad para 60 galones de agua, cuyo refrigerante utilizado se cambia cada cuatro años. En caso de

que el radiador se tape, se quede sin agua, o se sobrecargue, se dispara una alarma térmica, la cual advierte del fallo.

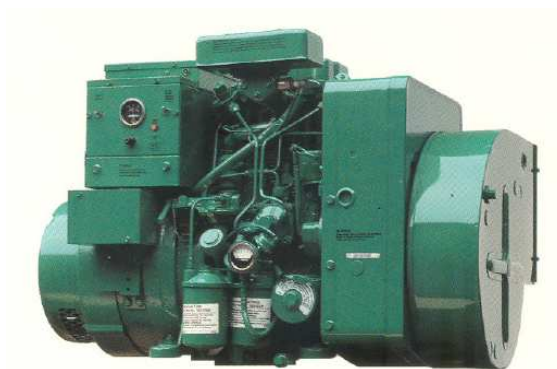
Figura 3. **Radiador remoto de termostato**



Fuente: elaboración propia. Institución de gobierno.

- El tanque de aceite utiliza 40 galones de aceite a Q.140,00/galón, el aceite se cambia una vez al año.(se recomienda sea cada 6m)

Figura 4. **Tanque de aceite**



Fuente: Cummins, Onan. *Quality reliability. Performance testing*, p. 6.

- Un tanque auxiliar de diesel con capacidad de 50 galones, el cual está instalado a una distancia considerable del generador.

Figura 5. **Tanque auxiliar de diesel**



Fuente: elaboración propia. Institución de gobierno.

- Cuenta con un sistema análogo de corriente alterna y un control detector para el sistema, este es un panel con indicadores.

Figura 6. **Panel de control**



Fuente: Cummins, Onan. *Quality reliability. Performance testing*, p. 6.

- Cuatro filtros de agua, seis filtros de aceite y dos filtros para combustible diesel, éstos se cambian cada seis meses.

Figura 7. Filtro de agua o refrigerante, combustible y aceite



Fuente: elaboración propia. Institución de gobierno.

- Posee un reloj programador, el cual se utiliza para arrancarlo semanalmente y cargar las baterías, y así mantener la planta en uso

Figura 8. Timer



Fuente: elaboración propia. Institución de gobierno

- Tarjetas monitoras, dispositivos de arranque y rectificadores de voltaje, todos estos se encuentran dentro de una misma estación, desde donde es controlado el generador.

Figura 9. **Estación de rectificación, monitoreo y dispositivos de arranque**



Fuente: elaboración propia. Institución de gobierno

2.2.2. Consumo de combustible por hora

El consumo de combustible varía, según el porcentaje de carga al vacío, es decir, sin carga consume 18 galones por hora, con 50% de carga consume 22 galones por hora, y con 100% de carga de 25 a 27 galones por hora. El precio aproximado del galón de diesel es de Q.30,00, mismos que provee la Compañía Shell, en una pipa de 250 galones diarios, de los cuales el generador puede llegar a utilizar 150 galones, mientras que el resto es utilizado para vehículos de la institución.

2.2.3. Análisis de los dispositivos en mal estado

El análisis consiste en inspeccionar de forma visual todos los componentes del sistema y detectar si éstos se encuentran en buen o en mal estado, se revisa si existen fugas, detección de olores ajenos a un buen funcionamiento, algún mal contacto o corto circuito, partes quemadas, mangueras agrietadas, filtros y lubricantes en buen estado, baterías con buen funcionamiento, inspección auditiva del motor en marcha y control de niveles de aceite, agua, refrigerante, combustible y líquido dieléctrico, que en conjunto comprenden el análisis para la parte eléctrica y mecánica.

Al finalizar la inspección y la limpieza del equipo, se arranca el motor al vacío para determinar si está funcionando bien, ya que de no ser así, se procede a efectuar las reparaciones pertinentes.

2.2.4. Descripción de la capacidad instalada

En caso de emergencia, o sea, en caso de que el suministro de energía eléctrica falle, el generador Cummins Onan KTA38-GI, en óptimas condiciones y funcionamiento ideal, es capaz de generar 750 kvatios.

2.3. Condiciones actuales de las instalaciones

Las condiciones de las instalaciones fueron evaluadas tomando en cuenta aspectos generales de la maquinaria y de su interacción con el lugar físico donde se encuentra.

2.3.1. Material de las tuberías

Un dispositivo de generación puede utilizar varios tipos de tuberías, para distintas cosas, en el caso del generador Cummins Onan KTA38-GI, se utiliza sólo un tipo de tubería, estas son mangueras Norflex de propósito general, para aire y agua de 1 pulgada de diámetro, mismas que soportan presiones de hasta 300 psi.

En el caso de las instalaciones eléctricas, no se utilizan tuberías, ya que este dispositivo cuenta con instalaciones hechas con cable Protoduer, éstos son de filamentos especiales, 3 cables vivos y un neutral, juntos con sus respectivos forros, estos cables se cambian, solamente, ante una anomalía persistente.

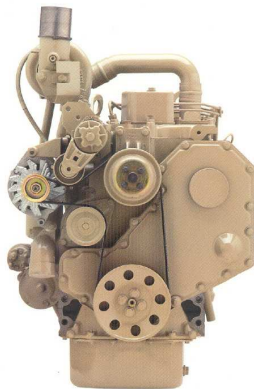
2.3.2. Condiciones de las baterías

El dispositivo de generación utiliza 4 baterías de AC Delco de 12 voltios, conectadas en paralelo para formar 24 voltios, se dividen en 2 bancos de baterías, cuya acidez se mide con un densímetro contando con una vida útil de 3 años, su precio aproximado es de Q.2 650,00 aproximadamente, actualmente están bien y funcionando según lo esperado.

2.3.3. Aislamiento térmico

Cualquier motor se calienta debido a la fricción de sus partes móviles, para el control del calor está el indicador de temperatura y el radiador, los cuales indican y se encargan de la regulación de la temperatura, aun así, si es necesario manipular el dispositivo en funcionamiento, se debe contar con guantes especiales. El radiador se controla con termostatos que activan los ventiladores del sistema de enfriamiento, éste cuenta con dos termostatos, una alarma de incendio y un extintor automático. Los termostatos se cambian una vez al año, si su funcionamiento fue óptimo. El sistema de enfriamiento está colocado a distancia, un cuarto contiguo al área donde se encuentra el generador.

Figura 10. **Sistema de enfriamiento Cummins Onan**



Fuente: Cummins, Onan. *Quality reliability. Performance testing*, p. 7.

2.3.4. Aislamiento de vibraciones

El dispositivo fue instalado sobre un sistema de aislación de resortaje tipo sándwich, la vibración no se traslada al edificio, ya que este sistema cuenta con una plancha de concreto aislada, que fue construida sobre una plancha de duroport de 2 metros de ancho, 5 metros de largo y un grosor de 0.5 metros.

Este sistema está bien calibrado, por lo que las vibraciones que presenta están dentro del rango normal, en caso se presentaran niveles de vibración anormales, es decir, fuera de los límites permisibles se procede a revisar todos y cada una de las piezas móviles del equipo, para determinar y ajustar la pieza que presente problemas, para luego calibrar el equipo completo. A la fecha este sistema en su totalidad está en óptimas condiciones.

2.3.5. Condiciones actuales de la tubería

Al momento de realizar el mantenimiento, a las tuberías se les realiza pruebas de fallo por fatiga. Durante las pruebas éstas deben permanecer rígidas, sin fracturarse al aplicar fuerzas cortantes.

Si éstas no se quiebran, o se rajan, la tubería se considera en buen estado, de lo contrario se cambian o se reparan.

Hubo necesidad de cambiar las tuberías, ya que éstas cedieron por fatiga durante las pruebas aplicadas.

2.3.6. Condiciones de seguridad

Durante la inspección, los encargados actuales limpian el equipo y localidad, para lo cual utilizan guantes, zapatos adecuados, orejeras y tapones para los oídos.

El equipo cuenta con guardas en todas las partes movibles, para evitar posibles accidentes dentro del área de trabajo.

Los encargados del mantenimiento utilizan herramientas y accesorios como: llaves de copa, densímetro, voltímetro, amperímetro, destornilladores, alicates, alambres, cables, cinta de aislar, abrazaderas, tornillos y tuercas.

En esta área existe señalización sólo en algunas partes, posee un extintor y no cuenta con normas establecidas de seguridad e higiene industrial, ni un orden estipulado de cómo dar el mantenimiento.

2.3.7. Condiciones de ruido

Si la máquina está en paro, no es necesario utilizar protección, de lo contrario el ruido emitido por el funcionamiento del generador supera los 90 dB, por lo que se recomienda que ninguna persona esté cerca, ya sea con o sin protección, pues este motor no posee silenciador, por lo que emite demasiado ruido. De estar presentes y con protección durante el funcionamiento de éste, el tiempo máximo que una persona puede estar expuesta a estos niveles de ruido, aún con protección, es de 15 minutos.

3. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

3.1. Objetivos

Los principales objetivos del mantenimiento industrial, manejados con criterio económico y encausado a un ahorro en los costos generales de producción son:

- Llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, manteniendo los registros adecuados.
- Mantener permanentemente los equipos e instalaciones en su mejor estado, para evitar los tiempos de parada que aumentan los costos.
- Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto posible, empleando métodos más fáciles de reparación.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo.
- Sugerir y proyectar mejoras en la maquinaria y equipos para disminuir las posibilidades de daño y rotura.
- Controlar el costo directo del mantenimiento, mediante el uso correcto y eficiencia del tiempo, materiales, hombres y servicio.

3.2. Factores críticos de un programa de mantenimiento

El objetivo de la programación consiste en determinar el orden en el cual se deben efectuar los trabajos planificados, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los grados de urgencia
- Los materiales necesarios
- La disponibilidad del personal

Considerando el programa de mantenimiento preventivo para cinco puntos críticos:

- Contra averías
- La utilización de personal de servicio
- La reparación o reposición de equipo
- El *stock* de repuestos
- El control de asignación de tareas

3.2.1. Mantenimiento preventivo contra averías

Se define el mantenimiento preventivo como una serie de medidas sistemáticas, continuas y uniformes, pensadas para prevenir averías, para prolongar la vida útil de los materiales, equipos y edificios, así como para eliminar los peligros en el lugar de trabajo.

El mantenimiento preventivo abarca la inspección, el ajuste, el reemplazo y la reparación de los equipos antes de que se produzca una avería, así como también la prolongación de la vida útil de los equipos.

Se tiene que aumentar el mantenimiento preventivo para mejorar el proceso de mantenimiento de equipos. Cada pieza de equipos tiene que ser restaurada antes de la integración de un programa preventivo eficaz.

La recuperación de equipos es la primera etapa en la integración de un proceso de mantenimiento eficaz. Luego, resulta necesario delimitar y documentar la naturaleza y los detalles comprendidos en las tareas de mantenimiento preventivo.

Cualquier institución competitiva que quiera alcanzar la excelencia y la alta calidad, necesita una gestión eficaz del mantenimiento del funcionamiento.

Una falta de inversión en los procedimientos de mantenimiento podría repercutir en importantes problemas de producción en años venideros.

3.2.2. Utilización de personal de servicio

En este tipo de mantenimiento se responsabiliza del primer nivel a los propios operarios de máquinas. Es trabajo del departamento de mantenimiento delimitar hasta dónde se debe formar y orientar al personal, para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.

En primer lugar, se debe tratar de definir claramente cuáles son las funciones de cada puesto relacionado con mantenimiento. De esta forma será más fácil seleccionar al personal que debe ocuparlo, al tener claras cuáles son las funciones que debe cumplir, y así poder definir las características del personal.

En primer lugar se tienen los puestos indirectos: son aquéllos que no están relacionados directamente con la ejecución del trabajo, sino que se dedican a tareas de apoyo, planificación, control o preparación de las tareas que debe ejecutar el personal directo.

El objetivo de una institución que pretenda optimizar sus costos en mantenimiento, debe ser reducir al mínimo posible los puestos de trabajo indirectos. Esto se consigue atribuyendo varias funciones a un mismo trabajador o eliminando la necesidad del puesto indirecto concreto.

Los puestos indirectos que se pueden encontrar, son los siguientes:

- Director de Mantenimiento
- Responsable de Oficina Técnica de Mantenimiento
- Jefe de Mantenimiento
- Encargados y Jefes de Equipo
- Planificador
- Preparador
- Verificador
- Analista de averías
- Jefe de Taller
- Técnico de Seguridad
- Administrativo
- Grabador de datos
- Responsable de almacén de repuestos
- Responsable de compras
- Responsable del depósito de herramientas

En segundo lugar están los puestos directos, y son los que realizan propiamente los ajustes, instalaciones y reemplazos en el equipo. En general, se requiere que éstos sean especialistas en su campo para ejecutar los procesos.

Los puestos directos que se pueden encontrar son los siguientes:

- Mecánico ajustador
- Electricista baja tensión
- Electricista de media y alta tensión
- Electrónico
- Instrumentista
- Engrasador
- Cerrajero
- Especialista en válvulas

Junto con las especialidades anteriores, existen otra serie de puestos que toman su nombre del equipo o herramienta que emplean, para realizar su trabajo. Es el caso del soldador, tornero y fresador.

Tabla II. **Especialidades de mantenimiento**

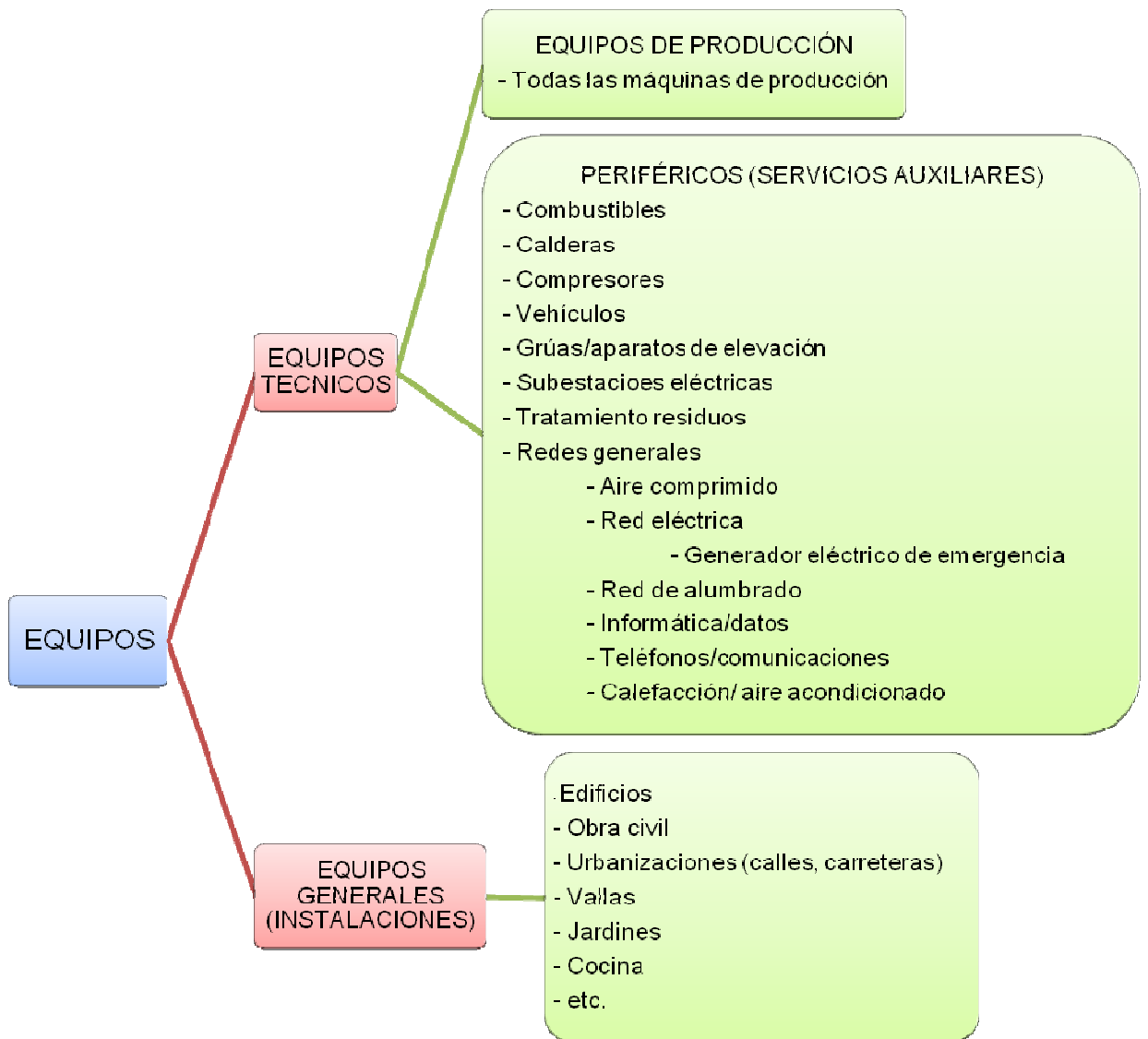
Especialidad	Subespecialidad
MECÁNICA	Montador
	Ajustador
	Soldador
	Tubero
	Matricero
	Caldero
	Especialista hidráulico
	Especialista neumático
	Tornero
	Fresador
ELECTRICIDAD	Electricista media- alta tensión
	Electricista baja tensión
ELECTRÓNICA	Electrónica
	Instrumentista electrónico
	Instrumentista neumático

Fuente: MANES, Fernando, Técnicas de mantenimiento industrial, p. 46.

3.2.3. Reparación o reposición de equipo

Lo primero que deben tener claro los responsables designados al mantenimiento de inventarios, equipos, máquinas e instalaciones, es conocer quiénes son los encargados de atender el generador de energía eléctrico, siendo éstos, un equipo conformado por personas con distinta especialidad, ya que para prestar el servicio al generador son necesarios los conocimientos sobre mecánica, electricidad y electrónica. El resultado es un listado de activos físicos de naturaleza muy diversa y que dependerá del tipo de industria. Una posible clasificación de todos estos activos se muestra en la figura 11.

Figura 11. Equipos de activos físicos de mantenimiento



Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 48.

La lista anterior, pone de manifiesto que por pequeña que sea la instalación, el número de equipos distintos aconseja que se disponga de:

- Un inventario de equipos, el cual consiste en un registro o listado de todos los equipos, codificados y localizados.
- Un criterio de agrupación por tipos de equipos para clasificarlos por familias, plantas, instalaciones, etc.
- Un criterio de definición de criticidad para asignar prioridades y niveles de mantenimiento a los distintos tipos de equipos.
- La asignación precisa del responsable del mantenimiento de los distintos equipos, así como de sus funciones, cuando sea preciso.

El inventario es un listado codificado de equipos y herramientas a mantener, establecido según una lógica arborescente, que debe estar permanente actualizado.

La estructura arborescente a establecer en cada caso podría responder al siguiente criterio:

Tabla III. **Estructura arborescente para gestión técnica y económica**

CRITERIO	EJEMPLO
----- PLANTAS -----	(Laminación en frío)
----- UNIDADES -----	(Laminador ZM1)
--- TIPOS DE EQUIPOS ---	(Bombas de Aceite)
--- SUBCONJUNTOS ---	↓-----↓-----↓ Bomba Acople Motor
----- COMPONENTES -----	↓----- Cierre Rotor Carcasa
----- PIEZAS -----	↓----- Asientos Muelles Cuña

Fuente: elaboración propia.

La codificación permite la gestión técnica y económica y es imprescindible para un tratamiento por ordenador.

El Dossier-Máquina, también dossier técnico o dossier de mantenimiento, comprende toda la documentación que permite el conocimiento exhaustivo de los equipos:

- Dossier del fabricante (planos, manuales, documentos de pruebas, etc.).
- Fichero interno de la máquina (inspecciones periódicas, reglamentarias, histórico de intervenciones, etc.).

El alcance hay que definirlo en función de las necesidades concretas y de la criticidad de cada equipo.

Con carácter general se distinguen tres tipos de documentos:

- Documentos comerciales que son los utilizados para su adquisición
 - Oferta
 - Pedido
 - Bono de recepción
 - Referencias servicio post-venta: distribuidor, representante
- Documentos técnicos suministrados por el fabricante y que deben ser exigidos en la compra para garantizar un buen uso y mantenimiento
 - Características de la máquina
 - Condiciones de servicio especificadas

- Lista de repuestos
- Intercambiabilidad
- Planos de montaje, esquemas eléctricos, electrónicos, hidráulicos, etc.
- Dimensiones y tolerancias de ajuste
- Instrucciones de montaje
- Instrucciones de funcionamiento
- Normas de seguridad
- Instrucciones de mantenimiento:
 - Engrase
 - Lubricantes
 - Diagnóstico de averías
 - Instrucciones de reparación
 - Inspecciones, revisiones periódicas
 - Lista de útiles específicos
 - Referencias de piezas y repuestos recomendados

Gran parte de esta documentación, imprescindible para ejecutar un buen mantenimiento, es exigible legalmente en España (Reglamento de Seguridad en Máquinas).

- Fichero interno formado por los documentos generados a lo largo de la vida del equipo. Se debe definir cuidadosamente la información útil necesaria. No debe ser ni demasiado escasa, ni demasiado amplia, para que sea práctica y manejable:
 - Codificación
 - Condiciones de trabajo reales
 - Modificaciones efectuadas y planos actualizados

- Procedimientos de reparación
- Fichero histórico de la máquina

Por otra parte, está el fichero histórico de la máquina, éste describe cronológicamente las intervenciones sufridas por la máquina desde su puesta en servicio. Su explotación posterior es lo que justifica su existencia y condiciona su contenido.

Se deben recoger todas las intervenciones correctivas y, de las preventivas, las que lo sean por imperativo legal así como calibraciones o verificaciones de instrumentos incluidos en el plan de calibración (Manual de Calidad). A título de ejemplo:

- Fecha y número de OT (Orden de trabajo)
- Especialidad
- Tipo de fallo (Normalizar y codificada)
- Número de horas de trabajo. Importe
- Tiempo fuera de servicio
- Datos de la intervención:
 - Síntomas
 - Defectos encontrados
 - Corrección efectuada
 - Recomendaciones para evitar su repetición

Con estos datos será posible realizar los siguientes análisis:

- Análisis de fiabilidad: cálculos de la tasa de fallos
- Análisis de disponibilidad: cálculos de mantenibilidad, disponibilidad y sus posibles mejoras
- Análisis de mejora de métodos: selección de puntos débiles
- Análisis de repuestos: datos de consumo y niveles de existencia óptima, selección de repuestos a mantener en stock
- Análisis de política de mantenimiento:
 - Máquinas con mayor número de averías
 - Máquinas con mayor importe de averías
 - Tipos de fallos más frecuentes

El análisis de estos datos permite establecer objetivos de mejora y diseñar el método de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo); más adecuado a cada máquina.

3.2.4 Stock de repuestos

Si un fallo ha provocado que los resultados económicos de la institución se hayan resentido, no sólo será necesario tomar medidas preventivas acordes con la importancia del fallo, sino minimizar los efectos de éste en caso de que vuelva a producirse. Así, una de las medidas que puede hacer que el impacto económico sea menor, es reducir el tiempo de reparación, teniendo a disposición inmediata el material que pueda ser necesario para acometerla.

De hecho, al dimensionar un *stock* de repuestos de una u otra forma se tiene en cuenta lo que ya ha fallado o lo que tiene posibilidades de fallar. Los técnicos más experimentados, normalmente, no recurren a complejos análisis, sino a su memoria, para determinar todo aquello que desean tener en *stock* en su almacén de repuestos; normalmente seleccionan todas las piezas que en el pasado hayan necesitado.

Cuando se dimensiona el *stock* para hacer frente a averías pasadas o probables, hay que tener en cuenta no sólo las piezas principales, sino también las accesorias. A menudo no se tiene en cuenta accesorios como juntas, tornillería, elementos de fijación y en general, que suelen acompañar a la pieza principal. Sin estos elementos adicionales y de bajo costo, resulta inútil contar con piezas principales, pues la reparación, no se podrá completar.

3.2.5. Control de asignación de tareas

La gestión del mantenimiento se realiza bajo la responsabilidad del jefe de servicio partiendo de indicadores del cuadro de mando y normalmente con decisiones concertadas con el grupo de consejeros que dependen del tamaño de la instalación. Este grupo de consejeros suele conformar la ingeniería de mantenimiento, que despojada de responsabilidades operacionales, prepara el cuadro de mando y realiza el análisis crítico junto con las propuestas de mejora.

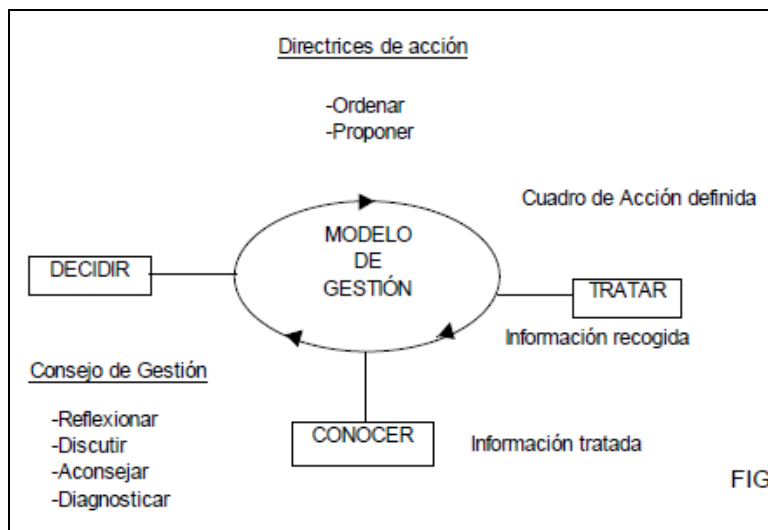
El cuadro de mando es el conjunto de informaciones tratadas y ordenadas, de forma que permiten caracterizar el estado y la evolución del servicio de mantenimiento mediante:

- Estados cifrados
- Gráficos de evolución

- Gráficos de reparto
- Ratios (relación convencional de dos números)

De todo ello resulta el siguiente modelo iterativo de gestión, como se muestra en la figura 12.

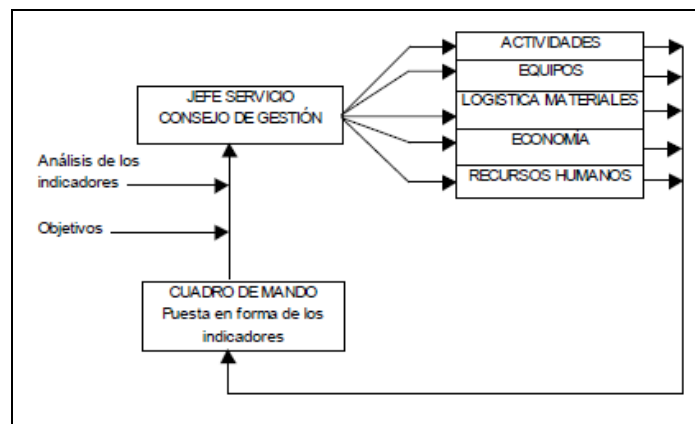
Figura 12. **Modelo iterativo de gestión**



Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 55.

El modelo iterativo que se muestra en la figura 12, también resulta del flujo de informaciones de los distintos campos a gestionar que se indican en la figura 13.

Figura 13. Flujo de informaciones



Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 55.

Esta información a tratar, implica medios de recolección, almacenamiento y tratamiento informático, lo que constituye un programa de gestión de mantenimiento asistido por ordenador.

Toda actividad de mantenimiento da lugar a una OT que, una vez asignados los costos (mano de obra, materiales), permite su valoración. Toda la información asociada a actividades propias de mantenimiento se pueden agrupar como actividades de:

- Preparación
- Programación
- Lanzamiento
- Ejecución
- Retroinformación

El análisis de la gestión permitirá, entre otros, disponer de la siguiente información:

- Evolución y reparto de las actividades en tiempo (horas)
- Evolución y reparto de los gastos (Quetzales)
- Órdenes de trabajo por taller, plantas, maquinarias, etc.

Se utilizan los siguientes indicadores de control:

- OT's Preventivo/Total OT's
- OT's Correctivo/Total OT's
- OT's Urgentes/ Total OT's
- OT's Ejecutadas/Total lanzadas

3.3. Funciones del mantenimiento

La función de mantenimiento es técnica y un servicio que se presta a la función producción, independientemente si se producen bienes o servicios.

El mantenimiento está considerado como un órgano funcional y técnico, cuyo encuadre depende del alcance de las funciones que le sean asignadas, según la política de mantenimiento de la institución.

El servicio de mantenimiento es el encargado de la función de preservar al equipo en las condiciones funcionales para las que fue diseñado. El mantenimiento ha de tener una visión a corto, medio y largo plazo.

3.3.1. Funciones específicas del mantenimiento

- Funciones primarias del mantenimiento:
 - Mantener, reparar y revisar los equipos e instalaciones
 - Generación y distribución de los servicios eléctricos, vapor, aire, agua, gas, etc.
 - Modificar, instalar, remover equipos e instalaciones
 - Nuevas instalaciones de equipos y edificios
 - Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo y programado
 - Selección y entrenamiento de personal

- Funciones secundarias del mantenimiento:
 - Asesorar la compra de nuevos equipos
 - Hacer pedidos de repuestos, herramientas y suministros
 - Controlar y asegurar un inventario de repuestos y suministros
 - Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección
 - Llevar la contabilidad e inventario de los equipos
 - Cualquier otro servicio delegado por la administración

3.3.2. Mantenimiento de avería

Consiste en intervenir con una acción de reparación el fallo o avería que se ha producido, restituyéndose la capacidad del trabajo o prestación original.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los elementos.
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- No hay necesidad de detener máquinas con ninguna frecuencia prevista.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.

Las desventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Ocurrencia aleatoria del fallo y la parada correspondiente en momentos indeseados.
- Menor durabilidad de las máquinas.
- Menor disponibilidad de las máquinas (paradas por roturas de mayor duración).
- Ocurrencia de fallos catastróficos que pueden afectar la seguridad y el medio ambiente.

3.3.3. Mantenimiento preventivo

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina con base en la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, entre otros.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Se puede realizar correctamente tomando en cuenta el conocimiento de las máquinas y el tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación, el cual demanda una aplicación eficaz, que contribuye a un correcto sistema de calidad y mejora.
- Reducción del correctivo, representando una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, posibilitando una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

Las desventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra, ya que el desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo, produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas creativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan

3.3.4. Mantenimiento correctivo

Se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento se puede contemplar dos enfoques:

- Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo): éste se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.
- Mantenimiento curativo (de reparación): éste se encarga de la reparación propiamente, eliminando las causas que han producido la falla. Suelen

tener un almacén de recambio sin control; de algunas cosas hay demasiado, y de otras quizás de más influencia, no hay en existencia, por lo tanto es caro y con un alto riesgo de falla. Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar ni rebajar costos.

La principal función de una gestión adecuada del mantenimiento, consiste en rebajar el correctivo hasta el nivel óptimo de rentabilidad para la empresa.

El correctivo no se puede eliminar en su totalidad, por lo tanto una gestión correcta extraerá conclusiones de cada parada e intentará realizar la reparación de manera definitiva, ya sea en el mismo momento o programado un paro para que esa falla no se repita.

Es importante tener en cuenta en el análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones el correctivo será el sistema más rentable.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Si el equipo está preparado, la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo de tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente y por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo. Será prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

Las desventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.
- Suele producirse una baja calidad en las reparaciones, debido a la rapidez en la intervención y a la prioridad de reponer, antes de llevar a cabo una reparación definitiva. Esto produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, debido a que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación, haciendo muy difícil romper con esta inercia.

3.4. Registro y control de programas

Las características tan diferentes de los diversos trabajos que el mantenimiento tiene que realizar, obligan a distintos niveles de programación:

- Primero: ya a nivel de presupuesto anual, se han de definir lo que se puede llamar, trabajos extraordinarios, los cuales tratan grandes reparaciones previstas en el presupuesto anual o paradas/revisiones programadas, ya sean de índole legal o técnicas. Se trata de una programación a largo plazo (1 año o más). El trabajo se puede cuantificar, prever medios necesarios, tiempo de ejecución e incluso se dispone de elementos de juicio para determinar la fecha de comienzo.

- Segundo: existe una programación a mediano plazo (semanal, mensual) en la que se puede prever:
 - Carga de mantenimiento preventivo, resultante de dividir la carga total anual en bloques homogéneos para cada período. Normalmente, esta programación suele hacerse semanalmente.
 - El resto lo constituye la carga de mantenimiento correctivo no urgente, que por tanto, debe ser cuantificado en horas y preparado adecuadamente para asegurar su duración y calidad.
- Tercero: es imprescindible realizar una programación diaria (corto plazo, turno o jornada) donde se desarrolla y concreta el programa anterior (semanal/mensual) y en el que se insertan los trabajos urgentes e imprevistos.

Para ellos, se estima un 20% de los recursos programables, aunque depende del tipo de trabajo, por ejemplo, los trabajos de albañilería y demás auxiliares que no deben pasar del 10%, mientras que en máquinas-herramientas suele llegar, incluso, al 50%.

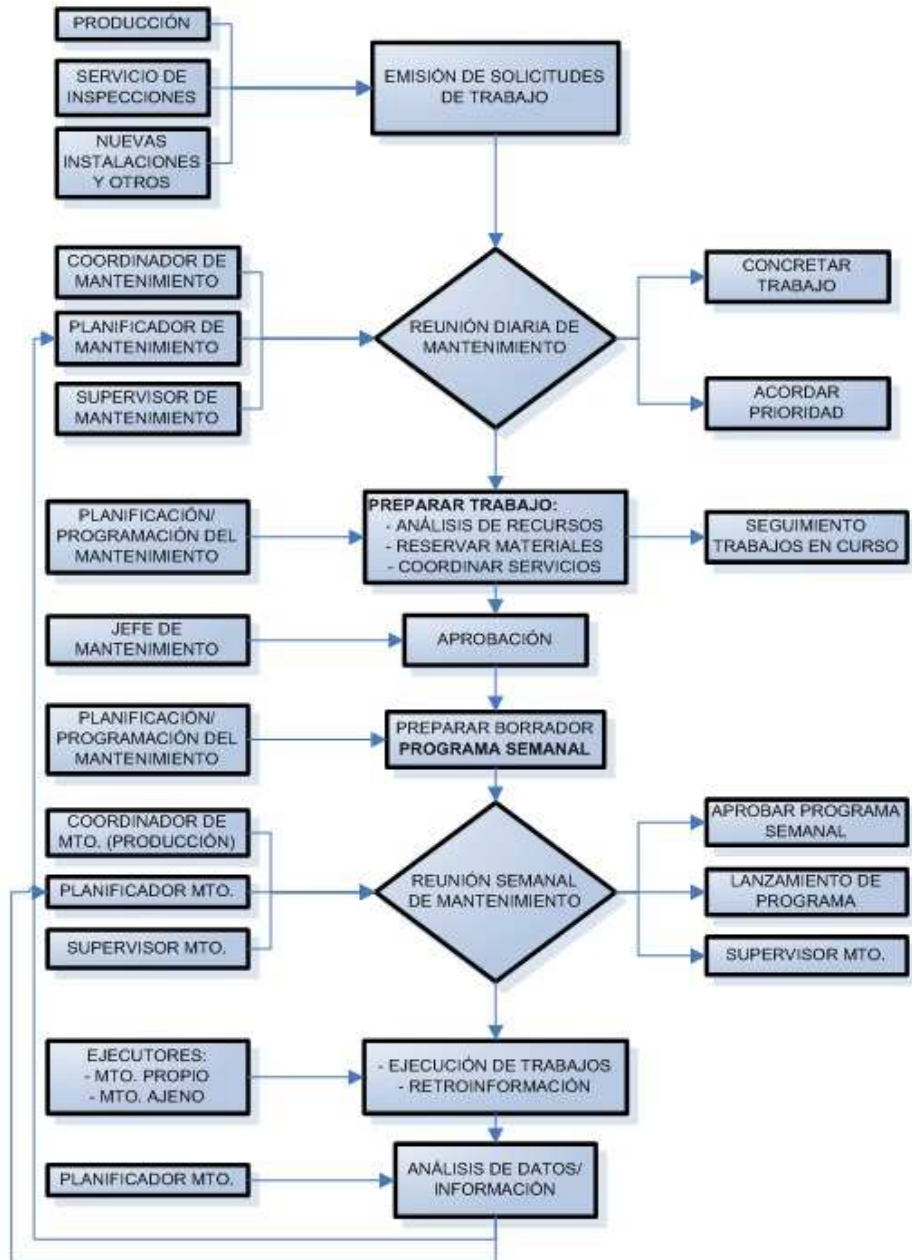
En cualquier caso, dada la variabilidad de los tiempos y la importancia en el logro de los objetivos de mantenimiento, es imprescindible para que funcione adecuadamente la programación, considerar los siguientes puntos:

- Una autoridad adecuada para tomar decisiones, para que éstas sean atendidas por el programador, y que al mismo tiempo vele por su cumplimiento.

- Disponer de información clara y adecuada, para facilitar la comunicación entre mantenimiento y fabricación, de manera que su transmisión se lleve a cabo de forma fluida.
- Seguir día a día la evolución de los trabajos y la carga pendiente, de manera que la planificación esté permanentemente actualizada y sea un documento de carácter vivo y eficaz.

Existen diversos modelos, los cuales se adaptan mejor o peor según el tipo de industria, producción, etc. Un modelo bastante general y que puede ser visualizado de manera sencilla adaptado muy bien a la realidad, es el representado en la figura 14.

Figura 14. Diagrama planificación/programación del trabajo



Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 72.

Existen programas mecanizados adaptados para la programación de grandes obras y/o proyectos, y otros específicos aplicables a trabajos de mantenimiento.

En cualquier caso, para que la programación sea fiable y eficaz, es preciso valorar los tiempos de las órdenes de trabajo, lo cual constituye una de las tareas más importantes de la preparación de trabajos.

3.4.1 Objetivos

El primer paso, previo antes de concretar cómo se van a gestionar los trabajos, es establecer la política de mantenimiento. La política o estrategia de mantenimiento consiste en definir los objetivos técnico-económicos del servicio, así como los métodos a implantar y los medios necesarios para alcanzarlos.

Una vez que se dispone de la información relevante sobre los equipos, su estado y los requerimientos de producción, se fijan los objetivos.

Los objetivos pueden ser muy variables, dependiendo del tipo de industria y su situación, e incluso pueden ser distintos para cada máquina o instalación. En cualquier caso, la definición de los objetivos no es válida si no se hace previo acuerdo con la dirección técnica y con producción. Algunos objetivos posibles son:

- Máxima disponibilidad, no importando el costo
- A un costo dado (fijando presupuesto)
- Asegurar un rendimiento, una producción
- Garantizar la seguridad
- Reducir las existencias de recambios

- Maximizar la productividad del personal
- Maximizar los trabajos programados, reduciendo las urgencias

3.4.2. Registros mínimos

Su objetivo es el de registrar la información necesaria para el conocimiento de cada equipo sujeto a acciones de mantenimiento. Dicha información, generalmente consta de: descripción del equipo, código asignado al equipo, costo, vida útil, fecha de arranque, datos sobre el fabricante, distribuidor y proveedor, así como su localización, características y especificaciones técnicas, el manejo y cuidado de observaciones tendientes a la prevención de fallas y la desagregación de cada subsistema del equipo hasta el nivel de elementos para facilitar su ubicación en caso de que se presenten fallas.

3.4.3. Ficha histórica

Después de intervenir cada equipo, se registra en la ficha historial del equipo la fecha, los servicios y reposiciones realizadas, los materiales usados, etc. Esta ficha también servirá para controlar la operación y calidad, y de igual forma, para modificar el programa de mantenimiento.

Estas fichas van referidas a:

- Intervenciones precisas de mantenimiento previstas y programadas
- Intervenciones referidas a sus componentes
- Históricos de diferentes intervenciones

3.4.4. Hoja de ruta

Es la denominación del procedimiento para mantener un objeto en mantenimiento. Existen los siguientes tipos de hoja de ruta:

- Para equipo
- Para ubicación técnica
- Instrucción de mantenimiento

La instrucción de mantenimiento no está enlazada con ningún objeto de mantenimiento en particular. Se puede utilizar como referencia al crear órdenes de mantenimiento y otras hojas de ruta para mantenimiento.

Una hoja de ruta para mantenimiento contiene operaciones que describen las etapas de trabajo individuales, y si se necesitan más detalles, las operaciones pueden subdividirse en suboperaciones. Además, se pueden asignar características de inspección maestras a las operaciones, o actualizar características de inspección planificadas para las mismas. Esto no es posible con las suboperaciones.

Las operaciones se pueden realizar secuencialmente, en paralelo o solapándolas entre sí. Su secuencia cronológica se define mediante relaciones. Las operaciones y suboperaciones se pueden procesar interna o externamente. Las actividades definidas para una operación externa se solicitan mediante órdenes. Los materiales y recursos de recambio que se necesitan para el trabajo de mantenimiento se pueden planificar en la operación.

3.4.5. Orden de tarea de mantenimiento

Es una orden de trabajo programada que se utiliza cada vez que los programas de mantenimiento indiquen la ejecución de una instrucción técnica. Este instrumento describe la acción a realizar sobre el equipo en cuestión, así como la fecha de realización, los materiales, repuestos, horas–hombre utilizados, y además indica el responsable de la ejecución.

Estos datos son utilizados cuando se evalúa el sistema para su retroalimentación, ya que los programas y planes pueden contener errores en cuanto a tiempo de ejecución, cantidad y tipo de personal y frecuencia de ejecución.

Con este procedimiento se pueden detectar fallas, ya que paralelamente a la ejecución de la acción programada, se produce la observación de otros subsistemas cercanos e interconectados al intervenido.

Funciona también como procedimiento de registro de información de costos y como mecanismo de control de ejecución de los programas.

3.5. Creación de los programas de mantenimiento preventivo

Es sencillo crear un programa de mantenimiento para un equipo o máquina determinada, pero hacerlo bien es muy difícil, ya que éste se trata de la descripción detallada de las tareas de mantenimiento preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.

Cuando se diseña un programa de mantenimiento preventivo, un experto tendrá en cuenta todos los defectos que podrían afectar a un sistema. Sobre la base de los programas de ordenador y simulación de ensayos de prototipos físicos, la investigación y el desarrollo de los profesionales acerca del registro de datos sobre cuándo y cómo un equipo debe mantenerse.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo, según Wireman (1990) permite incrementar la automatización, evita retrasos en producción, reducción de redundancia de equipos, reducción de inventario seguro, mayor vida del equipo, minimizar el consumo de energía, productos de alta calidad, la necesidad de mayor organización y proyección ambiental.

Los tipos de mantenimiento preventivo son: rutinario (lubricación, limpieza e inspección), reemplazos proactivos, remodelo planificado, mantenimiento predeterminado, mantenimiento basado en condiciones de ingeniería rehabilitada.

3.5.1. Manuales de servicio del fabricante

Quien conoce una máquina es su fabricante, por lo que es altamente aconsejable comenzar por localizar el manual de uso y mantenimiento original, y si no fuera posible, contactar con el fabricante por si dispone de alguno similar, aunque no sea del modelo exacto.

3.5.2. Registro de mantenimiento

En un registro de mantenimiento se escriben notas que proporcionan documentación sobre el mantenimiento de una determinada pieza de equipo.

Esta documentación puede ser útil para una variedad de diferentes empresas de una gran planta industrial como para un pequeño jardín de la empresa. Estos registros son especialmente útiles en la gestión de mantenimiento, ya que ayudan a las empresas a asegurar que su equipo se mantenga en buenas condiciones. Además, se brindará a las empresas una forma de gestionar y rastrear gastos de reparación y mantenimiento preventivo.

El uso de los registros de mantenimiento es especialmente importante en una fábrica, donde hay un gran número de costosas máquinas de uso diario. Éstos pueden ayudar a asegurarse de que cualquier tarea de mantenimiento de equipos o de la planta, se haya completado de manera que las operaciones de la planta se desarrollen sin problemas.

Por ejemplo, un registro de mantenimiento da un detalle de todas las reparaciones o el cuidado de servicios que pueden ser proporcionados a una máquina. Este registro ayuda a evitar accidentes o cierres de plantas derivadas de los equipos defectuosos.

Independientemente del tipo de negocio, la gestión de registro de mantenimiento puede ser importante por varias razones. Por ejemplo, un programa de mantenimiento puede ser muy valioso para ayudar a los técnicos de servicio con el diagnóstico de la maquinaria y equipo asistido.

Además, los buenos registros le permiten a los gerentes y empleados del departamento a asegurar que un equipo esté funcionando de acuerdo con todas las garantías del fabricante.

Estos registros también contribuyen a darle seguimiento cuando una pieza del equipo tiene que someterse a mantenimiento preventivo. Si una empresa recibe demanda en relación a una pieza defectuosa de los equipos, los registros de mantenimiento son fundamentales para respaldar los argumentos de la compañía.

Desarrollar un plan de registro de mantenimiento requiere que la empresa, en primer lugar, realice un inventario de todo su equipo. Cualquier tema que necesite ser inspeccionado periódicamente o reparado, como las máquinas, vehículos, herramientas y otros dispositivos, deben ser incluidos en esta lista, a los cuales se les asignará un número de seguimiento.

Después de que el inventario se ha completado, los registros de mantenimiento sólo deben actualizarse cada vez que el trabajo se realiza en una pieza del equipo. En general, los registros deben documentar el tipo de trabajo que se llevó a cabo y cuándo fue realizado, así como la información de quién hizo el trabajo.

Además, cuando las inspecciones o pruebas de los equipos se llevan a cabo, el registro de mantenimiento debe indicar si éstas, siguieron las directrices del fabricante y los procedimientos operativos de la empresa. Los gastos relativos a mano de obra y partes, también deben ser documentados, esto con el fin de ayudar a los departamentos con la previsión presupuestaria.

3.5.3. Personal de operación y/o mantenimiento

Para determinar el número de efectivos, debe analizarse cada caso en particular. Depende mucho del tipo de instalación, pero sobre todo de la política de mantenimiento establecida:

- Tipo de producción, distribución de instalaciones
- Estado de los equipos, grado de automatización
- Tipo de organización, formación del personal
- Tipo de mantenimiento deseado
- Disponibilidad de medios e instrumentos

La programación y preparación de programas es el único instrumento que ayuda a definir los recursos necesarios y necesidades de personal ajeno, lo que lleva a recursos humanos variables dependientes de la carga de trabajo.

Para determinar el número de supervisores, se tomará en cuenta que el jefe de equipo debe manejar entre un mínimo de 8 y un máximo de 20 operarios, influyendo en la asignación los siguientes factores:

- Tipo de especialidad
- Nivel de formación del personal
- Tipos de trabajos
- Distribución geográfica de los trabajos

La supervisión tiene un costo, el cual es justo considerarlo en la medida que permiten obtener trabajos bien hechos. Un exceso sería despilfarro, pero un defecto tendría repercusiones aún peores.

Además del personal de línea, o sea el personal operativo y supervisores, es necesario contar con personal de *staff* que se encargue de lo siguiente:

- La preparación de trabajos
- Confección de procedimientos de trabajo
- Prever el suministro de materiales y repuestos de *stock*
- Adjudicación de trabajos a subcontratos
- Establecer el tipo de mantenimiento más adecuado

La presión diaria impide ocupar al personal de línea de objetivos distintos, de garantizar el inmediato buen funcionamiento del equipo.

Para que este tipo de organización funcione bien, se deben respetar los siguientes principios:

- Separación clara de cometidos de personal de línea y de *staff*
- Frecuente intercambio de información entre ambos
- El personal de línea es responsable de los aspectos técnico y económico de los resultados.
- El personal de *staff* tiene una función de carácter consultivo: preparación y programación de trabajos, realizar informes técnicos, estudios y mejoras

Al jefe y supervisores les corresponde, entre sus funciones, la realización de gestión, para lo cual requieren de capacidad directiva.

Las funciones del equipo operativo son técnico-profesionales y requieren capacidad técnica.

Las funciones del *staff* son técnicas y administrativas y requieren capacidad técnica-administrativa en mayor grado y directiva en menor grado.

3.5.4. Edad, condición y valor del equipo

Analizar el tiempo que se ha utilizado un equipo o máquina y la condición actual en la que opera, es de suma importancia al momento de querer realizar un programa de mantenimiento, ya que es a partir de este análisis que se logrará implementar un programa que permita la reducción de los factores de desgaste, deterioros y roturas, garantizando así, que los equipos alcancen una mayor vida útil, y de esta forma maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles para la función del mantenimiento.

Es en este punto donde se debe analizar el valor actual del equipo y la conveniencia o no de continuar prestando el servicio de mantenimiento a una máquina que presenta problemas de funcionamiento, o bien buscar su reemplazo, analizando alternativas de compra-venta que beneficien a la empresa.

3.5.5. Requerimientos de seguridad

Referente al tema de la seguridad industrial, se puede decir que el objetivo más importante, desde el punto de vista humano, es garantizar con el mantenimiento la seguridad de operación de los equipos.

Para poder cumplir estos objetivos, es necesario realizar algunas funciones específicas a través del departamento de mantenimiento, tales como:

- Administrar al personal de mantenimiento
- Programar los trabajos de mantenimiento
- Establecer los mecanismos para retirar de la producción a los equipos que presentan altos costos de mantenimiento
- Proveer al personal de mantenimiento las herramientas adecuadas para sus funciones
- Mantener actualizada la lista de repuestos y lubricantes
- Adiestrar al personal de mantenimiento sobre los principios y normas de seguridad industrial
- Disponer adecuadamente de los desperdicios y del material recuperable

En Guatemala, todo lo referente a este tema, está normado por el Código de Trabajo, algunos artículos que hacen hincapié en este tema son:

Artículo 60 del Capítulo cuatro: el reglamento interior de trabajo debe comprender las reglas de orden técnico y administrativo necesarias para la buena marcha de la empresa; relativas a la higiene y seguridad en las labores, como indicaciones para evitar que se realicen riesgos profesionales e instrucciones para prestar los primeros auxilios en caso de accidente y, en

general, todas aquellas otras que se estimen necesarias para la conservación de la disciplina y el buen cuidado de los bienes de la empresa.

Así como todos los artículos comprendidos en el Título quinto, Higiene y Seguridad en el Trabajo, del artículo 197 al 205.

3.5.6. Probabilidad de desgaste excesivo

Se puede afirmar que el desgaste es la pérdida de material y dimensional, ocasionada por la fricción.

Generalmente, la calidad de la producción cae debido al desgaste progresivo de los equipos; mediante el análisis de partículas presentes en el aceite, se puede determinar dónde está ocurriendo un desgaste excesivo, como también, por el espesor de las paredes para el caso de los tanques. Las vibraciones son un buen indicador para determinar el estado de los rodamientos y desalineamiento de los equipos, así como las altas temperaturas, etc.

Como un complemento, y buscando menores costos de mantenimiento, se deben realizar análisis de laboratorio para detectar partículas de desgaste y otros contaminantes en el aceite, así como buscar reemplazar algunos lubricantes que brindan mayores ahorros de energía.

3.5.7. Susceptibilidad a desajuste

La vibración excitada por desajuste mecánico o soltura, es una de las mayores causas de problemas en el funcionamiento, que se amplifica cuanto más alta sea la velocidad de operación.

La frecuencia de rotación del eje o parte floja, determina la frecuencia de la vibración, y por lo tanto la causa del defecto. La dirección de la vibración identifica la pieza suelta.

Normalmente el desajuste da lugar a la presencia de mayores vibraciones de las que habría en otras condiciones; cualquier desequilibrio dinámico de pequeñas proporciones origina vibraciones intensas, cuya onda es de forma irregular, pues es la resultante de dos frecuencias, una con el valor equivalente a la velocidad de rotación y otra con el doble de ese valor.

3.5.8. Capacitación

La formación es una herramienta clave para mejorar la eficacia del servicio. Las razones de la anterior afirmación son, en síntesis, las siguientes:

- Evolución de las tecnologías
- Técnicas avanzadas de análisis y diagnóstico
- Escaso conocimiento específico del personal técnico de nuevo ingreso

La formación debe tener un carácter de extensión interdisciplinar y continuidad. Se materializa mediante cursos planeados y un programa anual de formación.

El adiestramiento o desarrollo de habilidades, por el contrario, tiene fines exclusivamente técnicos y se consigue mediante los siguientes aspectos:

- Indicaciones diarias de supervisores o adiestramiento continuo.

- La influencia que realiza el operario experto sobre su ayudante a través del propio trabajo.
- Cursos periódicos en escuelas profesionales.

En definitiva, mientras el adiestramiento busca fines técnicos exclusivamente, la formación trata de provocar un cambio y de concienciar sobre la existencia de problemas.

Nunca se insistirá suficientemente sobre la importancia y necesidad de disponer de un plan anual de formación, justificado, presupuestado y programado, como medio para mejorar la eficiencia y la satisfacción del personal.

El clima laboral es un factor muy importante para los operarios, por lo que es importante incluir este tema en la capacitación.

El mantenimiento productivo total (TPM), es una filosofía de mantenimiento que enfatiza la importancia de implicar al operario en la fiabilidad de la máquina. El TPM crea un entorno que estimula esa clase de compromiso.

La creciente automatización y el uso de equipos de tecnología avanzada, requieren conocimientos que están más allá de la competencia del supervisor o trabajador de mantenimiento medios. Esta situación ha obligado a evolucionar, desde una concepción del mantenimiento clásico que se limitaba a reparar, o adicionalmente, a prevenir averías hacia un concepto en que el mantenimiento debe involucrarse en otras tareas como las siguientes:

- Evaluaciones de la instalación, incluyendo aspectos de fiabilidad, mantenibilidad y operabilidad.
- Modificaciones para eliminar problemas crónicos.
- Restauraciones para que la efectividad del equipo se mantenga intacta durante todo su ciclo de vida.

En este sentido el TPM surge durante los 60 en Japón y se va extendiendo desde entonces por todo el mundo, no sólo en la industria del automóvil donde nació, sino a todo tipo de industrias, desde las manufactureras, hasta las de procesos.

La razón de su éxito es que garantiza resultados drásticos, transforma visiblemente los lugares de trabajo y eleva el nivel de conocimientos y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento.

Se pueden resumir en tres los objetivos del TPM:

- Maximizar la efectividad y productividad del equipo.
- Crear un sentimiento de propiedad en los operarios a través de la formación e implicación.
- Promover la mejora continua a través de actividades de pequeños grupos que incluyen a personal de producción, ingeniería y mantenimiento.

Para maximizar la efectividad de los equipos de producción, el TPM trata de eliminar las principales pérdidas de las plantas como:

- Las ocasionadas por tiempos de parada, ya sean programadas, por averías o por cambios de útiles (ajustes de la producción).
- Pérdidas de producción, ya sean por operaciones anormales (bajo rendimiento del proceso) o normales (pérdidas de producción al parar o poner en marcha).
- Pérdidas por defectos de calidad en la producción.
- Pérdidas por reprocesamientos.

La implantación del TPM supone desarrollar sistemáticamente un proceso estructurado en doce pasos en los que, para eliminar las causas de pérdidas, se debe cambiar primero la actitud del personal e incrementar sus capacidades. De ahí que los aspectos más relevantes del TPM sean:

- La formación y el adiestramiento del personal en técnicas de operación, mantenimiento y de gestión. La mejora de la formación de los operarios influye no sólo en los resultados de la empresa sino que aumenta la satisfacción de las personas y el orgullo por el trabajo
- El Mantenimiento autónomo, realizado por operarios de producción, trata de eliminar las barreras entre producción y mantenimiento, de manera que integren sus esfuerzos hasta llegar a ser las dos caras de una misma moneda:
 - El departamento de producción, al estar en contacto más íntimo con la maquinaria, es el que puede evitar el rápido deterioro de los equipos y herramientas, eliminando fugas, derrames, obstrucciones y todo lo que

se puede detectar con una inspección, también limpieza exhaustiva, o que se pueda eliminar con medios simples a su alcance

- El departamento de mantenimiento no se limitará sólo a la tarea de realizar reparaciones, sino además, aplicarán técnicas especializadas de mantenimiento, de modo que aseguren procedimientos eficaces que logren un aumento en la confianza de los operadores

3.6. Análisis de costo-beneficio

Para calcular el análisis costo beneficio, se debieron establecer los ingresos y los gastos que ocasionarían la implementación del programa de mantenimiento en la máquina.

Los costos en mantenimiento son los que se van constatando en la realidad, con la marcha de las instalaciones y del funcionamiento real del servicio.

En un entorno cada vez más competitivo, el control de los costos de mantenimiento han adquirido más importancia. Éstos pueden ser:

- Directos
- Indirectos

Los costos directos o de mantenimiento están compuestos por la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento.

Los costos indirectos o de avería son los derivados de la falta de disponibilidad o del deterioro de las funciones de los equipos. Éstos no suelen

ser objeto de una partida contable, tal como se aplica a los costos directos, pero su volumen puede ser incluso superior a los directos. A modo de ejemplo formarían parte de esta partida los siguientes:

- La repercusión económica por pérdida de producción a causa de un paro, falta de disponibilidad o deterioro de la función y los costos de falta de calidad.
- Las penalizaciones por retrasos en la entrega.
- Los costos extraordinarios para paliar fallos en equipos productivos: horas extraordinarias, reparaciones provisionales, entre otros.
- Los efectos sobre la seguridad de las personas e instalaciones, así como los efectos medioambientales provocados por los fallos.

El costo integral de mantenimiento tiene en cuenta todos los factores relacionados con una avería, y no sólo los directamente relacionados con mantenimiento. Está formado por la suma de los costos directos más los indirectos.

El costo global, o del ciclo de vida de un equipo, incluye todos los costos en que se incurre a lo largo de toda la vida del equipo, entre los que se encuentran el directo de mantenimiento.

Es importante resaltar la gestión del costo global de los equipos (*life cycle cost* de los anglosajones), y no sólo en los costos de mantenimiento.

Sin embargo, en la práctica esto llevará a un deterioro progresivo de los equipos, y en última instancia, consecuencias de costos por fallos muy superiores a los ahorros conseguidos inicialmente.

A referirse al costo del ciclo de vida de un equipo debe incluirse:

- El costo de adquisición: A.
- Los gastos de su utilización, que a su vez incluyen:
 - Los costos de funcionamiento: F (materia prima, energía, etc.)
 - Los costos de mantenimiento: M
- El valor residual del equipo, r (si lo tuviera)

Todos referidos a la vida completa del equipo y expresados en dinero constante, a fin de que sus importes acumulados queden bien definidos. El costo global C vendrá dado por la siguiente expresión:

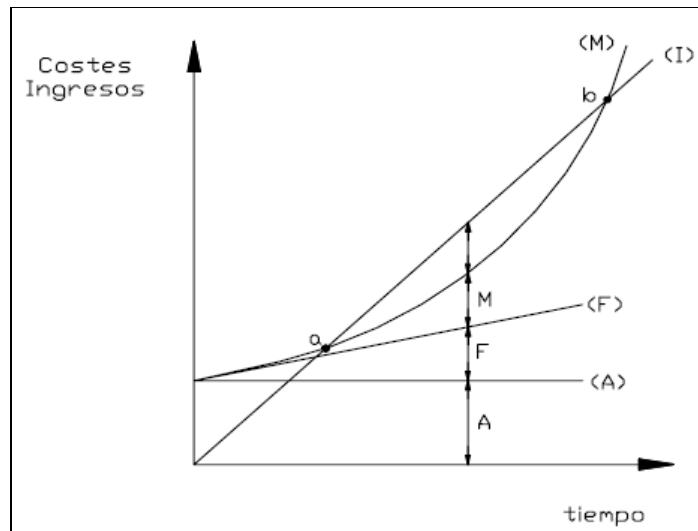
$$C = A + F + M + r$$

Si el ingreso acumulado aportado por el equipo es I, el resultado de explotación es:

$$R = I - C = I - (A + F + M + r)$$

Al prescindir de r, la representación gráfica del resto de magnitudes expresan que, en términos muy generales, R es positivo entre a y b:

Figura 15. **Análisis costo beneficio**

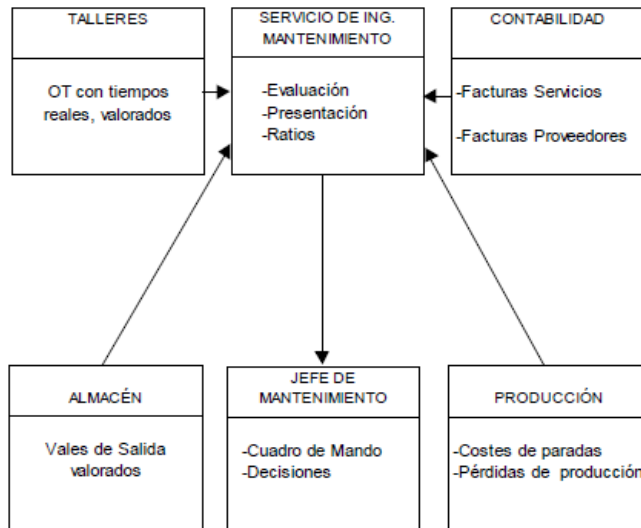


Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 53.

Antes de llegar al punto a (tiempo de retorno de la inversión) la operación no es rentable, pues los gastos superan los ingresos. A partir de b vuelve a presentarse la misma situación por el incremento exponencial que experimentan los costos de mantenimiento, cuando se ha agotado la vida útil del equipo.

Los costos son recogidos día a día en los documentos internos (OT, vale de salida de almacén, certificación de trabajos); su presentación en forma de índices permite tener un cuadro de mando para la gestión; ver figura 16.

Figura 16. Cuadro de mando



Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 54.

Por otro lado se tiene el control de gestión económica, ya que es muy importante disponer de un seguimiento de los costos reales; su comparación con los presupuestados para cada cuenta de cargo y analizar las causas de las desviaciones. Al menos, mensualmente, se debe hacer este seguimiento con el objetivo de tomar medidas, para evitar y corregir las desviaciones.

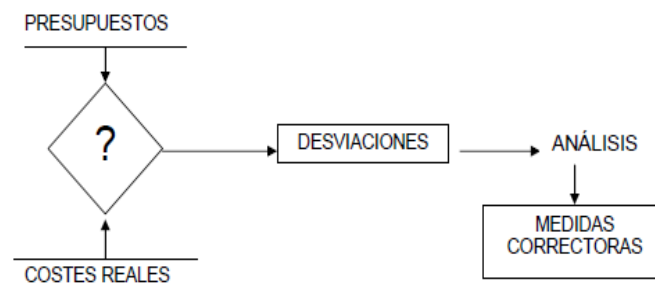
La codificación de máquinas y actividades debe permitir tener clasificados los costos reales imputados, según se presupuestaron en la forma siguiente:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo (preventivo condicional)
- Mejoras técnicas

- Mano de obra propia
- Mano de obra ajena
- Materiales
- Repuestos específicos

La comparación con las respectivas masas presupuestadas, constituyen uno de los elementos más importantes del cuadro de mando.

Figura 17. **Comparación de masas presupuestadas**



Fuente: MANES, Fernando. Técnicas de mantenimiento industrial, p. 60.

Además de la distribución de los costes reales, desviaciones por tipos de mantenimiento y por concepto de costo, se utilizan los siguientes ratios de control:

- Costo total mantenimiento/ producción
- Costo total mantenimiento/valor reposición de la planta (2-10%, s/tipos)
- Costo total mantenimiento/facturación (1 - 9,8% s/tipos)
- Costo total mantenimiento/beneficios (61,8 - 87'5% s/tipos)
- Costo medio por averías
- Costo medio por tipos de equipos

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1. Organización de las actividades

La organización de las actividades es fundamental para el buen desarrollo de las actividades y los procesos que se realicen, con la ayuda de registros y controles, se facilitará darle un seguimiento ordenado a la secuencia de las mismas.

4.1.1. Órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo describirán la acción a realizar sobre un generador de energía eléctrica de emergencia Cummins Onan modelo KTA38-GI, así como el lugar y la fecha en que fue realizado el mantenimiento, los materiales utilizados, los repuestos que en dado caso fueran necesarios, el tiempo utilizado durante el mantenimiento y el nombre del responsable de la ejecución.

4.1.1.1. Formato de orden de trabajo

El formato de las órdenes de trabajo, tanto semanales como mensuales, son hojas en las que se incluyen los datos técnicos requeridos sobre el generador durante la revisión y el mantenimiento, incluyendo el nombre del factor a revisar, cambiar y/o limpiar y un espacio para indicar las observaciones. Ver tablas IV y V.

Los datos técnicos requeridos sobre el generador durante la revisión y mantenimiento serán:

- Tensión (V)
- Corriente (A)
- Capacidad (Kw)
- Roles, lubricación
- Factor de potencia
- Velocidad, R.P.M.
- Cargador de baterías
- Nivel de aceite
- Nivel de agua de batería
- Temperatura del agua
- Voltios del alternador
- Nivel de combustible
- Contador de agua
- Nivel de agua al radiador
- Presión de aceite
- Voltios de batería
- Voltios de generador
- Máximo amperaje (Carga)
- Capacidad del tanque de combustible

Tabla IV. Formato de órdenes de trabajo

ORDEN PARA TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - SEMANAL

Banco de Guatemala Fecha de recepción: 28/02/09
 Departamento de mantenimiento No. de orden: 3556

Nombre del encargado de mantenimiento: Benjamín Calderón

Planta Eléctrica **Generador:**
 Modelo: KTA-38GI Marca: Cummins Onan
 Motor serie: 33122347 Serie: I920485812
 H.P.: 1135 R.P.M.: 1800 Capacidad: 750 KW
 Total horas de trabajo: 445.0 Horas trabajadas/ última vez: 2

Factor a revisar	Hora de revisión		
	6:00	11:00	16:00
Revisión visual alrededor de la máquina	OK		
Corriente	OK		
Tensión	OK		
Frecuencia	60 HZ		60 HZ
Temperatura del agua	175°F		175°F
Presión de aceite	75 psi	75 psi	75 psi
Revoluciones	1800		
Carga de batería	26VPC		26VPC
Temperatura de aceite	OK	OK	OK
Presión de combustible	OK		
Máximo amperaje (carga)	OK		
Capacidad tanque de gasolina en galones	150		

Observaciones: se realizaron pruebas quedando todo normal, se deja el programa semanal de arranque para el día jueves, iniciando a las 7am y finalizando a las 7:15am.

No. Fallos: ninguno **Firma Supervisor**

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.2. Instrucciones de las órdenes de trabajo

- Semanal

Las órdenes de trabajo con este formato incluirán la fecha, el número de orden y el nombre del mecánico encargado de realizar el mantenimiento.

Cada una incluye datos técnicos de la planta eléctrica y del generador, datos como se muestra en la figura 18.

Figura 18. **Datos técnicos**

Planta eléctrica	Generador
a. Modelo	a. Marca
b. Serie del Motor	b. Serie
c. H.P.	c. Capacidad
d. R.P.M.	d. Horas trabajadas desde la última vez
e. Total de horas de trabajo	

Fuente: elaboración propia

Estas órdenes indican la hora en que debe realizarse la inspección del equipo y los rangos normales de operación del mismo, para que el encargado pueda tener una referencia sobre el funcionamiento del equipo en dichas horas.

Las casillas en la hoja, correspondientes a cada factor tomado en cuenta, se llenarán con la palabra *ok* en los casos que la lectura se encuentre entre los rangos de funcionamiento normal establecidos en el manual del fabricante, de lo contrario, se rellenará la casilla con una letra *X* indicando un fallo o desajuste en el funcionamiento del equipo.

En las observaciones, el mecánico encargado deberá hacer apuntes que indiquen las lecturas de las medidas que no cumplieron con los parámetros, las acciones que se tomaron, y si fuese necesario, los repuestos que éste pudo necesitar para la reparación del fallo, indicando esto al supervisor del departamento de mantenimiento.

En el caso de necesitar repuestos, el encargado deberá llenar la siguiente forma, como constancia de requisición a la bodega de materiales, repuestos y lubricantes. Ver tabla VI.

Tabla VI. **Forma para requisiciones de materiales**

REQUISICIÓN DE MATERIALES				
Banco de Guatemala				
Departamento de mantenimiento				
MANTENIMIENTO DE GENERADOR			REQ. No.	002356
BODEGA DE MATERIALES, REPUESTOS Y LUBRICANTES			FECHA	07/03/2009
			ENTREGÓ	Héctor Gil
			RECIBIÓ	Oswaldo Maeda
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LOTE	EXISTENCIA
07-125	Filtro de aceite	6	05-J08	12 unidades
07-126	Filtro de combustible	2	20-L08	6 unidades
05-022	Manguera Norflex	1	24-C09	25 pares
03-016	Grasas y lubricantes	1 galón	18-E08	---
01-005	Tornillos	12	05-A09	---
_____			_____	
ENTREGÓ			RECIBIÓ	

Fuente: elaboración propia.

El código de cada ítem será proporcionado por el encargado de bodega, en el caso de que el mecánico lo desconozca o lo olvide.

Al finalizar el día, se deberá llevar la orden de trabajo con el supervisor del departamento de mantenimiento, para que este dé el visto bueno sobre el trabajo realizado y de esta manera poder archivar la orden de trabajo en el registro histórico de mantenimiento del generador.

- Mensual

Esta forma de orden de trabajo tiene las mismas especificaciones que la hoja para el mantenimiento semanal, la única diferencia son los elementos que se revisarán, limpiarán y/o cambiarán.

Para los 2 formatos de hojas de trabajo, en el caso de la utilización de repuestos, materiales y lubricantes, es estrictamente obligatorio indicar qué repuestos, materiales y lubricantes fueron utilizados, ya que esto servirá para llevar un control óptimo del *stock* en bodega.

- Semestral

Esta es una revisión completa al generador, en la que no se pretende detectar fallos, sino realizar un servicio mayor, en el que se cambie el aceite, los 4 filtros de agua, los 2 de combustible y los 6 de aceite; se revisan y se cambian los empaques y engranes desgastados, todas las mangueras Norflex y el cableado eléctrico que sea necesario reponer; calibrar todas las piezas y limpiar el generador por completo; se programan para la primer semana de enero y la segunda de junio, este servicio se deberá realizar en paro.

4.1.1.3. Órdenes de trabajo programadas

Entre las programadas se considerarán todas las órdenes de trabajo, ya que éstas tienen un horario y día específico en el que deberán ser cumplidas.

Las órdenes de trabajo semanal serán llevadas a cabo los días lunes de cada semana del año, en horario establecido por el departamento de mantenimiento y de preferencia antes de las 7:00 a.m.

Las órdenes mensuales serán llevadas a cabo cada treinta días durante todo el año, en horario establecido por el departamento de mantenimiento y de preferencia primer sábado de cada mes.

Las órdenes semestrales serán llevadas a cabo en la primera semana de enero y julio, en el día y la hora establecida por el departamento de mantenimiento en la calendarización de órdenes de trabajo.

4.1.1.4. Calendarización de las órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo se efectúan semanal y mensualmente, se programan por mes, indicando las fechas en que se llevarán a cabo y el nombre de los equipos encargados de realizarlo.

Se manejarán turnos rotativos, asignándose una semana diferente a cada mecánico, esto para las órdenes semanales.

En el caso de las órdenes mensuales, el departamento de mantenimiento asignará a dos mecánicos y sus respectivos ayudantes para que realicen el mantenimiento, asignando en cada grupo un coordinador, quien aparecerá como encargado en la hoja de programación.

En caso de que uno de ellos no se presente, se deberá informar inmediatamente al Supervisor de mantenimiento, para que se la tome acción correspondiente sobre dicha falta y así cumplir con el calendario propuesto.

A continuación se muestra el ejemplo del cronograma de las órdenes de trabajo del mes de enero del 2010, a realizarse desde el 01 de enero hasta el 31 del mismo mes. Ver tabla VII.

Tabla VII. **Calendario de trabajos de mantenimiento enero 2010**

CALENDARIZACIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO			MES DE ENERO 2010	
MANTENIMIENTO SEMANAL			MANTENIMIENTO QUINCENA	
Del	Al	Nombre encargado	Fecha	Nombre encargado
27/12/2009	02/01/2010	Benjamín Calderón	31/01/2010	Oswaldo Maesda junto con su equipo de trabajo ya asignado
03/01/2010	09/01/2010	Luis Cifuentes		
10/01/2010	16/01/2010	Benjamín Calderón		
17/01/2010	23/01/2010	Hugo Pirique		
24/01/2010	30/01/2010	Luis Cifuentes		

F. _____ Jefe

F. _____ Supervisor

Esta hoja deberá completarse a computadora, luego ser impresa y archivada en el folder llamado Historial de ordenes de trabajo, que se encuentra en la oficina del Jefe del Departamento de Mantenimiento.



Fuente: elaboración propia.

Esta hoja deberá completarse a computadora, luego ser impresa y archivada en el folder llamado Historial de órdenes de trabajo, que se encuentra en la oficina del Jefe del Departamento de Mantenimiento.

4.1.1.5. Hojas de recorrido e inspección

La hoja de recorrido e inspección es un documento que pertenece al Supervisor del departamento de mantenimiento, de éstas existen varias formas, para este caso en particular, se hará referencia a la que se utiliza para llevar el control de las operaciones de trabajo que se realizan sobre el generador eléctrico.

Esta hoja tendrá el registro de las que órdenes que se cumplen y las que no, si ese fuera el caso, también los nombres de las personas que realizan el trabajo y las actividades que cumplen con las expectativas, por lo que éste se ve en la obligación de estar presente al momento en que se efectúan los trabajos de mantenimiento al generador, al menos un tiempo.

A continuación se muestran en la tabla VIII, un ejemplo de la hoja de recorrido e inspección, el tamaño real es de una hoja tamaño carta e incluye más casillas.

Tabla VIII. **Hoja de recorrido e inspección**

HOJA DE RECORRIDO E INSPECCIÓN				
			No. Hoja: _____	001520
Nombre Supervisor: _____		Adán López		
Fecha	Semanal	Mensual	Hora	Encargado
28/02/2009	✓		07:00	Benjamín Calderón
07/03/2009		✓	06:00	Oswaldo Maeda
14/03/2009	✓		07:00	Luis Cifuentes
21/03/2009	✓		07:00	Hugo Pirique
31/03/2009		✓	06:00	Oswaldo Maeda
11/04/2009	✓		07:00	Benjamín Calderón

<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p>Adán López Supervisor</p>	<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p>Gustavo Chávez Jefe Mantenimiento</p>
--	--

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.6. Órdenes de trabajo no programadas

Todas las operaciones de trabajo no programadas, se llaman fallas de emergencia, éstas son causadas por factores exógenos al sistema del generador eléctrico, es decir, sobrecargas, incendios, accidentes, entre otros.

Una vez suscitado este evento inoportuno, el personal del departamento de mantenimiento se verá en la obligación de atender inmediatamente la emergencia, proporcionando las revisiones, cambios, lubricaciones, etc., que la situación amerite, sin importar el día y la hora.

Las órdenes de trabajo utilizadas serán las mismas que en las diarias, semanales y quincenales, se llenarán de la misma manera, especificando en las observaciones el por qué ésta estará fuera de las fechas y horas programadas.

El supervisor la archivará igual que las demás, pero estos fallos no se promediarán con los demás del año, ya que éstos son datos atípicos que sólo desviarán los resultados del año de mantenimiento, alejándolos de la realidad, ya que estos hechos no ocurren con la misma frecuencia.

El jefe de mantenimiento gestionará la compra de aquellos accesorios que sean necesarios para la reparación de estas fallas, ya que hay algunos que no mantienen en *stock*, debido a que su horizonte de vida útil es amplio.

4.1.1.7. Seguimiento de órdenes de trabajo

Toda orden de trabajo será revisada y archivada por el Supervisor del departamento de mantenimiento, ya que de esta manera se logra tener una idea de cuántas veces hay fallos en el generador al año.

Éste deberá hacer una base de datos con todas las órdenes de trabajo que se autorizaron y que se realizaron, remarcando aquellas fechas en las que hubo fallos.

El Supervisor deberá pasar estos datos al Jefe de mantenimiento para que éste realice las estimaciones correspondientes y así ayudarse con la realización del gasto por concepto de materiales, repuestos, combustible y lubricantes para el año siguiente, esto sólo será un estimado.

A continuación se muestra en la tabla IX, una hoja de reporte de fallos en un año.

Tabla IX. Hoja de reporte de fallos por año

REPORTE DE FALLOS POR AÑO				
Banco de Guatemala Departamento de mantenimiento		No. Hoja: <u>F-00105</u>		
Nombre Supervisor: <u>Adán López</u>				
Fecha		No. Fallos	Encargado	Observación
Mes	Día			
Enero	17/01/2009	1	Hugo Pirique	Fluctuación atípica del nivel de aceite
Abril	15/04/2009	1	Luis Cifuentes	Orden no programada, cable quemado
Julio	25/07/2009	2	Hugo Pirique	Mangueras Norflex
Noviembre	12/11/2009	1	Benjamín Calderón	Derrame en filtro de combustible
Número de fallos normales en el año: <u>4</u>				
Número de fallos anormales en el año: <u>1</u>				
Supervisor			Jefe Mantenimiento	

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Manejo de personal y materiales

La manera en que se efectuarán los trabajos de mantenimiento y los diferentes procedimientos, seguirán los mecanismos propuestos por los manuales del fabricante, y los que fueran aprobados por la jefatura del departamento de mantenimiento en conjunto con la gerencia, mismos que han sido adquiridos del proveedor y de las distintas capacitaciones a las que han sido sometidos los mecánicos y personal de mantenimiento.

El equipo de trabajo del departamento de mantenimiento que se encarga del generador, está compuesto por tres mecánicos, éstos cuentan con dos ayudantes cada uno, los ayudantes sólo acompañan a los mecánicos durante las revisiones semanales y quincenales, ya que para la revisión diaria no es necesario hacer cambios que requieran ayuda, a menos que la situación lo amerite, el mecánico encargado deberá notificar el fallo y solicitar ayuda, uno de los ayudantes deberá ser un electricista industrial, y el otro un mecánico general.

A cada mecánico diesel se le asigna una semana diferente en el mes para que realice la rutina de inspección diaria, llenando la orden de trabajo diaria.

Cada uno contará con las herramientas y equipo que se describen a continuación:

- Alicates de corte
- Alicates de punta redonda, punta de cigüeña y planos
- Taladro y brocas
- Multímetro
- Calculadora
- Cinta métrica
- Destornilladores
- Escuadras
- Llaves inglesas
- Numeradores
- Pela cables
- Pie de rey

- Pinzas
- Regla
- Sierra manual
- Tijeras
- Lapiceros y lápices
- Linterna
- Brocha
- Desengrasante y limpiadores
- Abrazaderas
- Aislantes térmicos y eléctricos
- Bornes y regletas
- Cable de cobre aislado
- Cable de cobre desnudo
- Cables descargadores de corriente a tierra
- Componentes analógicos y digitales
- Enchufes
- Estaño
- Fusibles
- Interruptores
- Pasta de soldar
- Perfiles ranurados
- Placas de circuito impreso
- Pulsadores
- Radiadores
- Señalizadores
- Soportes aislantes
- Tornillería

Una vez equipado el grupo de trabajo y generada la orden para laborar, se procederá de la siguiente forma:

- El jefe del departamento de mantenimiento entregará las órdenes de trabajo autorizadas y previamente calendarizadas al supervisor de mantenimiento, para que éste las entregue a los encargados de realizar el trabajo.
- Se prepararán las herramientas, equipo, refacciones y materiales necesarios para proporcionar el mantenimiento y las rutinas de inspección diaria.
- Los encargados deben presentarse al área donde se encuentra el generador a la hora en punto que se planteó.
- Deberán llenar la hoja de orden de trabajo que se les asignó con la información que se solicita, y que no puede ser proporcionada sin haber realizado aún la actividad.
- En el caso diario, realizar la inspección y si fuera el hecho en que se presenta un fallo, y la necesidad de realizar algún tipo de cambio o reparación rigurosa, notificar al supervisor para que éste autorice las acciones a tomar en dicho caso, en otras palabras, para se tomen acciones de mantenimiento correctivo.
- En el caso semanal y quincenal realizar las limpiezas, revisiones, cambios y lubricaciones requeridas, y aquellas partes que lo requieran, deberán ser llevadas al taller de mantenimiento.

- Detallar en la casilla de observaciones sólo aquello que sea relevante.
- Al terminar el trabajo, los encargados deberán dejarla limpia y sus herramientas ordenadas, luego llevar la orden de trabajo con el supervisor, quien deberá dar el visto bueno sobre el trabajo efectuado y luego firmar la orden.

Para solicitar materiales, lubricantes y repuestos los encargados deberán llenar la forma requisición de materiales.

4.2. Propuesta de manual de seguridad e higiene en el trabajo

El objetivo de este manual es ser un conjunto de objetivos, acciones y metodologías establecidas para prevenir y controlar los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, evitando así eventos no deseados, mantener las operaciones eficientes y productivas, llevar una coordinación y orden de las actividades de la empresa.

Los programas de seguridad industrial para la institución son fundamentales, debido a que éstos permiten usar una serie de actividades planeadas que sirvan para crear un ambiente y actitudes psicológicas que promuevan la seguridad.

Es necesario que esté orientado a garantizar condiciones personales y materiales de trabajo capaces de mantener cierto nivel de salud de los trabajadores, como también desarrollar conciencia sobre la identificación de riesgos, prevención de accidentes y enfermedades profesionales en cada perspectiva de trabajo.

4.2.1. Normas generales de seguridad industrial

Las normas de seguridad están orientadas a informar las reglas básicas de seguridad por medio de las cuales, tanto los trabajadores como los supervisores, pueden coordinar sus esfuerzos comunes hacia la prevención de accidentes. Existen normas específicas aplicables a las diversas actividades y trabajos, entre las cuales están las siguientes:

- Prohibido fumar
- Obligación de suministrar equipo protector
- Uso obligatorio de equipo protector
- La obligación de observar y respetar todo letrero de seguridad
- Uso de los aparatos y resguardos de seguridad
- Uso de maquinarias, herramientas y equipos con previa autorización
- Orden y aseo en el lugar de trabajo
- Obligación de informar sobre toda lesión o daño a la propiedad
- Uso de ropa adecuada
- Prohibido el desorden en el área de trabajo
- Medidas de seguridad

Se tomarán medidas disciplinarias por la infracción de las normas de seguridad y la medida se aplicará según la gravedad de la infracción y lo establecido en el reglamento de administración de personal de la institución.

Es recomendable, que se informe al supervisor del departamento de mantenimiento lo antes posible sobre cualquier condición o práctica peligrosa para la salud, o para la seguridad de cada mecánico o ayudante que se observe en su trabajo.

4.2.1.1. Cuidado de los equipos

La instalación de aparatos y resguardos en los aparatos, eléctricos y mecánicos, tiene como fin proteger al personal operativo contra golpes y lesiones. Por lo que se prohíbe remover o maltratar los resguardos de cada máquina.

También queda prohibido utilizar cualquier aparato cuyo resguardo no funcione correctamente, tampoco se utilizarán maquinarias, herramientas y/o equipos sin la capacitación debida y autorización previa del supervisor o del jefe de mantenimiento.

Cada trabajador tiene la obligación de mantener el lugar donde trabaja ordenado y limpio, por otra parte deberá dar aviso inmediatamente al supervisor o jefe sobre todo daño sufrido por pequeño que sea y así, éstos obtendrán los primeros auxilios inmediatamente.

4.2.1.2. Inflamabilidad en tanques de combustible

Al limpiar los tanques de combustible para repararlos o darles mantenimiento se debe actuar con mucha precaución. Tomar medidas de seguridad para evitar la inflamación de vapores, o impedir que el personal encargado de dar el mantenimiento pueda inhalar vapores tóxicos y tengan una deficiencia de oxígeno en el lugar de trabajo.

Las personas encargadas de realizar trabajos en tanques deben conocer perfectamente los riesgos de incendio y exposición, y los procedimientos necesarios para realizar las operaciones con la debida seguridad.

El método elegido para realizar con seguridad los trabajos en el tanque depende de varios factores, tales como: las características del líquido, dimensiones del tanque, inflamabilidad y reactividad de los residuos y el tipo de trabajo a realizar.

Por lo anterior, se proponen 3 puntos importantes que pueden aplicarse durante el mantenimiento de éstos:

- Eliminación de vapores inflamables por desplazamiento o sustitución, este método también es conocido como purgado, el cual puede realizarse de varias formas:
 - Desplazamiento con agua: si se sabe que el líquido inflamable contenido con anterioridad puede desplazarse fácilmente mediante agua, o es soluble en ella, es posible eliminarlo por completo llenando y vaciando varias veces el tanque con agua. Hay que repetir las maniobras varias veces hasta que las pruebas con un explosímetro indiquen que han desaparecido los vapores.
 - Desplazamiento con aire: muchas veces se pueden eliminar los vapores inflamables purgándolos con aire mediante dispositivos tipo venturi, con ventilación de baja presión que mantengan una atmósfera segura a través de una ventilación continua. Los dispositivos para expulsar vapores mediante aire deben limitarse a los accionados por vapor o aire, por motores eléctricos homologados para ser empleados en atmósferas de este tipo.
 - Desplazamiento con un gas inerte: si se puede disponer de nitrógeno o de dióxido de carbono en bombas de baja presión o en forma sólida,

en cantidad suficiente, se pueden utilizar para purgar los vapores inflamables de los tanques, eliminando así el riesgo de que la mezcla de vapor y aire en el interior, pueda alcanzar los límites de inflamabilidad.

- Producción de una atmósfera inerte en la zona de vapores: la producción de una atmósfera inerte permite proteger el tanque, porque reduce el contenido de oxígeno de modo que la combustión en la zona de los vapores resulta imposible. Sin embargo, las personas encargadas directamente del trabajo, deben conocer perfectamente las limitaciones y características del gas inerte utilizado.

La ejecución del trabajo, sin tener un conocimiento adecuado y sin tener el equipo necesario, puede crear situaciones peligrosas, porque induce a una falsa sensación de seguridad. El contenido de oxígeno debe ser prácticamente nulo mientras se ejecutan los trabajos. Los gases utilizados para crear la atmósfera inerte pueden ser el dióxido de carbono o el nitrógeno. Ambos suelen suministrarse en tanques y el primero también se puede obtener en forma sólida.

- Eliminación de residuos: los residuos líquidos o sólidos pueden emitir vapores inflamables durante la realización de trabajos en caliente. Por ello deben ser eliminados limpiándose con vapor, productos químicos o cualquier otro método adecuado. Para limpiar con vapor, conviene utilizar un caudal adecuado que supere el porcentaje de condensación y establecer una conexión eléctrica entre la boquilla de vapor y la envoltura del recipiente.

La limpieza con productos químicos puede ser utilizada para eliminar residuos, pero provoca riesgos para la salud del personal, exigiendo la adopción de las precauciones necesarias.

Con una ventilación adecuada y continua durante todo el tiempo de trabajo se consigue mantener la concentración de vapores dentro de un límite seguro. Para evitar incendios o explosiones, es necesario vigilar continuamente el espacio que ocupa el vapor.

Deben adoptarse ciertas precauciones especiales para eliminar cualquier fuente de ignición en la proximidad del recipiente o en la trayectoria de los vapores desplazados.

Las pruebas para detectar la existencia de vapores inflamables constituyen la fase más importante de la limpieza. Deben ser realizadas antes de comenzar cualquier modificación o reparación, inmediatamente después de iniciar operaciones de soldadura y oxicorte o trabajos que produzcan calor y, con cierta frecuencia durante la ejecución del trabajo. Las mediciones se deben realizar con un explosímetro que funcione correctamente y proporcione datos fiables.

4.2.1.3. Almacenamiento de materiales

El servicio de almacenamiento tiene la finalidad de guardar las herramientas, lubricantes, repuestos, combustibles, materiales, piezas y suministros hasta que sean necesarias en el proceso de mantenimiento.

Este objetivo puede enunciarse de forma más completa como la función de proteger las herramientas, materiales, piezas y suministros contra pérdidas debido a robo, uso no autorizado y deterioro causado por el clima, humedad, calor, manejo impropio y desuso.

Además, la función de almacenamiento cumple el fin adicional de facilitar un medio para el recuento de materiales, control de cantidades, tipos y calidades, recepción de los materiales comprados y aseguramiento, mediante el control de materiales que las cantidades requeridas de los mismos se encuentren a mano cuando se necesiten.

Probablemente, los mayores errores observados en los almacenamientos son la falta de espacio suficiente, y la colocación de las zonas de almacenamiento temporal demasiado lejos de los puntos en que se utilizan los materiales.

La cantidad de espacio que debe destinarse, puede calcularse muy fácilmente si se conocen la cuantía de los pedidos y las cantidades máximas en existencia de cada artículo.

Para el departamento de mantenimiento existirá una bodega exclusiva que se dividirá en dos, una bodega central en la cual se mantendrá el almacenamiento permanente de bienes y una de tránsito, la cual consiste en una bodega temporal en la que se almacenan artículos en periodos cortos de tiempo.

Estas bodegas están obligadas a:

- Recepción y verificación del estado de los bienes entregados por los proveedores
- Ubicación, control de calidad y custodia de los productos
- Entrega de los productos almacenados en óptimas condiciones a los usuarios solicitantes

El control de existencias se facilitará por medio de los arreglos en el almacenamiento que hacen que aquellas estén a punto en cualquier momento para su examen físico.

El arreglo de los artículos deberá ser almacenado en compartimientos accesibles o en lugares en la zona de almacenamiento con identificaciones claras de calidad y especificaciones de sus dimensiones, lo cual es algo esencial.

La disposición por clases y subclases de materiales, ayuda también a la localización de los artículos que se necesitan. Este arreglo o disposición debe estar hecho de manera que reduzca la carga del manejo de materiales.

Deberá realizarse un inventario permanente que represente para la dirección un instrumento de control. Si los libros o registros de inventarios se llevan al día, la inspección periódica de las existencias permitirá que los supervisores cotejen la cantidad que aparece en los libros con las cantidades almacenadas o en vías de elaboración.

Los libros y registros advierten a tiempo la escasez o los excesos de existencias. De esta manera, la dirección está enterada de la necesidad de comprar o de reducir existencias como medida precautoria.

Otro punto muy importante, son los sistemas de desembolsos para existencia que deberán estar bien controlados, ya que estos sistemas ayudarán a mantener el valor de las mismas lo que ayudará a protegerlas de hurtos y desperdicios.

No se ha de permitir retirar ninguna mercancía sin tomar la correspondiente anotación de las mismas, de sus especificaciones y de su destino.


4.2.1.4. Equipo de protección personal

Para que la seguridad del personal de mantenimiento se mantenga, se controlará de manera muy estricta el uso adecuado del equipo de seguridad, personal dentro de las zonas que así lo requieran.

Es obligatorio que el personal use durante las horas de trabajo los implementos de protección personal, el equipo de protección personal que se requerirá dentro de las áreas de trabajo será el siguiente:

- Guantes: éstos deberán utilizarse siempre, durante las actividades que implican algún tipo de riesgo a las manos y cuando se utilice elementos de carácter peligroso, irritante o tóxico. Para el manejo de plaguicidas por personal de bodega y fumigadores se recomienda el uso de guantes de nitrilo.


Figura 19. **Guantes protectores**

	<p>Nombre: guante Vaqueta Paseo DRIVER`S Bil-Vex</p> <p>Especificaciones: protege la mano o una parte de ella contra riesgos mecánicos</p>
---	--

Fuente: <http://www.lewonski.com/>. 08/09/2011.

- Mascarillas: este tipo de protección debe ser utilizada cuando exista presencia de partículas que puedan afectar las vías respiratorias o vapores que sean tóxicos, sean éstos: agroquímicos, vapores y partículas, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Figura 20. **Respirador**

	<p>Nombre: respirador 3M 8515 N95 para soldadura.</p> <p>Especificaciones: respirador para humos de soldadura brinda protección contra polvos, humos y neblinas sin aceite. Cuenta con válvula Cool Flow (MR), medio electrostático avanzado, filtro de carbón activado y bandas ajustables.</p>
---	--

Fuente: <http://www.lewonski.com/>. 08/09/2011.

- Protección ocular: se deberá utilizar lentes de seguridad, especialmente cuando exista presencia de partículas que puedan afectar los ojos.


Figura 21. **Anteojos**

	<p>Nombre: anteojo 3M Confort 2730 Transparente</p> <p>Especificaciones: la línea confort ofrece, además de comodidad, protección y diseño moderno, la posibilidad de un ajuste personalizado. Todas pueden utilizarse como protección frente a impactos y radiación ultravioleta.</p>
--	--

Fuente: <http://www.lewonski.com/>. 08/09/2011.

- Protección facial: durante las actividades de soldadura, se deberá utilizar cascos especiales para esta operación.


Figura 22. **Careta**

	<p>Nombre: careta para soldador fotosensible variable SW</p> <p>Especificaciones: careta de Polipropileno resistente al impacto. Arnés regulable con ajuste a cremallera. Esta careta posee un visor fotosensible variable bajo Norma ANSI Z87.1</p>
---	--

Fuente: <http://www.lewonski.com/>. 08/09/2011.

- Delantales: se utilizarán cuando se realicen operaciones de soldadura.

Figura 23. **Delantal**

	<p>Nombre: delantal cuero descarné marca DASI</p> <p>Especificaciones: delantal de cuero descarné con refuerzo de cuero y de goma plomada.</p>
---	--

Fuente: <http://www.lewonski.com/>. 08/09/2011.

- Botas de seguridad: éstas serán utilizadas siempre que se esté realizando un trabajo de mantenimiento.

Figura 24. **Botas industriales**

	<p>Nombre: Botas industriales marca RHINO</p> <p>Especificaciones: color café, plantilla Eva anatómica termoformada, punta de acero, suela de poliuretano resistente a grasas, aceites y ácidos.</p>
---	--

Fuente: <http://www.lewonski.com/>. 08/09/2011.

El mantenimiento y la conservación de estos equipos son responsabilidad de la persona a la que se asignó, el supervisor revisará cada inicio y fin de semana que cada trabajador posea todos y cada uno de éstos.

4.2.2. Señalización

La señalización de seguridad se establecerá con el propósito de indicar la existencia de riesgos y medidas a adoptar ante los mismos, y determinar el emplazamiento de dispositivos y equipos de seguridad y demás medios de protección.

La señalización de seguridad no sustituirá en ningún caso la adopción obligatoria de las medidas preventivas, colectivas o personales, necesarias para la eliminación de riesgos existentes, sino que serán complementarias a las mismas.

La señalización se empleará de forma tal que el riesgo que indica sea fácilmente advertido o identificado.

Su emplazamiento o colocación se realizará:

- Solamente en los casos en que su presencia sea necesaria.
- En los sitios más favorables.
- En posición destacada.
- El tamaño, forma, color dibujo y texto de los letreros debe ser de acuerdo a la Norma OSHA, ANSI y NFPA. El material con el que se deben hacer estas señales será antioxidante es decir, se pueden elaborar los letreros en acrílico o cualquier otro similar para conservar su estado original.

- Todo el personal debe ser instruido acerca de la existencia, situación y significado de la señalización de seguridad empleada.

Entre las señales están:

- Las señales de advertencia o prevención: están constituidas por un triángulo equilátero y lleva un borde exterior color negro, el fondo del triángulo es de color amarillo, sobre el que se dibuja en negro el símbolo del riesgo que avisa, por ejemplo:
 - Peligro en general: se deberá colocar en los lugares donde existe peligro por cualquier actividad, por ejemplo en riesgo de contacto con productos peligrosos y otros riesgos existentes. Ver figura 25.

Figura 25. **Señal de peligro en general**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Materiales inflamables: colocar en lugares donde se almacenen y utilicen sustancias inflamables, por ejemplo en el lugar donde se almacena el combustible, lubricantes y solventes. Ver figura 26.

Figura 26. **Materiales inflamables**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Riesgo eléctrico: colocar en los sitios por donde pasen fuentes de alta tensión y riesgo de electrificación, es decir, donde se encuentra el generador eléctrico. Ver figura 27.

Figura 27. **Riesgo eléctrico**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Señales de obligación: son de forma circular con fondo azul oscuro y un borde de color blanco. Sobre el fondo azul, en blanco, el símbolo que expresa la obligación a cumplir, por ejemplo:
 - Protección obligatoria de la vista: deberá colocarse en las áreas donde se utilicen taladros y soldadura autógena. Ver figura 28.

Figura 28. **Protección obligatoria de la vista**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Protección obligatoria de pies: colocar en todos los sitios que se requiera que el personal cuente con este equipo. Ver figura 29.

Figura 29. **Protección obligatoria de pies**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Protección obligatoria de manos: se colocará en todas las áreas donde los mecánicos diesel, electricistas industriales y mecánicos generales trabajen. Ver figura 30.

Figura 30. **Protección obligatoria de manos**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Protección obligatoria de cara: colocar en áreas de soldadura eléctrica. Ver figura 31.



Figura 31. **Protección obligatoria de cara**



Fuente: pabloyezidp.blogspot.com. 18/09/2011.

- Señales de información: de forma cuadrada o rectangular. El color del fondo es verde, llevan de forma especial un reborde blanco en todo el perímetro. El símbolo se inscribe en blanco colocado en el centro de la señal, por ejemplo: ver tabla X.

Tabla X. **Señales de información**

 Teléfono de emergencia	 Dirección a seguir
---	---

Fuente: elaboración propia.

- Señales de prohibición: de forma circular y el color base de las mismas es rojo, por ejemplo: ver tabla XI.

Tabla XI. **Señales de prohibición**

 Prohibido fumar	 Prohibido el paso	 Sólo personal autorizado	 Agua no potable	 No tocar
--	--	---	--	---

Fuente: elaboración propia.

- Señales para incendios

Tabla XII. **Señales para incendios**

 <p>Extintor</p>	 <p>Teléfono</p>	 <p>Dirección a seguir</p>
---	---	---

Fuente: elaboración propia.

Los trabajos en redes eléctricas sólo podrán ser efectuados por personal autorizado y especializado cuando se trate de trabajos en alta y baja tensión, los mismos que deberán cumplir con todas las especificaciones de seguridad. Todas las redes eléctricas de la empresa deberán encontrarse en buenas condiciones y con su respectivo aislante, para realizar las reparaciones hay que apagar, desconectar y trabajar dichos equipos.

Para el trabajo con soldadura, se debe seguir los pasos siguientes:

- Sólo personal calificado utilizará estos equipos.
- Deberá utilizar su equipo de protección personal adecuado, como caretas, guantes, botas y barreras al hacer soldaduras de arco y operaciones de corte.
- Mantener el equipo en buenas condiciones eléctricas y mecánicas.

- Evaluar y estar alerta sobre las posibilidades de un incendio, retirar los materiales inflamables del área de trabajo.
- Asegurar la existencia de un extintor presurizado contra fuego y que su ayudante sepa cómo utilizarlo.
- Prevenir a los que vayan a estas áreas sobre los destellos y chispas producidas por la soldadura.
- El código de color a utilizar para la señalización de áreas peatonales, de trabajo, redes eléctricas, etc., será el color OSHA:

Rojo

- Extintores de fuego y otros aparatos de combate de incendios
- Contenedores portátiles de líquidos inflamables
- Botones de presión de paro de máquinas

Amarillo

- Señalamiento de límites que no deben ser cruzados por personal no autorizado.
- Avisos generales de precaución sobre condiciones fuera de lo común.
- Recipientes de desechos para deshacerse de objetos combustibles.

- Fuentes e interruptores de desconexión de potencia de maquinaria.

Verde

- Material de primeros auxilios y equipo de emergencia

Naranja

- Orillas expuestas de mecanismos de corte.
- Partes de maquinaria que pueden producir heridas en virtud de su giro de alta velocidad o de su movimiento repentino.

Violeta

- Fuentes de radiación, incluyendo equipo emisor de láser, luz ultravioleta, microondas y rayos X.

4.2.3. Normas generales de higiene industrial

La higiene industrial es un conjunto de conocimientos técnicos dedicados a responder, evaluar y controlar aquellos factores del ambiente, psicológico o tensionales que provienen del trabajo y que pueden causar enfermedades o deteriorar la salud.

Cumplir con estas normas es de suma importancia, ya que en el proceso de mantenimiento se utilizan compuestos que podrían afectar la salud de los trabajadores.

Se tomarán medidas disciplinarias por la infracción de las normas de higiene industrial y se aplicará según la gravedad de la misma y lo establecido en el reglamento de administración de personal de la institución.

Las normas contempladas para todos los trabajadores del departamento de mantenimiento son:

- Procurar el cuidado integral de su salud.
- Suministrar la información clara, verdadera y completa sobre su estado de salud.
- Participar en la prevención de los riesgos profesionales a través de los grupos de salud ocupacional.
- Los asegurados por invalidez por riesgos profesionales, deberán mantener actualizada la información sobre su domicilio, teléfono y demás datos necesarios que sirvan para efectuar visitas de reconocimiento.
- Respetar a compañeros y superiores.
- Buena conducta.
- Decir siempre la verdad.
- Cumplir obligatoriamente las instrucciones de seguridad.

- Utilizar de forma correcta y obligatoria los elementos de protección personal que le hayan sido suministrados.
- Desarrollar su trabajo de acuerdo a las normas de seguridad que ha desarrollado la institución.
- Colaborar y participar en las actividades de salud ocupacional que se desarrollen en la empresa.

Entre las prestaciones asistenciales, es decir, todos los servicios de salud que requiere un trabajador afiliado derivados del accidente de trabajo o enfermedad profesional, están:

- Asistencia médica, quirúrgica, terapéutica y farmacéutica.
- Servicios de hospitalización.
- Servicio odontológico.
- Suministro de medicamentos.
- Servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento.
- Prótesis, su reparación, y su reparación sólo en casos de deterioro o desadaptación, cuando a criterio de rehabilitación se recomiende.
- Rehabilitación física y profesional.

- Gastos de traslado, en condiciones normales, que sean necesarios para la prestación de estos servicios.

Las prestaciones económicas son el reconocimiento y pago de:

- Subsidio por incapacidad temporal
- Indemnización por incapacidad permanente parcial
- Pensión de invalidez
- Pensión de sobrevivientes
- Auxilio funerario

Se aconseja que se informe al supervisor del departamento de mantenimiento lo antes posible, sobre cualquier condición o práctica peligrosa, tanto como para la salud como para la seguridad de cada mecánico o ayudante que se observe en su trabajo.

4.2.3.1. Orden

Con el fin de mantener las distintas áreas de trabajo del departamento de mantenimiento y un mejor aprovechamiento del espacio disponible, una mejora en la eficacia y seguridad del trabajo y, en general, un entorno más seguro, se involucrarán en el procedimiento de orden y limpieza a todos los integrantes del departamento de mantenimiento.

Los mecánicos y sus ayudantes deberán mantener el área asignada de trabajo lo más ordenada y limpia posible durante la ejecución de los distintos trabajos asignados, acción que deberá ser revisada y validada por el supervisor de mantenimiento, igualmente mantendrán las herramientas ordenadas y en

perfecto estado de conservación, notificando la necesaria reposición de la misma cuando sea preciso.

En el caso de las herramientas, equipo, lubricantes y demás accesorios necesarios para la ejecución del programa, el control será llevado a cabo por la persona encargada de bodega, notificando esta persona de manera inmediata el extravío de alguno de éstos, al supervisor encargado y al jefe del departamento.

La metodología a seguir, consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que puedan encontrarse con facilidad. Esto con el fin de mejorar la visualización de los elementos de seguridad en las distintas áreas de trabajo.

Una vez definidas las áreas de trabajo y la localización de las bodegas de materiales y herramientas, las cuales se remarcarán dentro del mapa de la institución, es necesario utilizar un sistema para identificar estas localizaciones, de manera que cada uno sepa dónde se localiza cada elemento, y en qué cantidad se dispone de éste en cada sitio. Para esto se emplearán:

- Letreros y tarjetas
- Nombre de las áreas de trabajo
- Puntos de limpieza personal y seguridad

4.2.3.2. Limpieza

Debido a que el trabajo del departamento de mantenimiento implica ensuciarse las manos, es importante la eliminación del polvo y suciedad de todos los elementos de las distintas áreas de trabajo en las cuales el equipo realiza operaciones. Para el caso del generador, ya han sido incluidas en las órdenes de trabajo y en la programación de éstas, el tipo de limpieza que debe proporcionarse.

Por otro lado, al quipo humano de trabajo, se les exigirá que realicen un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo, por lo que todos los integrantes del departamento de mantenimiento, deberán participar en las siguientes actividades:

- Jornadas de limpieza: en éstas se eliminarán los elementos innecesarios y se limpiarán los equipos, herramientas, pasillos, *lockers*, bodegas y almacenes, lo cual ayudará a obtener un estándar de la forma cómo deben estar los equipos permanentemente.
- Preparación de una guía de limpieza: ésta, aparte de incluir el mapa de las áreas de trabajo, deberá incluir la forma de utilizar elementos de limpieza, como: detergentes, jabones, aire, agua, solventes y desengrasantes.
- Establecimiento de la limpieza: retirar polvo, aceites, grasa sobrante de los puntos de lubricación, asegurar la limpieza de la suciedad de las grietas de

suelo, paredes, cajones, equipo, etc., que se encuentren cerca del área correspondiente al generador.

- Uniformes: todo el personal de mantenimiento contará con 3 uniformes, los cuales deberá mantener en la mejor condición posible, éstos serán bordados con letras, para poder identificar que los trabajadores no estén utilizando el mismo overol días consecutivos y así exhortar al equipo de usar ropa limpia todos los días.

Los uniformes serán marcados para su utilización, de la siguiente manera:

L – J: días lunes y jueves

M – V: días martes y viernes

M – S: días miércoles y sábados

También tendrán bordado el primer apellido y la primer letra del primer nombre de cada trabajador, este será bordado en la bolsa de la camisa del overol.

4.2.3.3. Enfermedades

Se considera una enfermedad profesional, a todo estado patológico permanente o temporal que surja como consecuencia obligada y directa de la clase de trabajo que desempeña el trabajador, o del medio en que se ha visto obligado a trabajar, y que haya sido determinada como enfermedad profesional en las leyes de Guatemala.

Toda enfermedad, accidente o muerte, que no hayan sido clasificados o calificados de origen profesional, serán considerados como de origen común.

La calificación del origen del accidente de trabajo o de la enfermedad profesional será calificada, en primera instancia por la institución prestadora de servicios de salud que atiende al afiliado, en este caso, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), en segunda instancia el origen lo determinará el médico de turno en la clínica de la institución.

En el caso de existir algunas discrepancias, serán resueltas por una junta integrada por representantes de la institución y de salud pública.

Con lo anterior, es necesario determinar un programa de salud ocupacional, el cual comprende: planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades tendientes a preservar, mantener y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores en sus ocupaciones, y que deben ser desarrolladas en las distintas áreas de trabajo en forma integral e interdisciplinaria.

Entre las actividades del programa de salud ocupacional están:

- Exámenes médicos de ingreso
- Programas de educación, promoción y prevención en salud
- Folletos mensuales de divulgación sobre el tema
- Conformación y capacitación de brigadas de emergencia
- Capacitación en temas de seguridad industrial
- Panorama de riesgos
- Inducción y reinducción
- Inspecciones de seguridad
- Investigación de accidentes de trabajo
- Elaboración y divulgación de normas y procedimientos de seguridad

4.2.4. Capacitación al personal técnico

La capacitación de todo el equipo de mantenimiento, incluyendo jefes y supervisores, es de suma importancia, ya que en este mundo que se mueve a gran velocidad cada día, la tecnología sorprende con innovaciones en todos los campos, incluyendo el del mantenimiento industrial, ayudando ésta a cubrir necesidades como: formar nuevos trabajadores, cuando se piensa introducir nuevos equipos, procesos o tecnologías, para transmitir nueva información, o cuando se necesita mejorar métodos y rendimiento de los trabajadores. Para elaborar un programa de capacitación, es preciso considerar los lineamientos generales, los materiales de los cursos y métodos de información.

Con el fin de mantener un proceso de capacitación continuo, las capacitaciones para el departamento de mantenimiento, deberán ser planificadas anualmente y deben ser llevadas a cabo en campañas educativas e informativas.

Al momento de planificar las distintas capacitaciones en el año, deberán dejarse claros, los objetivos y lo que se pretende que el trabajador conozca o pueda hacer al final de éstas. Se utilizarán 3 tipos de capacitación:

- Indicaciones diarias de supervisores o adiestramiento continuo.
- La influencia que realiza el experto sobre su ayudante a través de su propio trabajo.
- Cursos periódicos impartidos por profesionales del tema, (para esto se realizó un calendario anual).

Programación de la capacitación: se impartirán en fechas diferentes, mismas que deberán ser aprobadas por la gerencia en conjunto con jefatura del departamento de mantenimiento, de manera que todos los mecánicos, ayudantes de mecánico, electricistas, herreros, soldadores, supervisores y jefes puedan asistir. Éstas deberán impartirse en un salón que cuente con elementos audiovisuales para que sean bien asimiladas, en el caso de necesitarse un taller para impartir el curso, la institución hará el trámite necesario para movilizar al personal fuera de las instalaciones y trasladarla al lugar más propicio para impartir la capacitación.

Visitas del proveedor, ya que existen bastantes proveedores de generadores, y éstos a su vez tienen equipos de venta especializados en ciertos productos, los cuales realizan visitas a las empresas de sus clientes con el fin de presentar información de equipos nuevos o accesorios y repuestos para los antiguos, es muy útil que éstos impartan sus charlas, no sólo a los jefes y supervisores, o al personal del departamento de compras, sino que al personal completo del departamento de mantenimiento, ya que son ellos los que interactúan y llevan a cabo las órdenes de trabajo programadas.

Programación de capacitación para el departamento de mantenimiento industrial, año 2010. Ver tabla XIII.

Tabla XIII. Programación de capacitación

Plan	Tema	Dirigido a	Fecha
Prevención de riesgos laborales	Seguridad y salud ocupacional	DM	14/01/2010
Formación preventiva para personal	Análisis de riesgo, amenazas y peligro	DM	04/02/2010
	Plan de emergencias, contingencias y evacuación	DM	14/04/2010
	Normativa legal, trabajo y salud, condiciones de trabajo	DM	17/06/2010
	El accidente de trabajo y las enfermedades profesionales, Investigación de accidentes laborales, el incidente, riesgos del trabajo y factores de riesgos laborales	DM	21/10/2010
	Simulacros	DM	Al finalizar la capacitación
Seguridad contra la corriente eléctrica	Corriente eléctrica, parámetros	E, AE, MD, MG, AM, S, H	15/02/2010
	Peligro latente, factores de influencia de la corriente eléctrica en el cuerpo humano	E, AE, MD, MG, AM, S, H	15/03/2010
	Resistencia del organismo, recorrido de la corriente	E, AE, MD, MG, AM, S, H	15/03/2010
	Tiempo de contacto, nivel de tensión	E, AE, MD, MG, AM, S, H	15/03/2010
	Frecuencia, efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano	E, AE, MD, MG,	15/03/2010

Continuación tabal XIII.

Plan	Tema capacitación	Dirigido a	Fecha
Protección contra la corriente eléctrica	Instalaciones eléctricas seguras y confiables, reglas básicas	E, AE, S, H	10/05/2010
	Protección contra contactos eléctricos	E, AE, S, H	09/05/2010
	Tipos de fuego (especial tipo C)	E, AE, S, H	09/08/2010
	Equipo eléctrico, interruptores, fusibles	E, AE, S, H	09/08/2010
	Conductores eléctricos	E, AE, S, H	09/08/2010
	Elementos de mando y control	E, AE, S, H	09/08/2010
	Protección personal, de ojos, cabeza, manos, piel, pies, ropa de trabajo	E, AE, S, H	07/01/2010
	Protección de herramientas	E, AE, S, H	07/01/2010
Trabajo con corriente eléctrica	Normas de seguridad	E, AE	08/03/2010
	Disposiciones generales	E, AE	08/03/2010
	Procedimientos para trabajo en instalaciones eléctricas sin voltaje	E, AE	09/03/2010
	En la fuente de instalación antes y después	E, AE	09/03/2010
	En el área de trabajo, antes y después	E, AE	10/03/2010
	Procedimientos para el trabajo en instalaciones eléctricas con voltaje	E, AE	10/03/2010
	Reglas generales, responsabilidad y control	E, AE	10/03/2010
	Distancia de voltaje y protección	E, AE	10/03/2010
	Procedimientos dedicados	E, AE	10/03/2010
	Transformadores	E, AE	11/03/2010
	Generadores, motores	E, AE	11/03/2010
	Interruptores, seccionadores	E, AE	11/03/2010
	Bancos de condensadores	E, AE	11/03/2010
	Baterías, luminarias	E, AE	11/03/2010
	Trabajos con vehículos y grúas, Comunicación, señalización y documentación	E, AE	12/03/2010
Motores de combustión interna	Operación y mantenimiento de turbinas de gas	MD, AM	09/09/2010
	Tecnología y mantenimiento de motores diesel	MD, AM	10/09/2010
	Análisis y detección de fallas	MD, AM	10/09/2010

Continuación tabla XIII.

Mantenimiento Mecánico	Mantenimiento mecánico básico	MD, MG, AM	09/03/2010
	Mantenimiento de bombas	MD, MG, AM	09/03/2010
	Alineación de equipos rotativos	MD, MG, AM	09/03/2010
	Cojinetes, aplicaciones y análisis de fallas	MD, MG, AM	10/03/2010
	Sellos mecánicos y sistemas de sellado	MD, MG, AM	10/03/2010
	Mantenimiento de equipos rotativos	MD, MG, AM	11/03/2010
	SIX SIGMA	MD, MG, AM	12/03/2010
DM = Todo el departamento de mantenimiento E = Electricista AE = Ayudante de electricista MD = Mecánico Diesel MG = Mecánico General S = Soldador H = Herrero AM = Ayudante mecánico			

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis beneficio-costo del proyecto

Para determinar si el beneficio que se obtendrá al implementar este proyecto es mayor o menor a los costos en que se incurrirán, se realizó el análisis beneficio-costo, en el cual se consolidan los costos totales de la implementación y se comparan con la cantidad de personas beneficiadas que en este caso, corresponde a la población de Guatemala. Ver tabla XIV.

Tabla XIV. **Costos anuales totales de mano de obra y repuestos de mantenimiento semestral**

Descripción	Valor total al año
Mano de obra semanal	Q.37 125,00
Mano de obra mensual	Q.26 400,00
Mano de obra semestral	Q.23 760,00
Costo total anual de mano de obra	Q.87 285,00
Combustible, aceite y lubricantes	Q.30 320,00
Filtros de agua, aceite, combustible y refrigerante	Q.4 900,00
Refrigerante	Q. 240,00
Baterías	Q. 20 800,00
Costo total anual de repuestos	Q. 56 260,00
Costo total de mantenimiento al año	Q.143 545,00

Fuente: elaboración propia.

El generador se utilizó al 100% durante 20 horas en un año y tomando en cuenta el costo total de materiales utilizados en los 2 mantenimientos semestrales y la mano de obra total anual (semanal, mensual y semestral), el costo total de mantenimiento asciende a Q.143 545,00 y dado que el funcionamiento de la Institución beneficia a la población en su totalidad (14 713,763 personas según el Instituto Nacional de Estadística INE), la relación beneficio-costos, es de 103 personas beneficiadas por cada quetzal que se gaste en el mantenimiento del generador, en otras palabras, cada guatemalteco debería aportar Q.0,01 al año para mantener en funcionamiento el Generador.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Monitoreo de implementación

Para monitorear la implementación del mantenimiento preventivo realizado al Generador Eléctrico Cummins Onan KTA38-GI, primero se procederá a un plan de prueba, el cual durará un mes, dentro de los recursos necesarios para llevar a cabo dicho plan, está el personal encargado de aplicar el mantenimiento preventivo y de cumplir con las órdenes de trabajo; se utilizará el formato y calendarización de las órdenes de trabajo propuestas. Los supervisores asignados, las bodegas, tanto la de materiales, lubricantes, accesorios, repuestos, etc., como la de herramientas y equipo, cada una de las personas involucradas en este plan están sujetas a las normas de higiene y seguridad industrial antes estipuladas.

El fin es determinar si el plan de mantenimiento preventivo propuesto es viable, por ejemplo, si la actitud del personal ante el cambio es buena, o si el manejo de las órdenes de trabajo es correcta, y si son completadas con exactitud, también si las normas de seguridad e higiene industrial reducen la probabilidad de accidentes y enfermedades a causa del trabajo, etc.

Luego de realizado el plan de prueba, se procederá a determinar si es necesario incluir en las órdenes de trabajo, otro tipo de información relevante para el registro del mantenimiento preventivo del generador, y si el equipo de protección proporcionado al personal es suficiente o no, para establecer si es necesario contar con mas implementos de protección personal.

El supervisor asignado será el encargado de monitorear el plan de prueba, al término de la prueba éste deberá realizar un informe que incluya:

- Nombre del o los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- El resultado de la evaluación, que en dicho caso hayan realizado los encargados de mantenimiento.
- Tiempo real que duró la operación.
- Personal que realizó la operación.
- Descripción de piezas, repuestos y lubricantes utilizados.
- Condiciones en que responde el equipo luego del mantenimiento.
- Conclusiones, comentarios y recomendaciones.

Luego de concluir con el plan de prueba se procederá a reconocer las fallas del plan de mantenimiento propuesto y a realizar las respectivas correcciones, en formatos de órdenes de trabajo, calendarización de éstas, etc., informando siempre a la gerencia de los cambios a realizar.

Una vez terminadas las correcciones, se realizará de nuevo un plan de prueba que seguirá los mismos lineamientos planteados anteriormente, con el objetivo de llegar a la conclusión de que el plan de mantenimiento es el mejor, de manera que cumpla con las expectativas iniciales el cual se implementará de forma permanente.

El análisis del plan permanente de mantenimiento preventivo se realizará de diferentes formas.

Una de ellas es el análisis de la cantidad de órdenes de trabajo autorizadas y calendarizadas, determinando al final de un periodo cuántas fueron concretadas.

Otro análisis consiste en comprobar el funcionamiento del generador al ponerlo en marcha, antes y después del mantenimiento.

Para analizar la funcionalidad de las herramientas y equipos, se evaluará la capacidad del personal para realizar cierta cantidad de actividades de mantenimiento utilizando las herramientas y equipo proporcionado.

Toda la información recabada con estos análisis deberá ingresarse en las formas correspondientes al control de órdenes de trabajo, manejo de materiales, herramientas, lubricantes y equipos de las bodegas correspondientes.

Los trabajos sugeridos y realizados luego del plan de prueba simplemente fueron aplicados al programa de órdenes de trabajo anual, en el cual se normó que los días domingos no se llevará a cabo ningún tipo de mantenimiento al generador, a menos de que la situación lo amerite en casos catalogados como emergencias.

Por otra parte, en el caso de los equipos y herramientas, todo funcionó adecuadamente. En cuanto a la actitud de los operarios sobre los datos solicitados en las órdenes de trabajo y el manejo de éstos, no hubo ningún problema.

Por lo que el plan de mantenimiento preventivo para el generador eléctrico, fue aprobado por gerencia general y la jefatura de mantenimiento, entrando en vigencia a partir del mes de junio de 2009.

5.2. Mejoramiento continuo

El mantenimiento de cualquier equipo siempre es considerado como un beneficio que conlleva a la mejora continua de un proceso actual o que ayudará en el futuro y para lograrla en el plan de mantenimiento preventivo propuesto, es de suma importancia darle el debido seguimiento a los fallos y problemas que se presenten con mucha frecuencia.

Informando a la jefatura de mantenimiento de los hechos que se presenten con su respectiva frecuencia, dejará a éste en habilitado para tomar cartas en el asunto y determinar cuál es la mejor manera de prevenir estos incidentes, así como el planteo de los cambios al nuevo programa de mantenimiento preventivo.

Una mejora del servicio sería implementar algún sistema de bloqueo y etiquetado el cual se utiliza para el control de la energía peligrosa, con la intención de proteger al empleado al impedir un arranque accidental de la máquina por medio del bloqueo y etiquetado correctos de las máquinas a las que se está dando mantenimiento. Esto se logra a través de la utilización de dispositivos como candado y llave o un candado de combinación para mantener un mecanismo en una posición segura y que impidan que el equipo o maquinaria se accione, o con dispositivos de advertencia, como una etiqueta, que se puedan conectar fijamente al mecanismo aislador de energía para poner

en alerta a los empleados de que no se debe operar ese equipo mientras la etiqueta esté presente.

5.2.1. Ventajas del mejoramiento continuo

Las ventajas del mejoramiento continuo sobre el plan de mantenimiento preventivo para el Generador Eléctrico Cummins Onan KTA38-GI son:

- Si el equipo está preparado la intervención en el paro es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- Conforme el plan de mantenimiento se cumpla y se mejore, no se necesitará infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes es suficiente, será más importante la experiencia y pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar el generador y las instalaciones.
- Se concretará de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar paros en el generador y así poder proporcionarle mantenimiento.
- La promoción de cambios en la distribución de actividades de mantenimiento en la individualización de tareas a realizar, mejorando el control de las mismas.

- El logro de la correcta adecuación de actividades ajustándolas al diseño del generador, mediante la revisión de los tiempos empleados para cada actividad.
- Uno de los logros más importantes obtenidos con la mejora continua del programa de mantenimiento preventivo, es la reducción y/o eliminación de procesos repetitivos.
- El seguimiento de los reportes de fallos y averías de forma activa y consistente, entregados de forma directa al supervisor de mantenimiento, logrará que se preste atención a los problemas más frecuentes y se tomen cartas en el asunto para su pronta resolución.
- Al mantener un inventario actualizado y proveyendo continuamente al equipo de mantenimiento con las mejores herramientas, equipos, repuestos, materiales y lubricantes, se facilita la ejecución de las órdenes de trabajo y se garantiza un buen trabajo.
- La especialización adecuada de todos los miembros del equipo, ante la capacitación constante de éstos, respetando siempre el programa propuesto y autorizado de capacitación.

5.2.2. El proceso del mejoramiento continuo

Lo que se pretende alcanzar con este proceso es la correcta planificación, organización y sistema de los cambios incrementales y continuos en las prácticas de mantenimiento preventivo que se proporcionarán al generador eléctrico, claro que esto conlleva a evaluar, analizar y sólo así a mejorar el plan de mantenimiento propuesto.

Logrando mediante un análisis sistemático las causas de las distintas irregularidades en el funcionamiento del generador, para poder predecirlas y así evitarlas o estar preparados para hacerles frente en el momento que se presenten.

Es por esto que a manera de recomendación, sería muy beneficioso para el departamento de mantenimiento y el funcionamiento óptimo del generador, la realización de un estudio de mantenimiento predictivo, ya que este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el generador deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

Las ventajas de un programa de mantenimiento predictivo son:

- La intervención en el equipo o cambio de un elemento.
- Obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que comprometerán al departamento con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

Las desventajas de un programa de mantenimiento predictivo son:

- La implementación de un sistema de este tipo requiere de una inversión inicial importante.
- Se debe contar con personal capaz de interpretar los datos que generan los equipos y concluir en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
- Por todo ello la implementación de este sistema se justifica en máquinas o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, o grandes riesgos, donde no es aceptable que el generador falle cuando más se lo necesite.

Por otra parte también existe el mantenimiento productivo total, el TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial, la letra M representa las acciones management y mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de la institución. La letra P está vinculada a la palabra productivo o productividad de equipos, pero se puede asociar también con algo más amplio como la perfección. Por último la letra T que se refiere a total que se interpreta como todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la institución.

Este sistema está orientado a lograr, cero accidentes, cero defectos y cero fallas, las ventajas de este sistema son:

- Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.

- El concepto esta unido con la idea de calidad total y mejora continua.

Las desventajas de este sistema son:

- Se requiere un cambio cultural general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la institución de que es bueno para todos.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación requiere varios años.

De implementar este proceso deberá seguir con un método de implementación de gestión del mantenimiento el cual incluye:

- Análisis de la situación actual
- Definir política de mantenimiento
- Establecer y definir grupo piloto para realización de pruebas
- Recopilar y ordenar datos del grupo piloto
- Procesar información
- Analizar resultados
- Readaptación del sistema
- Mejora continua
- Ampliar gestión o grupo

Cual sea el camino que se elija es importante tener en cuenta que este proceso de mejora continua requiere, apoyo en la gestión, retroalimentación y revisión de los pasos de cada proceso, claridad en la responsabilidad de cada

acto realizado, poder para el personal y contar con una forma tangible de realizar las mediciones de los resultados de cada proceso.

5.2.3. Participación total de la administración

Para tener éxito en las iniciativas que se tomen en los planes de mejora continua a seguir en el departamento de mantenimiento, se debe ejercer un liderazgo visible por los directivos, participando de forma activa en todas las iniciativas, proponiendo a los empleados una visión clara de la orientación de la institución hacia la calidad con que se efectúan las operaciones de mantenimiento, la mejora continua y la satisfacción de los usuarios y estableciendo objetivos de mejora precisos y consistentes.

Éstos deberán crear y velar por mantener un ambiente interno en el cual el personal de mantenimiento pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la institución.

Cada responsable dentro de la institución deberá establecer en su nivel, una cultura basada en:

- Motivar al personal a sentir que forma parte de un equipo muy importante.
- Que el personal dispone en su medio de trabajo del margen de maniobra, las competencias, las posibilidades y el poder necesarios para tomar decisiones.
- Crear un contexto de aprendizaje constante.

- Apoyar y motivar al todo el personal en lugar de imponer controles estrictos.

5.2.4. Participación de los empleados

El personal, a todos los niveles no sólo el personal de mantenimiento, es la esencia de la institución, y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la misma.

Por lo antes dicho, la contratación, la participación, la capacitación, la innovación, la delegación de funciones, el reconocimiento del mérito y las recompensas por los progresos alcanzados en el incremento de la satisfacción de los usuarios, son aspectos esenciales para que los distintos equipos de trabajo dentro de la institución puedan desarrollar todo su potencial.

Así que es de suma importancia que se siga un plan de mejora continua que involucre a todos los integrantes del departamento de mantenimiento industrial, haciendo que estos se identifiquen con el objetivo principal de la institución, y que a su vez sientan que son parte importante para alcanzar dicho objetivo.

También debe tenerse cuidado de la cantidad de responsabilidad que se delegará sobre los trabajadores, ya que delegar poco solo logrará que los trabajadores no sientan compromiso con los objetivos de la institución, por otro lado también está el designar mucha responsabilidad ya que esto los estresará haciendo que muchas órdenes sólo se ejecuten por salir del paso.

Cada vez que se presente un problema, para el cual sea necesaria la realización de una junta para resolverlo, se deberá incluir a un representante de

los encargados del mantenimiento a manera de que éstos participen, deberá ser el que se considere como aquél que cuenta con más experiencia en el campo.

5.2.5. Equipos de mejoramiento

Los objetivos de estos equipos serán, renovar el énfasis en el proceso de participación en todos los niveles, reconocer y recompensar el desempeño sobresaliente del equipo, reafirmar una atmósfera de mejoras continuas y de aprendizaje y demostrar el poder de un equipo enfocado en el esfuerzo.

Uno de los conceptos fundamentales de los equipos de mejora continua es que cada miembro tendrá una importancia equitativa. El rol de liderazgo u otros roles del equipo pueden cambiar a medida que el proyecto progresa dependiendo de las fortalezas de cada miembro.

Los equipos de mejora continua dentro del departamento de mantenimiento estarán compuestos de la siguiente manera:

- Multifuncionales: estos grupos son los encargados de nuevos proyectos, análisis de problemas, en otras palabras estos equipos trabajarán con objetivos concretos.
- Equipos de excelencia: éstos se encargarán de la resolución de problemas sobre el propio equipo de trabajo, desarrollando sugerencias, mejoras y procesos.

Los equipos estarán formados de la siguiente manera:

- Cada grupo multifuncional estará integrado por 8 personas, un mecánico diesel, un mecánico general, un electricista, un soldador, un herrero, un ingeniero del departamento de mantenimiento, dos ayudantes de mecánico.
- Cada grupo de excelencia estará integrado por 4 personas, un mecánico diesel, un mecánico general, un electricista y un ayudante de mecánico.

La integración de los grupos multifuncionales será propuesta por la jefatura del departamento, mientras que los grupos de excelencia serán formados por afinidad, teniendo en cuenta que toda falta al reglamento de la institución será sancionada dependiendo la falta.

Cada grupo deberá realizar informes de las distintas actividades que lleven a cabo, para que estos sean archivados y así pueda dársele seguimiento y poder determinar si la propuesta es viable y si será autorizada, este proceso no durará más de 3 semanas después de entregado el informe y propuesta a la jefatura de mantenimiento, de lo contrario se dará como declinada la propuesta, los equipos exitosos saben que los problemas nunca se acaban, pero si se pueden solucionar cada vez de una forma más eficiente si se tiene mayor información.

Estos equipos de mejora continua harán todo lo posible para ir desarrollando con el tiempo un sistema de información adecuado que pueda irse expandiendo por todo el departamento y luego dentro de la institución completa y de esta forma ayudarles en la solución de problemas futuros.

Los equipos de mejora continua exitosos son aquéllos que llegan a ser totalmente independientes de la gerencia por sus buenos resultados. Por lo que ambos tipos de grupos deberán crear su propia estructura interna la cual no llegue a ser tan fuerte y así esta no requiera ni de liderazgo ni de mando interno.

Estos grupos deben alcanzar sus metas de manera eficaz y sus objetivos deberán ser planteados por ellos mismos, la eficacia de éstos se basará en la utilización de sus recursos a un nivel muy alto.

La utilización de recursos es algo que inicia al formar el grupo, la persona que inicie el grupo debe conocer los recursos humanos del departamento y obtener los mejores candidatos no para resolver un solo problema como siempre se aconseja, sino para mejorar el servicio dentro de la institución y poder ser flexibles para arreglar diferentes tipos de problemas.

El recurso humano es el más importante, por lo que es vital que el iniciador del grupo conozca las habilidades de cada uno de sus miembros, así como también deberá conocer la calidad de la relación humana o sí posee la inteligencia emocional adecuada para formar un equipo exitoso, que se necesita para ir mejorando el servicio dentro de la institución en forma continua y permanente, por lo que si hay problemas entre los miembros éstos tienden a disolverse rápidamente, no siendo así si existe una buena relación el grupo.

Una vez establecido el grupo, la utilización de recursos se menciona en la capacidad del equipo para establecer las funciones de las personas según su conocimiento y habilidad, por ningún motivo se dividirá el trabajo dentro de los miembros del grupo, ya que un equipo exitoso es capaz de llevar a todos sus miembros a participar según su conocimiento logrando que éste pueda aportar en todos los ámbitos y ocurra sinergia en todas las actividades que se realicen.

CONCLUSIONES

1. Luego de realizar un análisis de las condiciones actuales en que se realiza el mantenimiento a la planta de generación eléctrica de emergencia, se determinó que hacía falta tomar en cuenta aspectos importantes para la realización de éste.
2. Se determinó que el equipo aún puede funcionar en condiciones óptimas durante aproximadamente 8 años más, antes de que se considere reemplazarlo.
3. Al implementar el sistema de mantenimiento preventivo al generador de emergencia, con la ayuda de las hojas de control de fallos por año, fue posible observar que los fallos en éste se redujeron en 66.7%, beneficiando a la institución y al departamento de mantenimiento, ya que ahora efectúan su trabajo de manera más ordenada.
4. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo, garantizó el buen funcionamiento del generador eléctrico, ya que dadas las revisiones y el mantenimiento periódicos que se le proporcionan, se garantiza un funcionamiento confiable durante emergencias.

5. Con el plan de mantenimiento preventivo, es posible determinar de manera certera el tipo de reparación que necesita el generador y el momento indicado para realizarlo, lo que permite prepararse con anticipación y así reducir el tiempo de reparación.
6. La creación de las normas generales de seguridad e higiene industrial dentro del departamento de mantenimiento, redujo el número de accidentes y lesiones causadas por el trabajo, traduciéndose esto en una reducción de gastos de indemnización por accidentes y enfermedades que se presta al personal.
7. El nuevo programa de mantenimiento establece la manera y la fecha en que el equipo de mantenimiento debe ejecutar las órdenes de trabajo, así como las normas que éstos deben cumplir obligatoriamente durante la ejecución de estas, siendo capacitados constantemente sobre los riesgos y los posibles accidentes que estos enfrentan y la manera de cómo evitarlos.
8. Con la creación de un sistema de órdenes de trabajo calendarizado, se logró contabilizar el número exacto de fallos en el año, así como la cantidad de repuestos utilizados, llevando un control detallado de los encargados de mantenimiento que cumplen con su trabajo.
9. Con la calendarización detallada del plan de capacitaciones, se logró contar con la presencia y participación de todas las personas a las que se dirigen los distintos cursos, incluso jefes y supervisores, lo que permitió consolidar los conocimientos dentro del departamento, logrando encausar a todo el personal hacia un mismo objetivo.

10. Debido a la importancia del funcionamiento de la Institución y que el total de la población guatemalteca (14 713,763 personas) se beneficia de esto, los costos en los que se incurren para dar mantenimiento al generador eléctrico no deberían ser una excusa, según el análisis estos costos ascienden a Q.143 545,00 al año, beneficiando así a 103 personas por cada quetzal que se gaste en el mantenimiento del generador.

RECOMENDACIONES

1. El jefe del departamento de mantenimiento junto con los supervisores, deberían analizar la manera en que se prestan otros servicios de mantenimiento a otras área de la institución, para estandarizar la manera en que se realiza, creando estudios como el realizado en este trabajo.
2. El departamento de mantenimiento, debería identificar y velar por mantener los demás equipos dentro de la institución bajo estricta observación, generando planes de mantenimiento preventivo para todos éstos y así garantizar el funcionamiento óptimo de los mismos.
3. Identificar qué equipos dentro de la institución no están siendo utilizados adecuadamente y generar mediante un análisis, elaborado por un equipo multifuncional de mejora continua, las mejores opciones para que estos equipos sean correctamente utilizados y así garantizar que respondan el momento que se susciten emergencias.
4. Investigar, crear e implementar un plan de mantenimiento predictivo, con el fin de adelantarse a posibles fallos, tanto en el generador eléctrico, como en el resto de equipos dentro de la institución, y así poder estar preparados en el momento que estos hechos inoportunos se hagan presentes.

5. Con el fin de minimizar y/o eliminar las enfermedades laborales, posibles riesgos y accidentes, es necesaria la creación no solo de normas sino de leyes internas sobre el uso y manejo del equipo de protección personal haciéndole saber a todo el equipo de trabajo las sanciones por faltar a estas nuevas leyes y normas.

6. Determinar por medio de estudios de ingeniería de métodos la manera de reducir la fatiga laboral y hacer más eficientes a los encargados de mantenimiento en otras áreas de la institución, creando programas estandarizados de procesos de ejecución de órdenes de trabajo y capacitándolos sobre estos temas.

BIBLIOGRAFÍA

1. CORDÓN, Ángel. *Diseño del plan de mantenimiento preventivo para calderas piro tubulares Cleaver Brooks de una institución hospitalaria*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 164 p.
2. DUFFUA, Dixon. *Sistema de mantenimiento, planeación y control*. México: Limusa, 2002. 235 p.
3. ENRÍQUEZ, Leonel. *Diseño del manual de mantenimiento preventivo de motogeneradores de energía eléctrica en EQUISEGUA*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 156 p.
4. GIL, Luis Alfredo. *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para el departamento de mantenimiento general de la refinería La Libertad Perenco Guatemala Limited*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 201 p.
5. LAVARREDA, Ivo. *Selección y mantenimiento de plantas diesel-eléctricas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1974. 102 p.

6. MORALES, Claudio. *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para un sistema de generadores diesel de 18 cilindros en V de la planta Genor, departamento de Izabal.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 104 p.

7. RODAS, Rubén. *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo pre y post paro de maquinaria y equipo en el molino Elvira S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 128 p.

APÉNDICE

Listado de aparatos asistidos

Aparatos asistidos

- Equipo de computo en general
 - Racks de telecomunicaciones y red de datos
 - Servidores
 - Bomba de agua elevadora
 - UPS
 - Lámparas de emergencia
 - Sistema de detección y supresión de incendios
 - Portones eléctricos en ingresos principales
 - Sistemas de seguridad
 - Equipo de computo en general
 - Racks de telecomunicaciones y red de datos
 - Servidores
 - Bomba de agua elevadora
 - Lámparas de emergencia
-

Fuente: elaboración propia.