



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

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO Y
OPERACIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL
GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

LUIS ESTUARDO REYES ARCE

Asesorado por Inga. María del Rosario Colmenares de Guzmán

Guatemala, noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO Y
OPERACIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL
GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR**

LUIS ESTUARDO REYES ARCE

**ASESORADO POR INGA. MARÍA DEL ROSARIO COLMENARES
DE GUZMÁN**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL I	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
EXAMINADOR	Ing. Pablo Fernando Hernández
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 06 de junio de 2005.

Luis Estuardo Reyes Arce

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Ser supremo, fuente de infinita sabiduría, por darme la vida, colmarme de bendiciones y entendimiento para enfrentar los diferentes obstáculos que se interpusieron a lo largo de mi carrera.
- Mi mamá** Juana Martina Arce (Q. E. P. D) por todo el amor que me diste en este mundo, nunca te olvidaré y te llevaré en mi corazón.
- Mi papá** Luis Eduardo Reyes, por su amor incondicional siempre me apoyaste y confiaste en mí, eres mi mayor ejemplo y eres la persona por la cual seguiré luchando hasta el último día de mi vida.
- Blanca** Por formar parte de mi vida, gracias por su apoyo e infinita paciencia.
- Mis hermanos** Mario Roberto y Marco Antonio por formar parte de los cimientos de mi carrera, mil gracias.
- Mi familia** Mi abuelo José Reyes (Q. E. P. D.) tío Andrés, tía Chita con cariño, tío Juan José y a todos mis primos y sobrinos, agradecimiento, cariño y respeto por hacer posible el éxito de mi carrera.

La familia

Mijangos Barahona, Don Gonzalo, Doña Haydee, Alex, Erick y Yoly por su incondicional apoyo y, en especial, a Mónica Haydee por estar siempre a mi lado y ser la persona que me ayudo a dar el último paso en mi carrera, te quiero mucho.

Mis amigos

Vinicio, Cesar, Nilson, Pablo, Fabio, Alexander, Rudi, Héctor, Edwin, Ernesto, Melvin, Wagner, Mario, Verónica, Marvin, Remigio, Randi y Byron, mil gracias por su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi Asesora Inga. María del Rosario Colmenares de Guzmán sin usted nada de esto hubiera sido posible, gracias, mil gracias.

El Hospital General San Juan de Dios y, en especial, al departamento de mantenimiento por permitirme llevar a cabo mi trabajo de graduación.

La Facultad de Ingeniería

Por haberme dado todos los conocimientos académicos adquiridos durante los años de estudios universitarios.

Mi Patria Guatemala

Donde me siento orgulloso de haber nacido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
OBJETIVOS	XIX
1 ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Tipos de suministros de energía eléctrica	1
1.2 Fuentes propias de energía	2
1.2.1 Generadores eléctricos autónomos	3
1.2.2 Sistemas de acumulación de energía eléctrica	5
1.2.3 Equipos autónomos	5
1.3 Sistema de alimentación de emergencia	6
1.3.1 Alimentaciones alternas de energía	6
1.3.2 Tipos de carga	7
1.3.3 Capacidades de energía de emergencia	8
1.3.4 Grupo generador de energía de reserva	8
1.4 Equipo de potencia	9
1.4.1 Entrada de servicio	9
1.4.2 Tableros y paneles	9
1.4.3 Transformadores	10
1.4.4 Motores y arrancadores de motor	11

1.5 Motores de combustión interna	12
1.5.1 Tipos y aplicaciones de los motores de combustión interna	13
1.5.1.1 Motores de ignición eléctrica	14
1.5.1.2 Motores de ignición por compresión	16
1.5.1.2.1 Generalidades de los motores diesel	17
1.5.1.2.1.1 Potencia	18
1.5.1.2.1.2 Tipos de operación	19
1.5.1.2.1.3 Tipos de funcionamiento	21
1.5.1.2.1.4 Rendimiento	25
1.5.2 Tipos de enfriamiento	26
1.5.3 Tipos de regulación de carga	30
1.5.4 Combustibles y golpeteo	31
1.5.4.1 Golpeteo en motores de ignición eléctrica	31
1.5.4.2 Golpeteo en motores diesel	32
1.5.4.3 Características de los combustibles	34
1.6 Concepto general de mantenimiento	37
1.6.1 Mantenimiento hospitalario	38
1.6.2 Mantenimiento correctivo	38
1.6.3 Mantenimiento preventivo	39
1.6.3.1 Ventajas del mantenimiento preventivo	40
1.6.4 Mantenimiento predictivo	40
1.6.5 Funciones y objetivos del mantenimiento	41
1.6.6 Objetivos del mantenimiento predictivo	42

2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS	45
2.1 Análisis y descripción de puestos en la sección de plantas eléctricas de emergencia	45
2.1.1 Identificación del puesto	47
2.1.2 Descripción del puesto	47
2.1.3 Funciones del puesto	48
2.1.4 Requisitos mínimos para el puesto	49
2.2 Mantenimiento	49
2.2.1 Mantenimiento actual	52
2.2.2 Rutina de mantenimiento	52
2.2.2.1 Rutinas de mantenimiento	54
2.2.2.2 Inspecciones de mantenimiento	55
2.2.3 Utilización de recursos humanos subcontratados para funciones de mantenimiento	55
2.3 Proceso de verificación del funcionamiento actual de las plantas eléctricas	56
2.4 Fallas más comunes de los equipos	61
2.4.1 Clasificación de las fallas	61
2.4.2 Tipo de fallas más comunes	61
2.4.3 Causas	63
3 PROPUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	71
3.1 Procedimientos de operación de una planta diesel	71
3.1.1 Paneles de control	71
3.1.2 Aplicación de la carga	72
3.1.3 Arranque y paro automático	74
3.1.4 Arranque y paro manual	74
3.1.5 Requerimientos del lubricante, combustible y refrigerante	75

3.1.6	Información general	75
3.2	Procedimientos de inspección y mantenimiento	77
3.2.1	Guía de mantenimiento	78
3.2.1.1	Programa de mantenimiento	79
3.2.1.1.1	Inventario técnico	79
3.2.1.1.2	Procedimientos para el mantenimiento	85
3.2.1.1.3	Control de frecuencias	90
3.2.1.1.4	Registro de reparaciones	90
3.2.1.2	Equipo y herramientas necesarias	93
3.2.2	Establecimiento de sistemas de mantenimiento periódico	95
3.2.2.1	Diario	95
3.2.2.2	Semanal	95
3.2.2.3	Mensual	96
3.2.2.4	Por cada 3 meses ó 250 horas de utilización	97
3.2.2.5	Por cada 6 meses ó 500 horas de utilización	98
3.2.2.6	Por cada 12 meses ó 1000 horas de utilización	99
3.2.2.7	por cada 24 meses ó 2000 horas de utilización	101
3.2.3	Control de inventarios	101
3.2.3.1	Inventario promedio	102
3.2.3.2	Inventario mínimo	103
4	PROCEDIMIENTOS NECESARIOS EN EL MANTENIMIENTO	105
4.1	Manual de mantenimiento	105
4.1.1	Objetivos del manual de mantenimiento	105
4.1.2	Funciones del manual de mantenimiento	106
4.1.3	Generalidades del manual de mantenimiento	106
4.1.4	políticas de mantenimiento	106
4.1.5	Ítems de trabajo de mantenimiento	107
4.1.5.1	Sustitución de aceite de motor	107

4.1.5.2	Cambio de filtro de aceite	108
4.1.5.3	Cambio de filtro de combustible	109
4.1.5.4	Chequeo de batería	111
4.1.5.5	Chequeo de fugas	111
4.1.5.6	Chequeo de mangueras	112
4.1.5.7	Chequeo de fajas	112
4.1.6	Puntos importantes de mantenimiento para el operador	113
4.1.7	Recomendaciones generales para el operador	116
4.1.8	Puntos claves en la instalación de una planta diesel	117
4.1.9	Normas de seguridad	118
5	SEGUIMIENTO	121
5.1	Contabilidad de los costos de mantenimiento	121
5.1.1	Acumulación de los costos de mantenimiento	121
5.1.2	Preparación de reportes de costos	128
5.1.2.1	Registro, resumen y distribución de los costos	129
5.1.3	Control de costos para la operación efectiva	130
5.1.3.1	Método para controlar los costos	130
5.1.4	Índices de confiabilidad	131
5.1.4.1	Índices de mantenimiento	132
5.1.4.1.1	Recursos humanos	132
5.1.4.1.2	Recursos energéticos	133
5.1.4.1.3	Costos de mantenimiento	134
5.2	Supervisión del mantenimiento	136
5.2.1	Auditorías periódicas	136
5.2.2	Visitas de inspección y desarrollo de rutinas	137
5.2.3	Reporte semanal de actividades	138
5.2.3.1	Hoja de supervisión	138

CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFÍA	143
ANEXOS	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta generadora eléctrica caterpillar de 20 cilindros en V	4
2.	Diagrama de un sistema mostrando tres métodos de alimentación de energía de emergencia	7
3.	Cámara de combustión del motor de ignición eléctrica	15
4.	Cámara de combustión del motor de ignición por compresión	16
5.	Ciclos del motor de dos tiempos	22
6.	Ciclos del motor de 4 tiempos	25
7.	Estructura estratégica del programa de mantenimiento predictivo	43
8.	Organigrama del departamento de mantenimiento del Hospital General San Juan de Dios	46
9.	Planta kohler 600	56
10.	Planta Caterpillar D349	57
11.	Planta Caterpillar D349	58
12.	Tanque de combustible principal	59
13.	Planta Caterpillar en área de maternidad	60
14.	Tanque que abastece la planta de maternidad	60
15.	Panel de control de una planta eléctrica	72
16.	Chequeo de frecuencia y voltaje	73
17.	Chequeo de fases del generador	73
18.	Desmontaje y colocación de tapón de carter	107
19.	Chequeo de nivel de aceite	108
20.	Desmontaje de filtro de aceite	109

21.	Colocación de filtro de aceite	109
22.	Colocación de filtro de combustible	110
23.	Aire en sistema de combustible	110
24.	Batería de arranque	111
25.	Fugas de aceite en motor	111
26.	Mangueras reventadas en planta eléctrica	112
27.	Chequeo de fajas	112
28.	Costo de mantenimiento en función de la frecuencia de inspección	127
29.	Costo de mantenimiento en función de la frecuencia de inspección incluyendo costo por paro de maquinas	128

TABLAS

I.	Puntos de inflamación para algunos combustibles	34
II.	Limites de inflamabilidad para algunos combustibles	36
III.	Áreas para formato de inventario técnico	80
IV.	Clasificación por grupos para inventario técnico	80
V.	Clasificación de grupos y subgrupos	81
VI.	Formato para inventario técnico para plantas eléctricas	82
VII.	Anverso de formato para rutinas de mantenimiento preventivo	86
VIII.	Reverso de formato para rutinas de mantenimiento preventivo	87
IX.	Formato de ficha de vida	91
X.	Herramientas generales	93
XI.	Equipo de medición	93

XII.	Herramienta especializada	94
XIII.	Medios de comunicación	94
XIV.	Personal empleado en el área de plantas eléctricas	122
XV.	Costo de herramienta y equipo	122
XVI.	Costo de capacitación	123
XVII.	Materiales gastables	124
XVIII.	Costo de repuestos	124
XIX.	Costo de mano de obra	126
XX.	Índice de productividad	132
XXI.	Índice de eficiencia	133
XXII.	Consumo de energía eléctrica por cama	133
XXIII.	Consumo de energía eléctrica por metro cuadrado construido	134
XXIV.	Consumo de diesel por cama	134
XXV.	Costo de mantenimiento por cama	135
XXVI.	Costo de mantenimiento por metro cuadrado construido	135
XXVII.	Formato para órdenes de trabajo	146
XXVIII.	Formato para reporte semanal de actividades	147
XXIX.	Formato para hoja de supervisión	148

GLOSARIO

Carga eléctrica	Magnitud que caracteriza, mueve y da lugar al fenómeno de la corriente eléctrica en partículas subatómicas y cuerpos microscópicos.
Carrera	Distancia entre un punto superior, punto muerto superior, y uno inferior, punto muerto inferior, en las máquinas que utilizan pistones.
Cárter	Estructura en forma de caja que protege partes mecánicas y que sirve, también, de contenedor del lubricante para el respectivo baño de las partes en movimiento.
Combustión	Combinación exotérmica con el oxígeno. Reacción química con el oxígeno y que libera luz y calor.
Descarga	Fase de expulsión de gases quemados en motores de combustión interna.
Desgaste	Perdida de material por rozamiento.
Frecuencímetro	Instrumento de medida de la frecuencia. Puede ser de láminas, para bajas frecuencias o de puente, para las elevadas.
Fuente	Punto desde el que se extrae la energía que permite el funcionamiento de un circuito o equipo determinado.

Fusible	Dispositivo de protección contra corrientes cuyo valor es demasiado elevado para el circuito que protege.
Interruptor	Dispositivo electromecánico, electromagnético o electrónico que permite abrir o cerrar un circuito.
Ítem	Término general para indicar un equipo, obra o instalación.
Lubricación	Operación por la cual se reduce el rozamiento entre superficies en contacto.
Lubricante	Sustancia utilizada para reducir los rozamientos entre superficies en movimiento.
Manómetro	Instrumento que mide presiones superiores a las atmosféricas. La lectura se realiza sobre un cuadrante graduado y con aguja.
Par mecánico	Sistema formado por dos fuerzas paralelas pero de sentido contrario. Genera un movimiento producto de una fuerza vectorial con respecto a la distancia de otra.
Regulador	Elemento pasivo que logra reducir oscilaciones y vibraciones en partes mecánicas manteniendo constante el valor de una magnitud.
Selector	Conmutador mecánico de varias posiciones o eléctrico activado por pulsaciones eléctricas o radioeléctricas, cuya aplicación más común es el teléfono.

Stock	Recurso sin utilizar y que tiene valor económico y que contribuye o forma parte del producto final de la empresa.
Termostato	Sensor de temperatura mecánico y eléctrico para fluidos, especialmente, usado con agua y sensible al aumento de temperatura.
Vibración	Movimiento oscilatorio por efecto de la elasticidad e inercia del sistema. Usualmente, es una oscilación rápida y de escasa amplitud de las moléculas de un cuerpo.

RESUMEN

La energía eléctrica es imprescindible para el servicio de las áreas críticas de un hospital. Se ha comprobado que por la falla del suministro de energía eléctrica se puede llegar a una gran pérdida de vidas humanas, es por esto que se considera el más vital de todos los sistemas. La distribución del fluido eléctrico hace posible la iluminación y el funcionamiento de los equipos eléctricos, médicos e industriales, siendo de mayor importancia los equipos médicos de soporte para la vida ubicados en las áreas críticas del hospital.

Por lo mencionado, anteriormente, es de vital importancia que un hospital cuente con plantas generadoras de energía eléctrica. Debido al escaso presupuesto de los hospitales nacionales, se hace necesario disponer y aplicar un plan de mantenimiento óptimo, con el cual se logre una reducción de costos de operación de las plantas eléctricas, así como disponer de la energía eléctrica necesaria cuando exista una falla en el suministro de la red comercial.

Así, también, es necesario contar con todo tipo de información relacionada con la operación de una planta eléctrica, ya que, en muchos casos se pueden evitar errores que causen serios daños en la operación de las mismas y dicha información es de suma importancia a la hora de hacer los mantenimientos. No debemos dejar por un lado toda la documentación empleada en un programa de mantenimiento debido a que es necesaria, pues con esta se podrán hacer comparaciones en períodos determinados y, así, tomar decisiones mas acertadas en relación a costos, sustitución de equipo, repuestos, etc.

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones básicas o líneas vitales son el conjunto de sistemas que proporcionan y conducen el suministro de los elementos primordiales para el funcionamiento del hospital y supervivencia de sus habitantes. Entre estas se encuentran las líneas de generación y distribución de energía eléctrica, el suministro de agua potable, la red de comunicaciones, la de evacuación de aguas servidas, entre otras. Pero un sistema que esta mutuamente relacionado con los otros es el sistema de generación y distribución de energía eléctrica.

El presente trabajo tiene como finalidad presentar los distintos aspectos de interés para los encargados del mantenimiento y operación de las plantas eléctricas en los hospitales, proporcionando un panorama general, en cuanto a que partes del equipo requieren de especial atención, las consecuencias al incumplimiento de las reglas y recomendaciones que dan los distintos fabricantes.

Además de prolongar la vida útil de los equipos y de asegurar la continuidad en el servicio de energía eléctrica, existe la satisfacción de contribuir, juntamente con el personal médico, en la noble tarea de salvar vidas de aquí la importancia de que el encargado del mantenimiento se instruya adecuadamente.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un programa de mantenimiento y operación para las plantas eléctricas del Hospital General San Juan de Dios con el fin primordial de prolongar la vida útil del equipo y asegurar la continuidad de los servicios.

Específicos

1. Conocer los distintos componentes y el funcionamiento de una planta de energía eléctrica.
2. Describir la importancia que tiene la continuidad del servicio eléctrico en un hospital.
3. Hacer conciencia al los encargados del mantenimiento y operación de plantas eléctricas, los riesgos y consecuencias que conlleva el no cumplimiento de las normas de seguridad.
4. Mostrar las ventajas y desventajas que tienen los servicios subcontratados para el mantenimiento de las plantas eléctricas.

5. Diseñar un plan de mantenimiento para las plantas eléctricas haciendo una optimización de los recursos.

6. Establecer procedimientos de arranque, paro, pruebas y aplicación de carga para las plantas eléctricas.

7. Dar a conocer herramientas que nos ayudaran a optimizar nuestro plan de mantenimiento y operación de las plantas eléctricas.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Tipos de suministros de energía eléctrica

Antes de entrar en consideración de las fuentes propias de energía se va a hablar de los diferentes tipos de suministros:

- A Suministros normales** son los efectuados a cada abonado por una sola empresa distribuidora por la totalidad de la potencia contratada por el mismo y con un solo punto de entrega de la energía.

- B Suministros complementarios** son los que, a efectos de seguridad y continuidad de suministro, complementan un suministro normal pudiendo realizarse por dos empresas diferentes o por la misma empresa, cuando se disponga, en el lugar de utilización de la energía, de medios de transporte y distribución independientes o por el usuario mediante medios de producción propios.

- C Suministro de socorro** es aquel que está limitado a una potencia receptora máxima equivalente al 15 % del total contratado para el suministro normal.

- D Suministro de reserva** es el dedicado a mantener un servicio restringido de los elementos de funcionamiento indispensables de la instalación receptora, hasta una potencia máxima del 50 % de la potencia total contratada para el suministro normal.

E Suministro duplicado es el que se efectúa a un abonado sin las limitaciones de potencias señaladas anteriormente para los suministros de socorro y de reserva.

Las instalaciones previstas para recibir suministros complementarios deberán estar dotadas de los dispositivos necesarios para impedir un acoplamiento entre suministros.

Cualquiera que sea su capacidad, deberán de disponer de suministros de socorro:

- Teatros, cines, salas de baile y toda clase de espectáculos públicos.
- Salas con capacidad de asistencia o reunión superior a 300 personas.
- Centros de enseñanza, bibliotecas, casinos y salas de conferencias.

Deberán de disponer de suministro de reserva:

- Estadios y pabellones deportivos, estaciones de viajeros, aeropuertos y establecimientos comerciales con gran afluencia de público, como grandes almacenes, así como los hospitales, clínicas y sanatorios.

1.2 Fuentes propias de energía

Se entiende por fuentes propias de energía todas aquellas que permitan un suministro eléctrico independiente de la empresa eléctrica mediante uno de los siguientes sistemas:

- A** Generadores eléctricos autónomos: como grupos electrógenos alimentados por algún tipo de combustible que generan corriente alterna para alimentar diferentes receptores con independencia de la red eléctrica.

- B** Sistemas de acumulación de energía eléctrica: por medios químicos, como pueden ser acumuladores, previstos para alimentar los grupos de receptores.

- C** Equipos autónomos: provistos de baterías recargables, no siendo admisibles las baterías de pilas.

Estos sistemas se pondrán en funcionamiento al producirse la falla de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros normales procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o también cuando aquella tensión descienda por debajo del 70 % de su valor nominal.

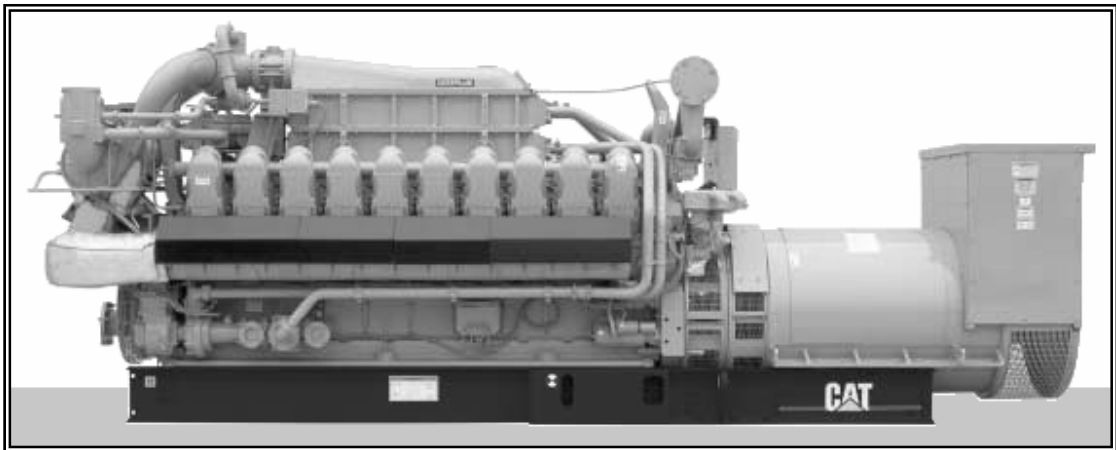
Las fuentes propias de energía deberán poder suministrar además de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes e indispensables en los lugares de gran concurrencia de público.

1.2.1 Generadores eléctricos autónomos

También conocidos como grupos electrógenos, se emplean para el abastecimiento eléctrico alternativo o complementario a red de suministro normal.

Están formados por un motor de combustión interna que funciona normalmente con diesel o gasolina y en algunos casos con gas, en función de la potencia, un acoplamiento, un generador eléctrico de corriente alterna y un armario eléctrico con sistema automático de control.

Figura 1. Planta generadora eléctrica caterpillar de 20 cilindros en V



Fuente: Datos técnicos de planta modelo G3500. Pág. 5

Los grupos electrógenos pueden ser de arranque automático a falta de la tensión de red o de arranque manual, en función de las necesidades de disponibilidad de suministro eléctrico en la instalación.

Puede imaginarse que no tiene las mismas consecuencias la interrupción del suministro eléctrico en un almacén frigorífico que en un quirófano, puesto que aunque en los dos casos es necesaria una continuidad en el servicio, en el primero de ellos no pasa nada si se tarda unos minutos en restablecer el servicio, mientras que en el segundo puede estar en juego la vida de una persona.

1.2.2 Sistemas de acumulación de energía eléctrica

Los sistemas de acumulación de energía eléctrica centralizados, destinados a la alimentación de varios receptores, están constituidos por un cargador automático a intensidad constante que carga una batería de níquel-cadmio y la mantiene en permanente estado de sobrecarga.

Estos sistemas, junto con los aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones de los alumbrados especiales han de disponer de un voltímetro de clase 2,5 por lo menos, para el control permanente de la tensión de la batería y se dispondrán en un cuadro central situado fuera de la posible intervención del público.

1.2.3 Equipos autónomos

Consisten en luminarias que incorporan, además de la fuente de luz formada normalmente por un tubo fluorescente para reducir el consumo, una batería recargable que alimenta la lámpara en el caso de que falle el suministro normal que alimenta la misma.

La batería está en carga permanente mediante el suministro eléctrico normal, para asegurar que la lámpara se encenderá en caso de fallo del mismo.

Si la lámpara se enciende solamente en caso de fallo del suministro normal, tenemos un aparato de alumbrado de emergencia. Y si la lámpara permanece encendida durante todo el tiempo y se mantiene, además, encendida en caso de fallo del suministro normal, tenemos un aparato de alumbrado de señalización.

El tiempo de carga de estos equipos suele ser de 24 horas y constan normalmente de un indicador de acumulador de carga, continuidad en el circuito de emergencia y presencia de tensión de red.

1.3 Sistemas de alimentación de emergencia

Los códigos de construcción requieren de manera legal sistemas de alimentación de emergencia, para asegurar la continuidad en la operación del edificio, cuando la pérdida de suministro normal pudiera crear riesgos a la vida, riesgos de incendio o pérdida de propiedades o de negocios.

1.3.1 Alimentaciones alternas de energía

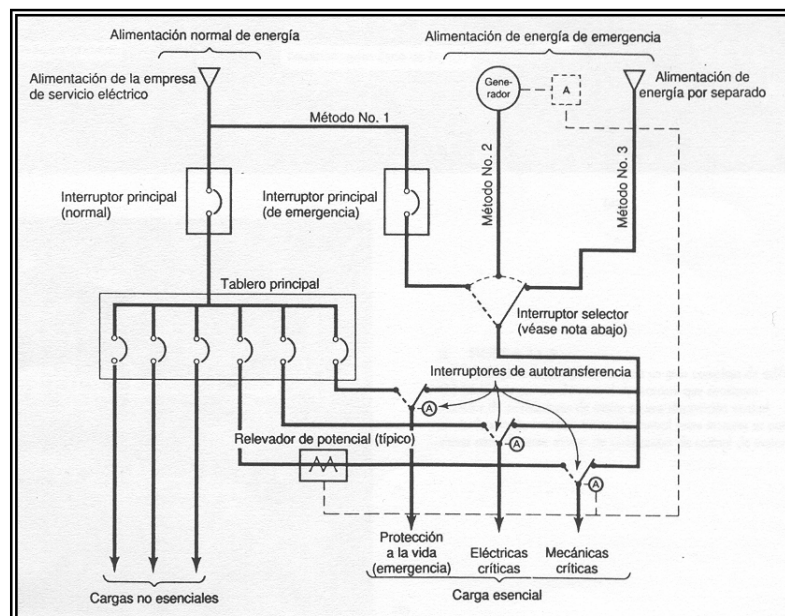
Comúnmente se utilizan tres tipos de alimentaciones de energía de emergencia:

1. Derivación antes del interruptor principal. Cuando el interruptor principal se desconecte, el circuito derivado de emergencia seguirá activo. Éste es el sistema de alimentación de emergencia alterna menos confiable, ya que si se pierde el suministro de energía del servicio público, tanto los circuitos derivados normales como los de emergencia quedarán fuera de servicio.

2. Generador en el domicilio. Uno o más generadores eléctricos instalados en el domicilio o en el edificio, arrancarán de manera automática para proporcionar energía a las cargas esenciales. Ésta es la alternativa más confiable, aunque es la más costosa tanto en inversión como en mantenimiento.

3. Fuentes independientes de energía. La carga de emergencia automáticamente es transferida a una fuente de energía separada, ya sea de la misma empresa suministradora del servicio eléctrico o de otra fuente de energía. Esta alternativa no está disponible excepto tratándose de edificios extremadamente grandes.

Figura 2. **Diagrama de un sistema mostrando tres métodos de alimentación de energía de emergencia**



Fuente: Richard R. Manis, **Manual de instalaciones eléctricas y mecánicas en edificios.**

Pág. 327

1.3.2 Tipos de carga

Las cargas de emergencia son cargas eléctricas que deben ser mantenidas durante una falla de energía o durante una emergencia, como en el caso de un incendio. Estas cargas incluyen luces de emergencia o de escape, sistemas de control del edificio, sistemas de alarma contra incendio, elevadores, etc.

Las cargas críticas son cargas eléctricas que, al ser interrumpidas, pueden causar que ciertos equipos, como refrigeradores o congeladores, ya no sean operacionales. Algunas veces, como en el caso de una caja registradora, también se pierde negocio. Las cargas críticas se requieren específicamente en instalaciones de cuidados relacionados con la salud.

1.3.3 Capacidades de energía de emergencia

Las capacidades de las cargas de emergencia y cargas críticas, varía según el diseño y el uso de un edificio. Obviamente, un edificio de oficinas de una sola planta, no requerirá nada que se parezca a la carga esencial de un edificio de muchos pisos, de un hospital, de un laboratorio, o de una planta industrial especial. En general la carga esencial para oficinas puede variar entre el 10 al 20 % de la carga total conectada, y puede llegar a ser tanto como el 40 %, en edificios de extra gran altura y en hospitales.

1.3.4 Grupo generador de energía de reserva

Un generador es un equipo eléctrico que genera energía eléctrica. Una planta eléctrica generadora es una unidad completa, incluyendo al impulsor primario que mueve al generador, y los controles necesarios de arranque, velocidad y energía. Dentro de los segundos posteriores a la pérdida de la energía normal unos sensores automáticos iniciarán el arranque del motor primario. El motor primario puede ser un motor de gasolina o diesel, o una turbina de vapor.

En muchos tipos de edificios, como hospitales y hoteles se requiere de energía de reserva. También es esencial para edificios de gran altura, mas de siete pisos, independientemente del tipo de edificio de que se trate.

1.4 Equipo de potencia

En un sistema de distribución de energía eléctrica existen varios niveles de equipo, iniciando con la toma o servicio de energía, los transformadores, el equipo de distribución y terminando con dispositivos de protección del lado de la carga.

1.4.1 Entrada de servicio

La energía de la empresa pública puede entrar a un edificio a través de una acometida aérea, en el caso de pequeños sistemas, o a través de bancos de ductos subterráneos, para sistemas grandes. La energía de la entrada de servicio pudiera estar al voltaje de uso del edificio, como 120/240 o 120/208 volts, o pudiera entrar a un voltaje más alto, que posteriormente se reducirá al voltaje de uso a través de transformadores reductores.

1.4.2 Tableros y paneles

Un tablero de interruptores es un conjunto de interruptores y dispositivos de protección de circuitos a partir del cual se distribuye la energía. El tablero de interruptores sirve como centro principal de distribución de un pequeño sistema, o como una porción del centro de distribución en un sistema más grande.

Un tablero de distribución es un conjunto de interruptores y de dispositivos de protección de circuito que sirve como punto de distribución final del sistema. Dependiendo de la carga a la cual se conecte, el tablero se puede identificar como de iluminación, de energía, de calefacción, de alguna especialidad, o un tablero de distribución combinado. No existe diferencia clara entre tableros de interruptores y tableros de distribución, aunque uno se refiere siempre al tablero de interruptores como el equipo de distribución, más cercano a la extremidad de suministro del sistema.

1.4.3 Transformadores

Los transformadores son equipos de transmisión de energía cuyo propósito principal es convertir el voltaje del sistema de un nivel a otro.

Todos los transformadores operan con base en el principio de la inducción magnética, en la cual se devanan bobinas primarias y secundarias sobre un núcleo de acero al silicio común. El lado de entrada es el primario, y el lado de salida es el secundario. Si del primario al secundario se incrementa el voltaje, el transformador será un elevador; si se reduce, es un transformador reductor. El voltaje resultante es directamente proporcional a la relación de vueltas entre los embobinados primario y secundario.

Los transformadores se clasifican de aceite o secos. Este último se utiliza principalmente en aplicaciones de uso interior. Los transformadores de tipo de aceite tienen una impedancia más baja y normalmente son más eficientes, pero deben instalarse en pozos para transformadores o en espacios cerrados.

1.4.4 Motores y arrancadores de motor

Virtualmente cualquier equipo que requiera de movimiento, como una bomba, elevador, ventilador, aire acondicionado, o incluso equipo tan pequeño como un reloj eléctrico, requiere de un motor.

Motores: los motores se clasifican de acuerdo a las siguientes características: tamaño, voltaje, número de polos, fase, principio de operación, construcción y características de arranque.

La mayor parte de los motores utilizados en los equipos de los edificios son del tipo de inducción de jaula de ardilla. Debido a la reactancia inductiva del embobinado del motor, los motores de inducción siempre tienen un factor de potencia atrasado, que puede ir desde el 70 al 80% a plena carga, y tan bajo como el 10 al 20% durante el arranque. En consecuencia, la corriente de arranque de un motor puede ser de hasta 10 veces corriente a plena carga.

El tamaño de un motor se establece en caballos de fuerza (HP) que es equivalente a 746 watts, o 0.75 kW. La corriente a plena carga de un motor varía de acuerdo a su diseño.

Operando bajo un principio de deslizamiento: un motor de inducción tiene una velocidad normal ligeramente menor que su velocidad síncrona. Por ejemplo, un motor de dos polos normalmente tiene una velocidad síncrona de 3,600 rpm (60 Hz x 60 seg/min), pero una velocidad nominal de 3,450-3,500 rpm, si opera en un sistema de 60 Hz.

Arrancadores de motor: cuando arranca algún motor, su corriente es mucho mayor que su corriente normal a plena carga durante varios segundos. La persistencia de esta corriente de arranque dependerá de la rapidez con que pueda llevar el equipo a velocidad plena, lo que a su vez dependerá de la inercia de la carga. Los interruptores ordinarios de activar y desactivar de tipo manual no son capaces de resistir el flujo momentáneo de corriente. Por lo que son necesarios interruptores diseñados para circuitos de motores. Para motores grandes de un caballo o más se requieren arrancadores automáticos. Estos arrancadores permiten momentáneamente un gran influjo de corriente, incluyendo además protección contra sobrecarga continuada.

Los arrancadores pueden clasificarse de acuerdo con las propiedades siguientes: principio de operación, dispositivos de protección, circuito de arranque, circuitos de protección y construcción.

Los arrancadores de motor pueden montarse individualmente o en sistemas grandes ser preensamblados como centro de control de motores, para facilitar la instalación de conductores de entrelazamiento de control.

1.5 Motores de combustión interna

Un motor de combustión interna es un dispositivo que opera en un ciclo termodinámico abierto y se emplea para convertir la energía química de un combustible en energía mecánica de rotación. Esta última se usa a menudo directamente como potencia motriz a través de una transmisión apropiada, tal como en las aplicaciones automotrices. La energía mecánica de rotación también puede utilizarse para accionar una hélice, en aplicaciones náuticas o aeronáuticas.

De manera alternativa, el motor de combustión interna puede acoplarse a un generador para obtener energía eléctrica, o bien a una bomba hidráulica o un compresor de gas.

Debe hacerse notar que la favorable relación potencia-peso del motor de combustión interna lo hace ideal para aplicaciones motrices, por lo que la mayor parte de los motores de esta clase se fabrican para la utilización en vehículos automóviles, locomotoras, embarcaciones y aeronaves. La elevada relación potencia-peso del motor de combustión interna también es el motivo de su empleo en otras aplicaciones que requieren una fuente de potencia de bajo peso, tales como las sierras de cadena y cortadoras de césped.

1.5.1 Tipos y aplicaciones de los motores de combustión interna

Los motores de combustión interna suelen clasificarse, con base en el método para iniciar la combustión, en dos grupos, a saber: motores de ignición eléctrica (IE, Otto y Wankel), y motores de ignición por compresión (IC, Diesel).

Otra forma de clasificación se basa en el hecho de si la energía mecánica rotatoria se obtiene del movimiento rectilíneo alternativo de uno o más pistones, que es lo más común, o del movimiento de un pistón rotativo, en el *motor* de rotación directa o Wankel. Los principios físicos de un motor Wankel equivalen a los de un motor de pistones si se hacen las consideraciones geométricas apropiadas.

En estos motores ocurren cinco procesos generales:

1. Admisión, durante el cual se aspira o induce aire o una mezcla de aire y combustible (aire carburado) a la cámara de combustión.

2. Compresión, durante el cual el aire o la mezcla de combustible y aire se comprime a condiciones de mayor temperatura, presión y densidad.

3. Combustión, en el cual la energía química del combustible se convierte en energía térmica de los productos de la combustión.

4. Expansión, durante el cual una parte de la energía térmica del fluido operante se convierte en energía mecánica.

5. Escape, durante el cual la mayor parte de los productos de la combustión son expulsados de la cámara de reacción.

1.5.1.1 Motores de ignición eléctrica

Los motores de ignición eléctrica ideados por Otto funciona de la siguiente manera: en la primera fase llamada de admisión, la carga es aspirada hacia el interior de la cámara, provocando el descenso del pistón a lo largo del cilindro.

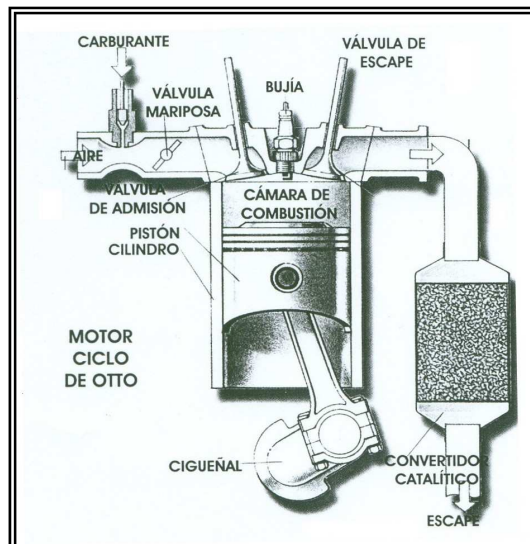
Durante esta fase la válvula de admisión permanece abierta y la de escape cerrada. La fase de compresión se inicia cuando el pistón empieza a desplazarse hacia arriba.

Durante esta fase las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas, de forma que la carga es comprimida hasta que su volumen se hace muy pequeño.

Cuando toda la carga queda encerrada en la recámara o parte superior del cilindro, es encendida mediante una chispa eléctrica que salta entre los polos de la bujía y se inicia la fase de explosión, en la cual se forman gases muy calientes que se expansionan empujando el pistón hacia abajo a lo largo del cilindro. Estas válvulas permanecen cerradas.

En la fase de escape se abre la válvula de escape y el pistón reinicia su carrera ascendente empujando los gases residuales de la combustión hacia el exterior del cilindro. Otto construyó un motor de gasolina siguiendo la secuencia de fases anteriormente descrita y comenzó su fabricación de escala industrial que giraba a 180 revoluciones por minuto.

Figura 3. **Cámara de combustión del motor de ignición eléctrica**



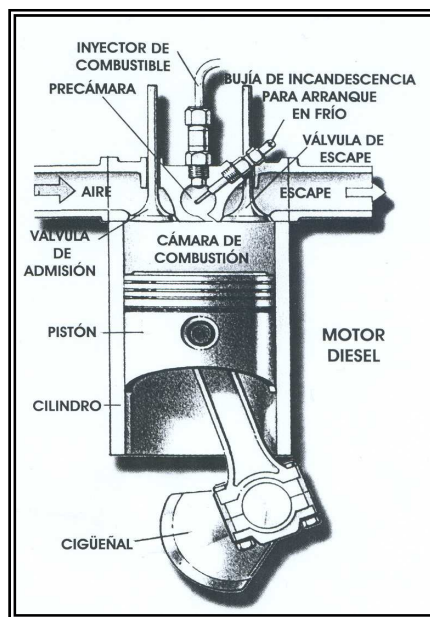
Fuente: Editorial Diseli, **Manual técnico en mecánica y electrónica**. Pág. 68

1.5.1.2 Motores de ignición por compresión

En el año de 1893 el ingeniero alemán Rodolfo Diesel publicó un trabajo titulado “teoría y construcción de un motor térmico racional”. Mediante la termodinámica se intentaba llegar a comprender las relaciones existentes entre el calor y el trabajo con el fin de aplicarlas luego en la construcción de convertidores de energía más eficaces. La teoría de Diesel se basaba en dos consideraciones fundamentales.

La primera consistía en el hecho de que cuanto más se comprimía una determinada cantidad de gas, más aumentaba su temperatura y de manera análoga cuanto más se expandía disminuía la temperatura. Por ejemplo la temperatura de la mezcla es muy alta cuando es comprimida por el pistón en su carrera ascendente y alcanza su mínimo volumen y se enfría cuando el gas alcanza su máximo volumen.

Figura 4. **Cámara de combustión del motor de ignición por compresión**



Fuente: Editorial Diseli, **Manual técnico en mecánica y electrónica**. Pág. 67

La segunda consideración de Diesel se basaba que cuanto mayor fuese la diferencia entre las dos temperaturas del gas, antes y después de la compresión mejor funcionaría el motor. La relación entre los dos volúmenes de gas en el cilindro antes y después de la compresión, se denomina relación de compresión.

La idea racional de Diesel consistía en aumentar la eficacia del motor de combustión interna de Otto, aumentando su relación de compresión, pensaba construir un motor que pudiera comprimir el aire hasta 16 veces de su volumen original; en este estado el aire alcanzaría una temperatura de 538 °C. Entonces se inyectaría directamente en el cilindro el carburante que debido a la alta temperatura prendería espontáneamente. En los primeros modelos de motor Diesel quemaban polvo de carbón.

1.5.1.2.1 Generalidades de los motores diesel

Rodolfo Diesel en 1892 concibió la idea de producir la ignición del combustible por compresión en lugar de utilizar chispa ó llama, llevándose a cabo esto mediante la inyección del combustible por medio de una bomba ó por aire comprimido, y arde por el calor de compresión. La construcción del motor diesel es esencialmente igual a la del motor de gasolina con la excepción del material empleado, el cual es mucho más resistente, en razón de las mayores presiones de trabajo que deben soportar.

Otra particularidad del motor diesel la constituye el hecho de que en él, el índice de compresión es ilimitado, en razón de que sólo comprime aire, a diferencia del de gasolina que comprime vapores de ella, lo que reduce la compresión a un límite que generalmente no puede exceder de 8:1, lo que permite afirmar lo siguiente “A una relación de compresión más elevada corresponde pues un rendimiento sensiblemente mayor, lo que permite afirmar que un diesel tiene un par motor más elevado que un motor de gasolina, a igualdad de carrera y diámetro interior del cilindro”.

Y refiriéndonos a los diferentes elementos que componen el motor diesel diremos que es poca la diferencia con relación al motor de gasolina siendo sus principales elementos los pistones, bielas, anillos, cigüeñal, válvulas, etc. Que son similares a las partes del motor de gasolina, existiendo gran diferencia entre otras en lo que se refiere a la resistencia de los mismos, así entonces los pistones son más largos y su corona afecta distintas formas para adaptarse al tipo de culata que en este sentido son varias y de las formas más caprichosas.

Los anillos de pistón en estos motores son numerosos, pudiendo llegar hasta seis o más. En lo que respecta a los cigüeñales son también de construcción comparativamente más fuertes que las de los motores de gasolina, aunque en los otros aspectos tienen las mismas características técnicas.

1.5.1.2.1.1 Potencia

En la selección de un sistema motor-generador es un aspecto que reviste mucha importancia, ya que de él depende que la unidad o unidades que se compren sean suficientes para alimentar un sistema de consumo de energía eléctrica.

La potencia es esencial en una máquina y existen varios métodos de evaluarla, y todos ellos son correctos y legales, sin embargo cada uno da un valor diferente aun si se trata del mismo motor.

Es posible determinar en escala creciente de potencias la capacidad de motores idénticos. Puede corregirse el número de HP a las condiciones existentes de presión al nivel del mar y a 16 °C. Otra forma, es medirla a un número excesivo de RPM. La potencia es aun mayor si no se considera la que se utiliza en el ventilador, el generador, las bombas y los otros componentes.

Finalmente, puede hacerse la evaluación a una carga que el motor sólo puede soportar por breve tiempo.

La única evaluación real es la que suministra el motor al tren de fuerza. Se trata de la potencia en el volante a las RPM indicadas y con todos los accesorios del motor en funcionamiento.

Se obtiene con el motor totalmente montado, con todos los accesorios instalados, y medida a las condiciones atmosféricas normales, a las RPM de trabajo, y con carga continua. Es la única evaluación que indica el trabajo real del motor en su empresa.

1.5.1.2.1.2 Tipo de operación

Se pueden dar dos casos, uno cuando el motor se mantiene en operación continua y cuando se utiliza el motor como de emergencia.

Cuando la unidad es para trabajar continuamente es decir que funciona sin parar, además es básico tenerlo en cuenta ya que el rendimiento varía entre servicio continuo y servicio de emergencia.

A este respecto conviene exponer los siguientes conceptos:

A Potencia continua:

(Norma británica 649) Es aquella que el motor desarrolla continuamente en caballos al freno a la velocidad de clasificación y a altitudes de hasta 150 metros sobre el nivel del mar, trabajando con aire cuya temperatura de entrada no pasa de 30 °C y con humedad ambiente máxima de 50%.

B Potencia de una hora:

Es la que el motor desarrolla en caballos al freno a la velocidad de clasificación por espacio de una hora en cualquier periodo de trabajo de 12 horas consecutivas. Es un 10% superior a la potencia continua.

C Potencia bruta máxima:

Es aquella que el motor desarrolla en estado de sobrecarga momentánea ocasional, lo que quiere decir que es una sobrecarga que la planta soportará durante un período de tiempo muy corto por ejemplo: cinco, diez, veinte o treinta minutos.

Ahora bien el oferente del equipo debe proporcionar al comprador todas las especificaciones al respecto y que sean autorizadas por la casa fabricante.

Si un motor se encuentra en estado de emergencia se le denominara "Stand-By" que quiere decir funcionamiento parcial o de emergencia.

Entendemos como funcionamiento de emergencia de una planta diesel-eléctrica al “Servicio eléctrico continuo durante la interrupción del servicio normal”. Este tipo de servicio se da en aquellas industrias o instituciones que necesitan continuidad del servicio eléctrico por ejemplo: congeladores, cuartos de enfriamiento, hornos, aire acondicionado y control de humedad, calefacción, materiales en proceso que deben terminar forzosamente su ciclo de manufactura, etc. Y que para evitar pérdidas cuantiosas necesitan protegerse por medio de plantas de emergencia.

La capacidad de estas plantas tienen que estar dimensionada de acuerdo al mínimo de equipo indispensable a operar durante una emergencia: luces de emergencia, protección de incendios, sistema de alarmas, congeladores, equipo especial, etc.

En lo que a la forma de operación respecta estas plantas trabajarán con un switch de doble tiro para que una posición sea cuando hay energía eléctrica exterior y la otra posición para cuando hay suspensión del servicio y tiene que entrar a operar la planta de emergencia, los mandos podrán ser manuales o automáticos según las necesidades de la empresa, y dicha planta tendrá que estar en un lugar aislado teniendo el buen cuidado de hacerle sus mantenimientos a tiempo para que pueda estar en buenas condiciones de funcionamiento a la hora de que se necesite de ella en cualquier momento.

1.5.1.2.1.3 Tipos de funcionamiento

Por lo general los motores en relación a su tipo de funcionamiento se clasifican en motores de dos y de cuatro tiempos.

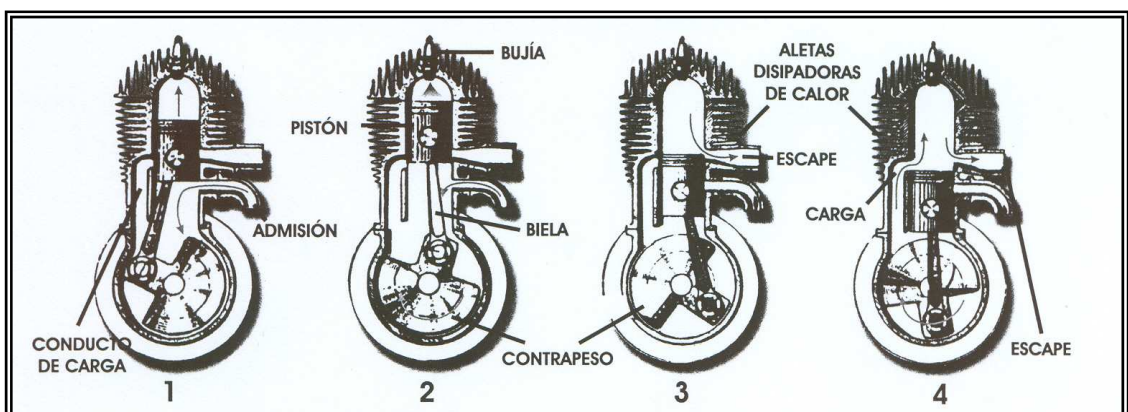
A Motor de dos tiempos

El motor de dos tiempos carece de mecanismo de distribución, de modo que no posee árbol de levas, engranajes, válvulas, etc. El cárter en general, no se emplea como depósito de aceite; es de reducidas dimensiones y se encuentra cerrado herméticamente, ya que se usa para la admisión y compresión preliminar de la mezcla.

En un lado del cilindro existen aberturas o lumbreras, una carga, a través de la cual pasa la mezcla del cárter del cigüeñal al cilindro. Una segunda que deja escapar los gases quemados del cilindro. Una tercera más abajo que la de escape, de admisión, por la que la mezcla de aire-combustible llega al motor. Desde la lumbrera de carga existe un conducto de carga por la cual pasa la mezcla en el momento indicado en el cilindro.

La mezcla no entra directamente al cilindro sino al cárter, la que aspira del carburador y la transfiere al cilindro, funcionando como una bomba, al entrar al cilindro ayuda a salir los gases de la explosión anterior.

Figura 5. Ciclos del motor de dos tiempos



Fuente: Editorial Diseli, **Manual técnico en mecánica y electrónica**. Pág. 71

Al bajar el pistón en el tiempo de explosión, cuando el pistón descubre la lumbrera de escape, la presión que conserva los gases en expansión se descarga rápidamente por la lumbrera de escape, al seguir bajando el pistón descubrirá la lumbrera de carga.

B Motor de cuatro tiempos

El primer ciclo llamado tiempo de admisión, donde el pistón se desplaza desde el punto muerto superior, extremidad superior del cilindro, al punto muerto inferior, extremidad inferior del cilindro, mientras la mezcla de aire y combustible es aspirada hacia el interior de éste en el punto muerto inferior el cilindro se encuentra lleno de la mezcla de combustible y aire.

En el segundo ciclo llamado tiempo de compresión, el pistón retrocede al punto muerto superior, cuando el pistón comienza su movimiento ascendente, se cierra la válvula de admisión mientras la válvula de escape permanece cerrada, la mezcla de aire combustible es comprimida en el espacio libre, conocido como cámara de combustión, comprendido entre la corona del pistón y la culata del cilindro.

El tercer ciclo llamado tiempo de expansión, explosión o potencia, en los motores de gasolina en el instante que el pistón alcanza el punto más alto de su carrera ascendente y la mezcla ha sido totalmente comprimida, ocurre una chispa que salta entre los polos de la bujía, provocando el encendido de la mezcla; en los motores diesel, la inflamación de la mezcla es provocada por la elevada temperatura interior del cilindro.

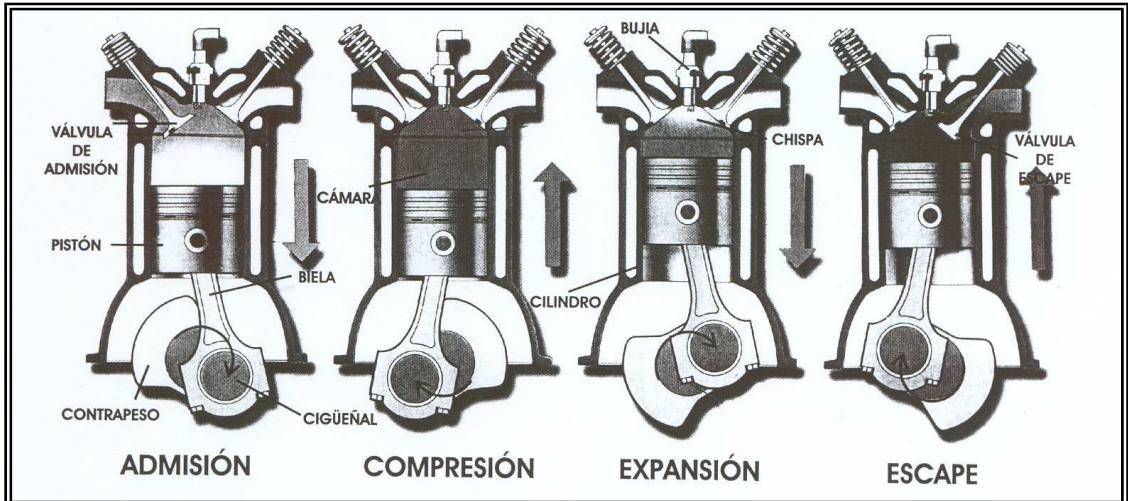
La inflamación en el cilindro no es súbita y violenta, porque la mezcla se quema progresivamente, aunque en muy corto tiempo la expansión de los gases también es progresiva y el pistón recibe un empuje de fuerza en vez de un golpe violento de una explosión. Por lo tanto resulta más efectivo producir una fuerza de empuje que un golpe violento.

La acción de quemar progresivamente el combustible se denomina combustión. La combustión se produce en el interior de los cilindros, por eso estos motores se clasifican como motores de combustión interna. El empuje del pistón hacia abajo durante el tiempo de expansión, hace girar el cigüeñal.

En el cuarto ciclo llamado tiempo de escape, el pistón sube hasta el punto muerto superior y la mayor parte de los gases, todavía bajo presión, salen del cilindro hacia la atmósfera a través de la válvula de escape. La carrera ascendente del pistón cuando la válvula de escape está abierta, es un medio efectivo para expulsar del cilindro del motor los gases quemados. Al llegar el pistón al punto más alto de su recorrido ascendente en el tiempo de escape, se abre la válvula de admisión y una nueva carga de combustible entra en el cilindro durante el movimiento siguiente del pistón al bajar en otro tiempo de admisión.

Estos cuatro tiempos constituyen el ciclo de funcionamiento del motor. Puesto que para completar este ciclo se necesitan dos carreras de subida y dos carreras de bajada del pistón, cuatro en total, se dice que los motores son de ciclo de cuatro tiempos o también motor de cuatro tiempos.

Figura 6. Ciclos del motor de 4 tiempos



Fuente: Editorial Diseli, **Manual técnico en mecánica y electrónica**. Pág. 70

1.5.1.2.1.4 Rendimiento

El efecto de las condiciones atmosféricas sobre el rendimiento de los motores es muy importante, ya que a veces es necesario predecir el rendimiento a obtener en algún lugar determinado, conociendo las condiciones generales y en otros casos cuando se desea comparar el desempeño del mismo motor o de motores diferentes en base a datos obtenidos bajo distintas condiciones ambientales.

Con esto quiere decir que es básico conocer el rendimiento que puede proporcionar un motor en determinadas condiciones, para no tener después que lamentar que el motor seleccionado no llene los requerimientos necesarios para satisfacer las necesidades para las cuales fue adquirido.

El primer caso que se da es normalmente una reducción en la capacidad nominal debido a operaciones en zonas elevadas, como índice para la reducción se debe considerar que la densidad del gas de escape debe ser igual tanto en la nueva localización como en condiciones estándar siempre referido a motores diesel.

Esta reducción de capacidad debe comprender automáticamente un ajuste del rendimiento de la bomba de combustible. Otro caso se basa esencialmente en condiciones de suministro de combustible constante. Las variaciones pueden ser pequeñas en las grandes unidades cuya capacidad se hará generalmente sobre la carga térmica en lugar de la densidad de los gases de escape, pero en los motores de los vehículos el factor de ajuste por variaciones atmosféricas puede exceder fácilmente un 5 % de la capacidad en la máquina.

Cuando se adquiriera una planta es aconsejable conocer previamente sobre las curvas de rendimiento del motor ya que estas ofrecen: gráficas en las cuales se puede llegar a determinar el consumo de combustible, la potencia del motor, la presión que nos daría el rendimiento de acuerdo con la altura y además puede determinarse el torque.

1.5.2 Tipos de enfriamiento

En todos los motores de combustión interna se requiere refrigerar ciertas zonas, aunque técnicamente tendrían mejor rendimiento sin la refrigeración y este enfriamiento se puede llevar acabo utilizando agua, aire, etc.

A Agua

La temperatura en la cámara de combustión podría llegar a 1926 °C y sí bien es cierto que esta temperatura solamente dura un instante antes de la expansión y que está enfría los gases, indudablemente se produciría alguna avería de no haber algún sistema de refrigeración, líquida o por aire. Una refrigeración inadecuada puede ser causa de que:

- Se quemen los pistones y válvulas de escape.
- La detonación sea excesiva en los motores de gasolina.
- Los pistones se agrieten a causa de la dilatación.
- El lubricante se queme.
- Se funda el metal de los cojinetes.

Los motores enfriados por agua poseen un termostato que mantiene la temperatura deseada en el bloque del motor antes de dejar circular el refrigerante por el radiador, una derivación permite la circulación a través del motor cuando el termostato está cerrado.

No sólo interesa mantener un gradiente mínimo de temperatura a través del bloque del motor, sino que el caudal de agua debe de regularse de manera que la temperatura sea lo suficientemente alta en todo el motor para impedir que los cilindros se desgasten a causa de la corrosión desarrollada a bajas temperaturas. La instalación está construida de forma que no entre aire y para dirigir el refrigerante a las partes críticas, tales como los asientos de válvulas de escape.

La energía derivada de la combustión abandona el motor en forma de:

- Trabajo en el eje
- Pérdidas en el escape y
- Pérdidas por refrigeración.

El motor enfriado por agua exige una revisión periódica de la misma ya que de faltar llegaría a ocasionar serios desperfectos en el motor por lo que se hace necesaria una persona que este dedicada al cuidado de la planta, lo cual en el motor enfriado por aire no es necesario, no obstante este tipo de motor exige una instalación un tanto más dificultosa y además usa una serie de accesorios extras que el motor enfriado por agua no usa.

B Aire

Este sistema de enfriamiento es bastante simple ya que un ventilador va fijado al volante y el aire es aspirado dentro del impulsor y se descarga por medio de una cubierta y conductos en las aletas de los cilindros y de las cabezas de los cilindros.

El motor está enfriado por aire y se debe instalar en una posición a nivel donde haya asegurado un abundante suministro de aire puro y frío, por lo que el aire de enfriamiento no debe ser obstruido. Si el motor está encerrado en una caja se deben proveer aberturas en la misma, enfrente de la entrada y de la salida del aire de enfriamiento, es importante que el aire caliente se expulse de la caja y no se le haga recircular hasta la entrada del aire pues esto haría que el motor se recalentaría.

Se debe evitar la entrada de suciedades, aserrín, broza. etc. En la entrada de aire de enfriamiento por la posición de defensas adecuadas, o colocando el motor en un lugar resguardado.

Se puede suministrar una pantalla giratoria para aplicarla al volante en los casos en que es posible que entren pelos, paja, etc; en la entrada del aire de enfriamiento. Generalmente el enfriamiento por aire se da en los motores de bajas capacidades (de 1 a 50KW).

C Torres de enfriamiento

En las grandes instalaciones diesel en las que los radiadores no resultan prácticos debido a su limitada capacidad refrigerante se emplean sistemas de enfriamiento de circulación sencilla o doble. Cuando puede obtenerse agua de una pureza razonable puede emplearse el sistema de refrigeración de circulación sencilla o del tipo abierto.

El agua de refrigeración pasa de un depósito a las camisas de los motores por simple gravedad. El agua caliente de las camisas de los motores se vierte en un embudo abierto de modo que el encargado de los motores puede verificar a simple vista la cantidad que circula. Desde el embudo pasa a un tubo distribuidor perforado y se vierte sobre una serie de láminas metálicas colocadas al exterior sobre dos paredes verticales.

Al escurrir el agua desde una lámina a la siguiente es enfriada por evaporación y por el aire, que absorbe una parte del calor. El agua enfriada se recoge en un sumidero al hormigón colocado debajo de las láminas y es bombeada al depósito.

La bomba de circulación está a veces colocada de modo que puede ser impulsada por el motor diesel principal, o si se trata de una central eléctrica puede ser movida por un motor eléctrico.

En algunos casos en lugar de llegar el agua a un tubo distribuidor perforado y dejarla escurrir sobre las láminas metálicas se la hace llegar a un depósito cuadrado o rectangular, poco profundo cuyo fondo esta perforado. El agua cae entonces en forma de chorros y muy finos a través del aire, que absorbe una parte del calor, y después se reúne en el sumidero de hormigón.

1.5.3 Tipos de regulación de la carga

Se refiere más que todo a la forma como el motor va a aceptar las variaciones en el consumo de carga que pueda soportar el mismo.

A Automática

Es importante que se contemple este aspecto ya que en la operación de más de una unidad generadora de energía eléctrica con otra u otras, este aspecto reviste importancia por el hecho de que es difícil sincronizar cuando la regulación es automática.

Este tipo de regulaciones permite al motor tomar toda la carga o consumo sin ningún tipo de control manual, o sea que en resumen, es aconsejable este sistema cuando se desea adquirir una planta diesel-eléctrica en condiciones de operación individual, es decir no sincronizada con otras, ya que si se quisiera hacer esto habría que hacer una serie de arreglos que dificultan la instalación.

B Manual

Es el sistema más recomendable ya que el ajuste de frecuencia y velocidad de rotación del motor se puede hacer manualmente, lo cual es útil en la operación en sincronía ya que permite asignarle determinada carga a la planta, por lo que no presenta ningún inconveniente al momento de sincronizar. La regulación de este tipo se lleva a cabo por medio de diferentes dispositivos en la bomba de inyección.

1.5.4 Combustibles y golpeteo

El golpeteo es el principal factor limitante en el diseño de la mayor parte de los motores de combustión interna. Es el resultado de las características de diseño de la máquina, condiciones de operación y propiedades del combustible.

1.5.4.1 Golpeteo en motores de ignición eléctrica

En un motor de ignición eléctrica se produce golpeteo si la mezcla de combustible y aire experimenta auto-ignición con demasiada facilidad. Al final del tiempo de compresión la mezcla de combustible y aire se encuentra a una temperatura y presión relativamente elevadas, los valores específicos de estas dependen principalmente de la relación de compresión y de la presión en el múltiple de admisión. La bujía produce entonces una llama que viaja hacia la periferia de la cámara de combustión.

El incremento en la temperatura y el número de moles de los gases quemados atrás del frente de llama hace que la presión aumente en toda la cámara de combustión.

Los gases terminales localizados en las regiones periféricas de la cámara de combustión se comprimen hasta alcanzar temperaturas aún mayores debido a este incremento en la presión. Si estos gases terminales reactivos permanecen en esta condición por un tiempo suficiente, entonces la mezcla experimentará autoencendido o auto-ignición. La combustión normal ocurre si el frente de llama pasa por los gases terminales antes de que experimente la auto-ignición.

Otros factores que incrementan la tendencia al golpeteo de un motor de ignición eléctrica son el aumento en la relación de compresión, el ascenso de temperatura del aire que entra, el incremento de distancia entre la bujía y los gases terminales.

Entre los factores que reducen la tendencia al golpeteo en un motor se incluyen el retardo en la sincronización de la chispa, la operación con mezclas ricas o pobres, y mayores niveles de sustancias inertes en la mezcla, a través de recirculación de gases de escape, inyección de agua, etc. Un combustible con índice octánico más alto tiene menor tendencia al golpeteo.

1.5.4.2 Golpeteo en motores diesel

En el motor diesel se produce golpeteo si la mezcla de combustible y aire no experimenta auto-ignición con facilidad suficiente. El golpeteo tiene lugar al principio del proceso de combustión en un motor diesel, mientras que en un motor de ignición eléctrica lo hace cerca del final de ese proceso.

Los factores que incrementan la tendencia al golpeteo de un motor diesel son los mismos que reducen las intensidades de atomización, vaporización, mezclado y reacción, y los que elevan la velocidad de inyección de combustible.

El motor Diesel tiende a presentar golpeteo en condiciones de arranque en frío debido a que:

- A** El combustible, el aire y las paredes de la cámara de combustión están inicialmente fríos, lo que da por resultado una elevada viscosidad del combustible, baja vaporización y bajas intensidades iniciales de reacción.
- B** La baja velocidad del motor provoca baja intensidad de turbulencia, y puede producir bajas presiones de inyección de combustible.
- C** La baja carga de arranque producirá bajas temperaturas de combustión, y por tanto reducidas intensidades de reacción.

En virtud de que el motor diesel experimenta golpeteo esencialmente por razones opuestas a las que la causan en el motor de ignición eléctrica, los factores que incrementan el golpeteo en un motor de ignición eléctrica, la reducirán en uno diesel: mayor relación de compresión, aumento en la temperatura de entrada del aire, aumento en la temperatura y presión en el múltiple de admisión debido a sobrealimentación, y menores concentraciones de sustancias inertes. La tendencia al golpeteo del motor diesel aumentará si la inyección se desincroniza respecto a su tiempo óptimo y si el combustible tiene baja volatilidad, alta viscosidad, bajo índice de cetano o una combinación de estas propiedades.

1.5.4.3 Características de los combustibles

Un combustible es cualquier sustancia que pueda reaccionar con otra liberando energía y dependiendo su estado los podemos clasificar en sólidos, líquidos o gaseosos. Además a los combustibles se les puede atribuir ciertas propiedades entre las cuales tenemos:

A Punto de inflamación: comprende la temperatura mínima en que los vapores de un líquido se mezclan con el oxígeno del aire y forman una sustancia inflamable.

B Temperatura de ignición: comprende la temperatura que necesita un gas o vapor de un producto combustible para encenderse y para mantener la combustión.

Tabla I. **Puntos de inflamación para algunos combustibles**

COMBUSTIBLE	TEMPERATURA
ACPM	52 °C
Aceite lubricante	150 °C
Aceite mineral	190 °C
Acetona	-17 °C
Butano	Cualquiera
Combustóleo	93 °C
Fuel oil	93 °C
Gasolina	-42 °C
Metano	Cualquiera
Petróleo	Cualquiera
Propano	Cualquiera
Queroseno	42 °C

Fuente: Raúl Trujillo, **Temas de seguridad industrial para especialistas**,
Indupres Editores Ltda.

- C Poder calorífico:** el poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía que puede liberar ese combustible por unidad de peso o volumen. Los poderes caloríficos son determinados de manera experimental. Se consideran dos poderes caloríficos para los combustibles. El poder calorífico bajo se evalúa al suponer que no hay condensación de vapor de agua, mientras que el poder calorífico alto se calcula suponiendo que todo el vapor de agua se condensa. En los motores de combustión interna los combustibles mas utilizados son derivados del petróleo; aunque ya se desarrollan y utilizan otros en estado líquido o gaseoso de otro origen y por lo general menos contaminantes.
- D Limite de inflamabilidad:** comprende un rango de valores porcentaje de mezcla de un elemento oxidante en la cual los vapores de productos inflamables pueden encenderse y mantener una combustión a cierta temperatura de ignición.

Existe un límite inferior de inflamabilidad debajo del cual la mezcla es muy pobre y no enciende. El otro límite es el superior en el cual la mezcla es muy rica y no enciende. Fuera de estos límites, ya sea por encima o por debajo la mezcla no enciende ni existe la posibilidad de que exista y se mantenga la combustión.

Tabla II. **Limites de inflamabilidad para algunos combustibles**

COMBUSTIBLE	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
Acetileno	2.0 %	81.0 %
Acetona	2.0 %	13.0 %
Alcohol Etilico	4.0 %	19.0 %
Alcohol Metilico	7.0 %	36.0 %
Butano	2.0 %	8.0 %
Gasolina Motor	1.4 %	7.6 %
Hidrógeno	4.0 %	75.0 %
Metano	5.0 %	14.0 %
Monóxido de Carbono	2.0 %	74.0 %
Petróleo Crudo	2.0 %	10.0 %
Propano	2.0 %	10.0 %
Queroseno	1.0 %	5.0 %

Fuente: Raúl Trujillo, **Temas de seguridad industrial para especialistas**, Indupres Editores Ltda.

Entre los combustibles de mayor uso en motores de combustión interna se encuentra la gasolina y el diesel.

A Gasolina: es una mezcla que puede contener de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, reformado catalítico, polimerización, y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión de combustibles de los motores.

Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un índice octano de 81, gasolina regular o corriente y 87, gasolina extra o premium como mínimo.

B Diesel: del petróleo se obtienen por destilación fraccionada diversos tipos de aceite, estos se denominan aceites ligeros cuando se destilan por debajo de 150 °C, y aceites pesados los obtenidos por encima de dicha temperatura.

Los aceites ligeros son muy volátiles y se mezclan fácilmente con el aire produciendo una combustión completa. Cuando se usan aceites pesados se requiere que éstos sean inyectados en el aire, lo contrario evita la explosión y facilita la adherencia del combustible sobre las paredes de los conductos, produciendo una combustión incompleta.

El diesel o el aceite combustible para motores, es un destilado medio obtenido de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Su calidad de ignición se caracteriza por el índice de cetano o por el número de cetano.

1.6 Concepto general de mantenimiento

De una manera muy general se puede decir que mantenimiento es: “el conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios”.

Para poder garantizar la disponibilidad operacional de sistemas, edificios, instalaciones, equipos y accesorios, el mantenimiento debe ser ejecutado de manera continúa y permanente a través de planes que contengan fines, metas y objetivos precisos y claramente definidos.

1.6.1 Mantenimiento hospitalario

El mantenimiento es una actividad profundamente ligada a la operación de instituciones hospitalarias y tiene como fin principal el asegurar que todo, edificio, equipos, instalaciones, etc. En dichas instituciones funcionen en condiciones compatibles con los objetivos de prestación de servicios de salud y tales objetivos deben cumplirse dentro de un nivel óptimo de operación.

1.6.2 Mantenimiento correctivo

Es el sistema que emplearon las industrias e instituciones, cuando desconocían los beneficios de una programación de los trabajos de mantenimiento, y consiste en corregir las fallas, cuando éstas se presentan, usualmente sobre una base no planificada, dando cumplimiento a la solicitud del operario o usuario del equipo dañado.

La actitud de permitir que instalaciones y equipos continuarán funcionando sin prestarles atención hasta que una avería originara la suspensión o disminución del servicio, tenía su origen en las siguientes causas:

- Indiferencia o rechazo de las técnicas de programación.
- Falta de justificación económica para técnicas de programación.

- Demanda excesiva temporal o permanente de la capacidad de los equipos.

Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Ejemplo de este tipo de mantenimiento, es que se da en las instituciones públicas y la proyección de las causas que justifiquen plenamente el mantenimiento.

1.6.3 Mantenimiento preventivo

Podemos definirlo como la programación de una serie de inspecciones, de funcionamiento y de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan y no a una demanda del operario o usuario, y su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones hospitalarias en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Con una buena organización del mantenimiento preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, además se llega a conocer puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

1.6.3.1 Ventajas del mantenimiento preventivo

- A Confiabilidad**, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento, esto es de suma importancia para el servicio que presta un hospital.

- B Disminución del tiempo muerto**, reduce el tiempo de fuera de uso de equipos.

- C Mayor duración**, los equipos a instalaciones tendrán una vida útil mayor que la que tendrían sin mantenimiento preventivo.

- D Menor costo de reparación**, este se abarata substancialmente reduciendo el sistema de mantenimiento correctivo e incrementado el mantenimiento preventivo.

- E Disminución de existencias en bodega**, puesto que se precisa los repuestos de mayor y menor consumo.

- F Equilibrio en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento** debido a una programación de actividades.

1.6.4 Mantenimiento predictivo

Es más una filosofía que un método de trabajo. Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio. Se usan para ello instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

Consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas, con instrumentos y subjetivas, con los sentidos, como la reparación del defecto.

1.6.5 Funciones y objetivos del mantenimiento

La función del mantenimiento es proveer por todos los medios necesarios y posibles para la conservación de todos los elementos físicos de forma que puedan operarse de manera segura, eficiente y económica.

Como un objetivo primordial, el mantenimiento procura contribuir por todos los medios disponibles a reducir, en lo posible, el costo final de la operación de los equipos. De este se desprende un objetivo técnico por el que se trata de conservar en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todo el equipo, maquinaria y estructuras.

El personal de mantenimiento tiene dos puntos de vista para cumplir estos objetivos: el aspecto humano y el técnico. El evitar los accidentes previene pérdidas humanas y de grandes responsabilidades. Por el lado técnico, la maquinaria, las instalaciones y los equipos bien mantenidos no provocarán pérdidas económicas y facilitarán la producción continua y eficiente de todos los equipos.

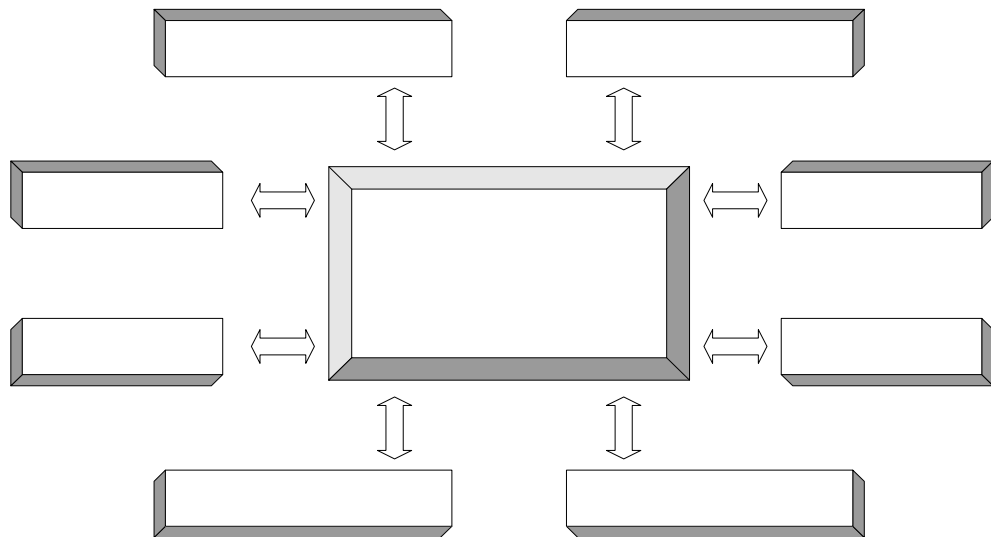
1.6.6 Objetivos del mantenimiento predictivo

Estos objetivos podemos decir que son los mismos que persigue cualquier programa de mantenimiento preventivo como:

- 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, empleando métodos mas 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.

Pero para lograr tales objetivos un programa de mantenimiento predictivo se apoya en el diagnóstico por vibraciones, el análisis de lubricantes, el diagnóstico por temperatura y el análisis de corriente y parámetros eléctricos; los cuales constituyen excelentes herramientas para un programa de mantenimiento predictivo, pero además de esto es necesario que un programa de mantenimiento predictivo posea una estructura como la que se muestra en la figura 7.

Figura 7. Estructura estratégica del programa de mantenimiento predictivo



Parámetros, síntomas y variables de proceso

Fuente: Manual de mantenimiento mundial

Historicos del mantenimiento

Resultados de las inspecciones

Programación y control del mantenimiento

Programa de

- Alerta
- Tende
- Análisis
- Costos
- Recon
- Inform

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

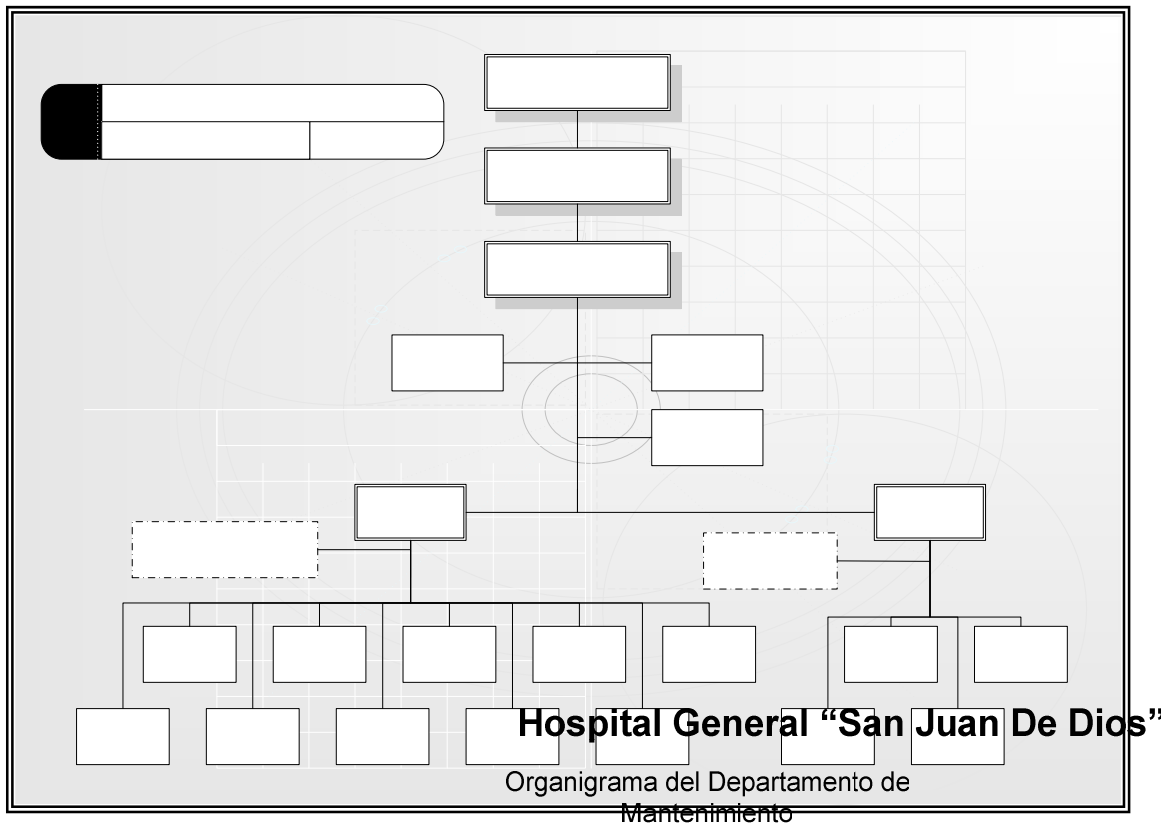
2.1 Análisis y descripción de puestos en la sección de plantas eléctricas de emergencia

El departamento de mantenimiento esta organizado de la siguiente manera: ubicamos en el nivel central, al departamento de mantenimiento bajo la jerarquía de la división de mantenimiento y servicios generales, la que a su vez depende de la dirección ejecutiva.

Existe un jefe de mantenimiento que se auxilia de dos supervisores para controlar las actividades de mantenimiento y además de un arquitecto para desarrollar los proyectos de diseño, construcción y remodelación del edificio. Los puestos administrativos se encuentran un nivel por debajo de la jefatura del departamento y son conformados por una secretaria y el asistente administrativo que asisten en las labores administrativas del departamento de mantenimiento, ver figura 8.

En el último nivel se encuentra a los técnicos y operadores del departamento de mantenimiento quiénes son los que al final ejecutan las tareas de operación y mantenimiento en los equipos. Estos técnicos y operadores tienen un supervisor específico del cual dependen. También está en el último nivel, el personal encargado del mantenimiento de las instalaciones del edificio que incluyen el mobiliario del mismo, que también cuentan con un supervisor específico del cual dependen.

Figura 8. Organigrama del departamento de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios



Fuente: **Manual organizacional y funcional del departamento de mantenimiento,**
Pág. 7

El organigrama también muestra al personal de staff o de apoyo, el cual se ilustra en los cuadros con líneas discontinuas. Este personal esta conformado por las empresas contratadas por el hospital para brindar mantenimiento específico a equipos e instalaciones y que reportan sus actividades directamente al supervisor de mantenimiento asignado.

Secretaria

En el organigrama se observa que el personal que esta directamente ligado a lo que son las plantas eléctricas son los operadores de las mismas.

Los operadores de plantas de emergencia son cuatro en total, los cuales desempeñan sus labores individualmente en turnos de 24 horas.

Estas personas son las que están encargadas de la operación y del mantenimiento de las plantas en el hospital, por lo tanto es este el puesto que se analizara a continuación.

2.1.1 Identificación del puesto

A la persona encargada del trabajo técnico operativo que consiste en supervisar, controlar y ejecutar las actividades referentes a la operación de plantas eléctricas con que cuenta el hospital se le conoce como “**operador de plantas eléctricas**”

2.1.2 Descripción del puesto

Unidad:	Departamento de mantenimiento
Sección:	Plantas eléctricas
Título del puesto:	Operador de plantas eléctricas
Supervisa a:	Ninguno
Dependencia:	Jefe de mantenimiento Supervisor de mantenimiento asignado.

2.1.3 Funciones del puesto

Funciones:

- Velar por el correcto funcionamiento de las plantas eléctricas.
- Apoyo en emergencia en el caso de cortes de energía eléctrica en el hospital.
- Brindar asesoría en la compra de equipos como plantas eléctricas o similares.
- Otras que el jefe del departamento asigne.

Responsabilidades:

- Prestar el servicio de energía eléctrica requerido por el hospital mediante la correcta operación de las plantas eléctricas.
- Brindar atención de emergencia en caso de cortes de energía eléctrica.
- Prender y apagar las plantas eléctricas.
- Llevar una bitácora con información relevante al proceso de operación del equipo, inconvenientes en el turno, etc.
- Presentar reportes mensuales de actividades operativas y de mantenimiento llevadas a cabo.

Atribuciones:

- Reportar anomalías en las actividades de mantenimiento que lleven a cabo las empresas contratadas por el hospital en las plantas eléctricas.
- Revisión de las plantas de distribución de suministro de energía eléctrica cuando se crea conveniente y como resultado de una anomalía detectada.

- Cortar el suministro de energía eléctrica ante una situación de emergencia comprobada.
- Relaciones de índole técnico con las empresas contratadas para el mantenimiento de las plantas eléctricas.

2.1.4 Requisitos mínimos para el puesto

Perfil académico:

- Perito en electricidad, técnico en electricidad o formación similar.

Perfil del cargo:

- Capacidad de trabajar bajo presión.
- Conocimientos en el manejo y operación de plantas eléctricas.
- Responsable y colaborador.
- Orientado al trabajo en equipo.
- Disponibilidad de tiempo completo.

Experiencia:

- Un año de experiencia en el puesto requerido o similar.

2.2 Mantenimiento

A Funciones generales

En términos generales, el departamento de mantenimiento deberá involucrarse de manera protagónica en el que hacer de la institución hospitalaria, asumiendo como funciones generales:

- La planificación de los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades previstas en la planificación y la programación del departamento de mantenimiento.
- La planificación y programación del mantenimiento en los equipos e instalaciones.
- La ejecución del mantenimiento y reparación de la infraestructura física, equipos e instalaciones.
- La operación de algunos equipos.
- Ejecución de métodos de supervisión y control para verificar que se cumpla con lo planificado.
- El adiestramiento a los usuarios (operadores de equipo).
- La asesoría técnica a la dirección en lo relacionado al mantenimiento y adquisición de equipos.

El hospital tiene como objetivo final, la atención de servicios de salud y hacia ese fin deben dirigirse todas las actividades del mantenimiento hospitalario teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Aspecto técnico:

Con el cual se llega a cumplir el objetivo inmediato de conservar la infraestructura, equipamiento e instalaciones del hospital, en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable, para no interrumpir los servicios.

Aspecto económico:

Con el cual se llega al objetivo básico del mantenimiento, o sea el de contribuir por los medios disponibles a sostener lo más bajo posible el costo de operación del hospital.

Aspecto social:

Para el sector de salud, una falla técnica que repercute en el paciente, no se puede calcular inmediatamente como valor dado en dinero, hay solamente raros casos donde es posible calcular una falla en el sentido del valor del dinero. El término social se manifiesta cuando debido a una falla del equipo se produce una pérdida de vida, o se agrava la situación de salud en que ingresó el paciente.

B Misión del departamento de mantenimiento

Somos una parte integral dentro de la institución responsable de brindar el servicio necesario para asegurar la disponibilidad y mantenimiento del equipo e instalaciones del hospital, contribuyendo de esta manera con la asistencia que proporciona la institución para garantizar la salud de la población.

C Visión del departamento de mantenimiento

Ser una parte integral dentro de la institución que garantice el funcionamiento de los equipos en forma oportuna, eficiente y eficaz aprovechando al máximo todos los recursos disponibles dentro de la institución y especialmente dentro del departamento de mantenimiento.

D Objetivos del departamento de mantenimiento

- Disminuir el deterioro del equipo.
- Estabilizar y mejorar la conservación de los equipos.

- Asegurar la disponibilidad de la maquinaria en la institución para cumplir con un servicio continuo.
- Mantener al mínimo los costos de mantenimiento sin descuidar la calidad del mismo.
- Optimizar los recursos necesarios para llevar a cabo las labores profesionales del mantenimiento de equipo e instalaciones.

2.2.1 Mantenimiento actual

Actualmente el mantenimiento prestado a las plantas eléctricas es brindado en dos formas:

- Por el personal de mantenimiento del hospital, que en este caso son los operadores de plantas eléctricas.
- Por empresas privadas que se dedican a la venta y servicio de plantas eléctricas, por lo regular la empresa dedicada al mantenimiento es la empresa suministradora del equipo adquirido por el hospital.

2.2.2 Rutina de mantenimiento

Una rutina de mantenimiento es un conjunto de procedimientos detallados y ordenados que se deben de cumplir periódicamente a un equipo con la única finalidad de alargar la vida útil del mismo.

La decisión de incluir un equipo en un programa de mantenimiento preventivo planificado, es una decisión delicada, y de suma importancia para el bienestar del paciente y de la vida útil del equipo. Rutinas con frecuencia demasiado altas podrían:

- Reducir la vida útil del equipo.
- No ser efectivas económicamente.

Rutinas con frecuencia demasiado pequeña, podrían afectar:

- La confiabilidad del equipo.
- La precisión del mismo.
- La seguridad que este brinda al operador y al paciente.

Un dispositivo debe estar sujeto a inspecciones, mantenimiento o verificación de su funcionamiento, solo si existe una buena razón que la sustente. Entre estas están:

- Reducción del riesgo de dañar pacientes, operadores o visitantes.
- Minimizar el tiempo fuera de funcionamiento.
- Evitar reparaciones excesivamente costosas al proveer mantenimiento a intervalos periódicos.
- Producir un ahorro al prolongar la vida útil de un equipo, de modo que el gasto en mantenimiento durante su vida útil sea menor que la adquisición de uno nuevo.
- Corregir problemas de operación menores, antes que ellos resulten en fallas mayores del sistema o resultados imprecisos.
- Cumplir con códigos, estándares, y regulaciones, o las recomendaciones rigurosas de los fabricantes.

2.2.2.1 Rutinas de mantenimiento

Actualmente el departamento de mantenimiento no cuenta con ninguna documentación técnica y de ningún otro tipo en relación al mantenimiento de las plantas eléctricas.

De las tres plantas con las que el hospital opera actualmente, una de ellas recibe mantenimiento por parte de una empresa privada y las otras dos son atendidas por parte del departamento de mantenimiento del hospital. En dichas planta que son atendidas por el personal de mantenimiento, los parámetros controlados diariamente son:

- Nivel de aceite
- Nivel de combustible
- Nivel de agua
- Limpieza de paneles de control
- Carga de las baterías

Las tres plantas son arrancadas una vez por semana, con la intención de hacer pruebas en las plantas. Cuando se trata de algún tipo de falla o reparación mayor siempre es llamada a una empresa privada para la realización de dicho tarea.

2.2.2.2 Inspecciones de mantenimiento

Todo trabajo relacionado con el mantenimiento de las plantas eléctricas es inspeccionado por parte del supervisor del área que se encuentre de turno y dicho supervisor notifica al jefe de mantenimiento de todo tipo de trabajos relacionados a las plantas eléctricas.

En el departamento de mantenimiento del hospital no se cuenta con ninguna clase de documentación que registre todos los trabajos efectuados en el mantenimiento de las plantas y tampoco de ningún tipo de inspección que se realice rutinariamente.

2.2.3 Utilización de recursos humanos subcontractados para funciones de mantenimiento

El hospital depende mucho de los servicios de empresas privadas contratadas para el mantenimiento de los equipos en el área de plantas eléctricas y esto se debe en muchos casos a la falta de capacitación del personal encargado del mantenimiento de las mismas y de los operadores.

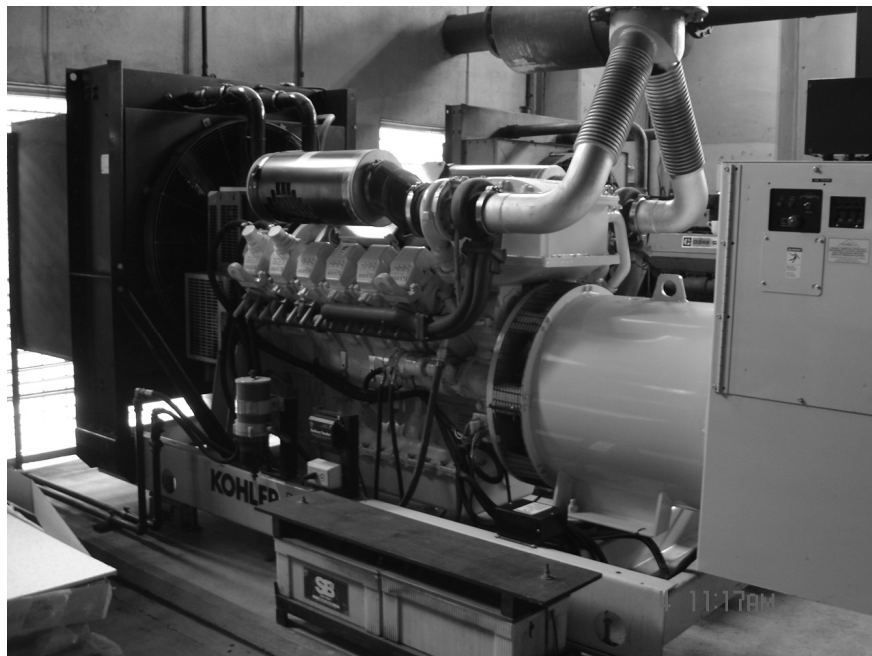
Otro factor que afecta es la falta de un programa de mantenimiento preventivo en el área de plantas eléctricas y ligado a esto con el escaso presupuesto con el que cuenta el departamento de mantenimiento del hospital.

2.3 Proceso de verificación del funcionamiento actual de las plantas eléctricas

El Hospital General San Juan de Dios cuenta con tres plantas eléctricas en funcionamiento y con otras cuatro que se encuentran totalmente fuera de servicio.

En el área central de plantas eléctricas están ubicadas las dos plantas principales las cuales trabajan sin ningún problema, una de estas es la planta kohler 600 la cual es conectada de manera automática y entra a funcionar si el fluido eléctrico se suspendiera, esta planta tiene una capacidad de 600 kw. Esta planta abastece de energía eléctrica a todos los servicios principales del hospital a excepción del área de pediatría.

Figura 9. Planta kohler 600



Fuente: **Hospital General San Juan de Dios**

En el mismo sitio se encuentra ubicada una planta caterpillar que también se encuentra operando sin ningún problema, dicha planta esta en stand by y entra en funcionamiento si llegara a fallar el arranque de la planta kohler abasteciendo también a los servicios principales del hospital y también tiene una capacidad de 600kw.

Figura 10. Planta Caterpillar D349



Fuente: Hospital General San Juan de Dios

En el mismo sitio se encuentra una planta caterpillar de las mismas características técnicas de la que se encuentra en stand by, solo que esta planta esta fuera de uso ya que tiene desacoplado el generador del motor y según el personal de mantenimiento es el generador el que se encuentra descompuesto.

Así mismo se encuentra una planta caterpillar totalmente fuera de uso la cual se desconoce el problema que tubo dicha planta, que se encuentra fuera del área de plantas eléctricas.

Figura 11. **Planta Caterpillar D349**



Fuente: **Hospital General San Juan de Dios**

Las dos plantas principales son abastecidas de combustible por un depósito en común el cual se encuentra ubicado contiguo al área central de plantas eléctricas.

Figura12. Tanque de combustible principal



Fuente: Hospital General San Juan de Dios

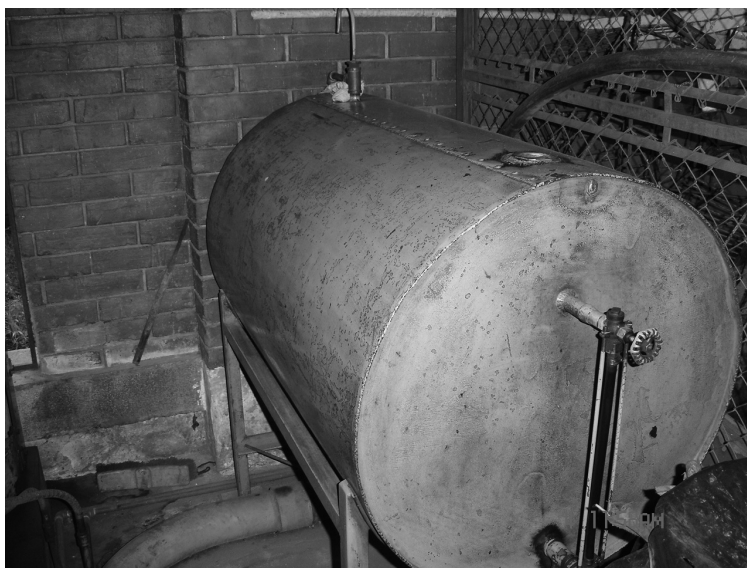
En el área de maternidad se encuentra una tercer planta en funcionamiento, ésta es una caterpillar de menor capacidad que las anteriores, esta planta se encuentra operando actualmente pero se nota que requiere de servicios de mantenimiento debido al estado en que se encuentra. Dicha planta es arrancada diariamente ya que no cuenta con cargador de baterías y además en caso del corte del fluido eléctrico el operador de turno debe ir a arrancarla ya que es manual su arranque. Esta planta cuenta con su propio depósito de combustible el cual se encuentra en el mismo lugar donde esta ubicada la planta.

Figura 13. Planta Caterpillar en área de maternidad



Fuente: Hospital General San Juan de Dios

Figura 14. Tanque que abastece la planta de maternidad



Fuente: Hospital General San Juan de Dios

El hospital tiene dos plantas para el área de maternidad que actualmente están totalmente fuera de uso debido a que son plantas totalmente antiguas, estas plantas podrían ser removidas e instalada una nueva de mayor capacidad y conectada en arranque automático ya que el área de maternidad es muy importante para el hospital.

2.4 Fallas más comunes de los equipos

Las fallas que se presentan mas comúnmente en las plantas eléctricas son son:

2.4.1 Clasificación de las fallas

La mayoría de fallas que se presentan en una planta eléctrica por lo regular son origen mecánico y de origen eléctrico.

2.4.2 Tipo de fallas más comunes

Las fallas que se presenta en las plantas eléctricas se pueden clasificar de dos formas, las de origen mecánico todas las relacionadas con el motor y las de origen eléctrico todas las relacionadas con el generador.

De origen mecánico:

- Motor de arranque que no mueve el motor
- Dificultad en el arranque
- Compresión escasa
- Combustión detonante

- Mala combustión
- Falla del encendido
- Depósitos en cámara de combustión
- Depósitos en el carter
- Escaso suministro de combustible a los cilindros
- Humo en el escape
- Poca presión de aceite o elevada temperatura del mismo
- Consumo excesivo de lubricante
- Dilución del aceite con combustible
- Dilución de aceite con agua
- No puede elevarse la velocidad
- Recalentamiento
- Vibraciones

De origen eléctrico:

- Recalentamiento del generador cuando funciona con carga
- Vibraciones en el generador
- Ruido de rozamiento
- Ruido magnético
- Voltaje de corriente alterna demasiado baja
- Voltaje de corriente alterna demasiado alta
- Voltaje de corriente inestable.

2.4.3 Causas

Las causas son todas las situaciones que dan origen a una falla y en una planta eléctrica estas causas son a raíz de falta de mantenimiento, operación inadecuada de la planta así como desgaste de todos los componentes de la misma y estas causas las podemos clasificar en: de origen mecánico y eléctrico.

De origen mecánico:

A Motor de arranque que no mueve el motor

- Válvulas de arranque pegadas
- Válvulas de admisión o escape pegadas y abiertas
- Control de arranque fuera de ajuste o defectuoso
- Mecanismo de arranque trabado
- Batería descargada
- Terminales de batería corroídos
- Agua en los cilindros

B Dificultad en el arranque

- Velocidad de arranque muy baja
- Baja compresión
- Baja presión del combustible
- Escasez de combustible
- Inyección incorrecta de combustible
- Control de arranque desajustado o defectuoso
- Agua en los cilindros
- Temperatura demasiado baja
- Sobrecarga

C Compresión escasa

- Válvulas defectuosas
- Pistones y anillo defectuosos
- Cilindro gastado o rayado

D Combustión detonante

- Inyección muy avanzada
- Válvula de cebado abierta
- Vástagos de inyectores pegados
- Demasiado combustible inyectado
- Inyección atrasada
- Válvula de la bomba de combustible pegada y abierta
- Aire de admisión muy frío
- Combustible pesado o muy viscoso
- Sobrecarga
- Velocidad excesiva del motor
- Presión de compresión muy baja

E Mala combustión

- Inyección incorrecta
- Fugas por el inyector
- Aire en las líneas de combustible
- El chorro del combustible golpea en las paredes frías
- Baja presión de inyección
- Resorte del inyector débil
- Insuficiencia de aire
- Temperatura de compresión baja
- Regulación de compresión baja
- Fugas en válvulas

- Aire de admisión frío

F Falla del encendido

- Escasez de combustible
- Bomba de combustible dañada
- Filtros tapados
- Válvula de cebado abierta
- Mala calidad de combustible

G Depósitos en cámara de combustión

- Polvo del aire
- Sedimentos del combustible
- Herrumbre
- Formación de carbón debido al combustible

H Depósitos en el carter

- Agua en el carter
- Substancias minerales
- Carbón de combustible parcialmente quemado
- Aceite oxidado

I Escaso suministro de combustible a los cilindros

- Tanque de combustible seco
- Ventilación del tanque de combustible tapada
- Filtros de combustible sucios
- Aire, suciedad en el combustible
- Fallas en la bomba de combustible
- Fugas en los inyectores
- Manómetro descompuesto

- Cañerías de combustible rotas

J Humo en el escape

- Inyección muy atrasada
- Motor sobrecargado y recalentado
- Combustible de mala calidad
- Agua, aire y sedimentos en el combustible
- Inyectores mal ajustados
- Lubricación excesiva
- Presión de lubricante muy baja
- Anillos en mal estado
- Combustión defectuosa

K Poca presión de aceite o elevada temperatura del mismo

- Manómetro dañado o inexacto
- Dilución de aceite
- Tanque de aceite seco
- Nivel de aceite en el carter muy bajo
- Grado inapropiado de aceite
- Filtros de aceite tapados
- Bomba de aceite defectuosa
- Cañerías de aceite rotas
- Motor recalentado

L Consumo excesivo de lubricante

- Exceso de nivel en el cárter
- Presión de aceite muy elevada
- Temperatura de aceite elevada
- Aceite de viscosidad inadecuada

- Dilución de aceite en combustible
- Anillos gastados
- Paredes del cilindro gastadas

M No puede elevarse la velocidad

- Inyección deficiente
- Baja compresión
- Motor sobrecargado o recalentado
- Acción defectuosa del regulador
- Combustión muy avanzada o muy atrasada

N Recalentamiento

- Circulación inadecuada del agua de enfriamiento
- Preignición
- Sobrecarga
- Escape tapado
- Filtros de aire sucios
- Inyección muy atrasada

O Vibraciones

- Compresiones desiguales en los cilindros
- Falla de ignición en uno o mas cilindros
- Desalineamiento del motor con carga
- Motor flojo en su base
- Árbol de levas torcido

De origen eléctrico:

A Recalentamiento del generador cuando funciona con carga

- Sobrecarga
- El generador puede tener una fase abierta
- Bobina con contacto a tierra
- Bobina del estator en cortocircuito
- Conexión defectuosa
- Alto voltaje
- Bajo voltaje

B Vibraciones en el generador

- Generador mal alineado
- Bases débiles
- Acoplamiento desequilibrado
- Cojinetes defectuosos
- Contrapesos corridos
- Demasiado huelgo longitudinal

C Ruido de rozamiento

- Rozamiento del ventilador con el desviador del aire
- Funcionamiento monofásico
- Escobillas del rotor mal colocadas
- Contactos defectuosos en la resistencia del control del devanado

D Ruido magnético

- Cojinetes flojos
- Rotor desequilibrado

E Voltaje de corriente alterna demasiado baja

- Voltímetro defectuoso
- Velocidad del motor demasiado baja
- Ajuste del nivel de voltaje demasiado bajo
- Caída de voltaje demasiado alta
- Sobrecarga o carga desigual
- Conjunto de regulador de voltaje defectuoso

F Voltaje de corriente alterna demasiado alta

- Voltímetro defectuoso
- Velocidad del motor demasiado alta
- Ajuste del nivel de voltaje demasiado alto
- Ganancia del regulador demasiado alta
- Sobrecarga o carga desigual
- Circuito de referencia de voltaje abierto
- Conjunto de regulador de voltaje defectuoso

G Voltaje de corriente inestable

- Voltímetro defectuoso
- Velocidad del motor inestable
- Fluctuaciones de la carga
- Conexiones flojas
- Escobillas defectuosas o mal colocadas
- Conjunto de regulador de voltaje defectuoso

3. PROPUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.1 Procedimientos de operación de una planta diesel

La operación de las plantas eléctricas de emergencia se puede decir que es muy sencilla ya que estas plantas pueden funcionar en dos modalidades:

- Modalidad automática
- Modalidad manual

En el Hospital General San Juan de Dios existen en funcionamiento tres plantas de las cuales una se encuentra en modalidad automática que es la que abastece los servicios principales del hospital, las otras dos plantas se encuentran en modalidad manual una de ellas es la que se encuentra en “stand-by” por si llegara a fallar la que está en automática y la otra es la planta que abastece el área de pediatría.

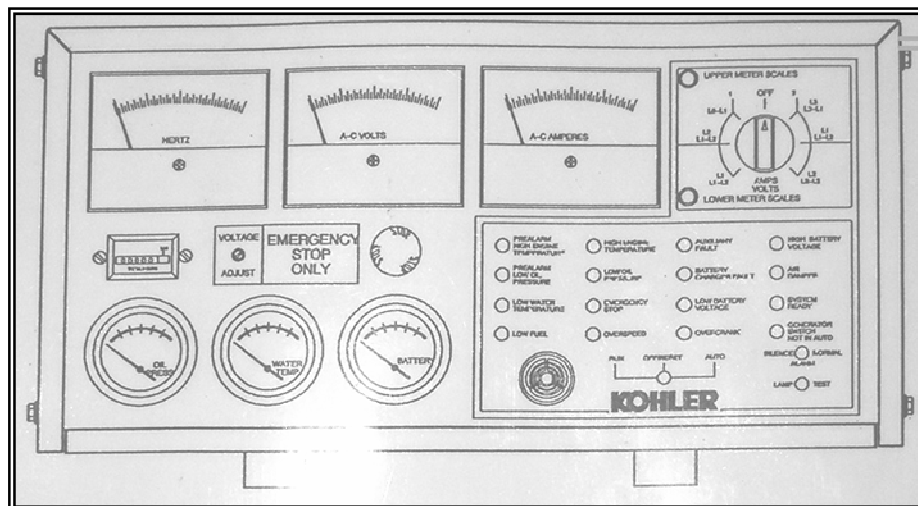
3.1.1 Paneles de control

Aquí podremos observar todos los parámetros importantes del funcionamiento de una planta eléctrica, estos deberán de conocerse bien ya que es aquí donde nos daremos cuenta de cualquier anomalía en el funcionamiento tanto del motor como del generador.

Por lo regular estos paneles traen una sección de alarmas, una de indicadores de presión de aceite, temperatura del agua y carga de la batería así también indicadores de voltaje, amperaje y frecuencia del generador.

En algunos paneles traen el horometro y los controladores maestros de la planta, éstos son los que nos indicarán si la planta estará en arranque automático o manual.

Figura 15. **Panel de control de una planta eléctrica**



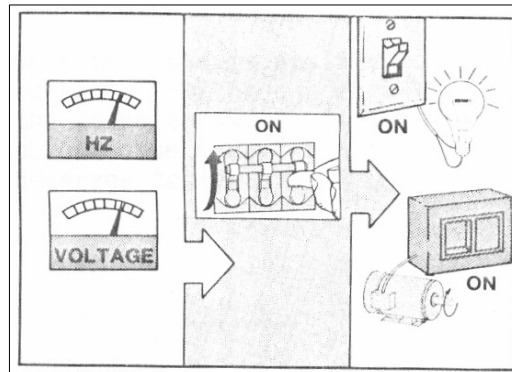
Fuente: **Hospital General San Juan de Dios**

3.1.2 Aplicación de la carga

La aplicación de la carga no es más que permitir la salida de corriente del generador o sea la transferencia de energía.

No hay que aplicar la carga a menos que el voltaje y frecuencia sean los correctos y cuando se haya colocado un interruptor de traslado automático se tendrán que conocer bien los procedimientos de funcionamiento de esté.

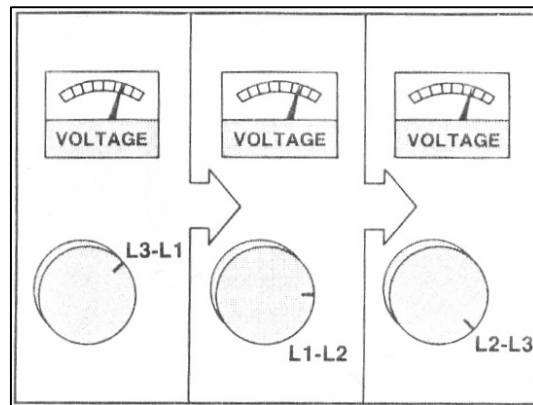
Figura 16. Chequeo de frecuencia y voltaje



Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

Luego de ser aplicadas la carga habrá que verificar la salida de cada fase del generador utilizando el selector en el panel de control.

Figura17. Chequeo de fases del generador



Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

3.1.3 Arranque y paro automático

Los selectores del control maestro deben estar ubicados en la posición de automático. El control maestro es una tarjeta electrónica que se encarga de controlar y proteger el motor de la planta eléctrica.

En caso de fallar el suministro de energía eléctrica por parte de la empresa eléctrica, la planta arrancará con un retardo de 3 a 5 segundos después del corte del fluido eléctrico. Luego la energía eléctrica generada por la planta es conducida a los diferentes circuitos del sistema de emergencia a través del panel de transferencia, a esta operación se le conoce como transferencia de energía.

Después de 25 segundos de normalizado el servicio de energía eléctrica de la compañía suministradora, automáticamente se realiza la retransferencia, la carga es alimentada nuevamente por la energía eléctrica del servicio normal, quedando aproximadamente 5 minutos encendida la planta para el enfriamiento del motor. El apagado del equipo es automático.

3.1.4 Arranque y paro manual

En esta modalidad, se verifica el buen funcionamiento de la planta sin interrumpir la alimentación normal de la energía eléctrica.

El selector del control maestro debe colocarse en la posición de "manual". Como medida de seguridad para que la planta eléctrica trabaje sin carga o sea en vacío, se debe colocar el interruptor principal "main" del generador en posición de apagado off.

Se recomienda que el arranque manual sea sólo para realizar pruebas en la planta.

3.1.5 Requerimientos del lubricante, combustible y refrigerante

El combustible empleado deberá ser el mejor calidad o por lo menos el mejor del área ya que con esto nos evitaremos muchas fallas y recambio de filtros de combustible.

El aceite a emplearse será el aceite SAE 40 ya que es con el que operan la mayoría de plantas eléctricas. Siempre es aconsejable utilizar aceites recomendados por el fabricante o proveedores de los equipos por cuestiones de garantías.

En el caso de refrigerante es aconsejable utilizarlo siempre ya que en nuestro país no se sufre de climas extremadamente fríos, este nos va a servir para mantener limpio nuestro sistema de enfriamiento y en muchas formar libre de la corrosión de algunas partes del equipo.

3.1.6 Información general

La información general se refiere a las recomendaciones que dan los fabricantes de las plantas eléctricas para una correcta operación de las mismas.

Recomendaciones de operación: las siguientes recomendaciones son muy importantes ya que de llevarse a cabo se logrará un uso eficiente, económico y duradero de las plantas de emergencia.

- Realizar el chequeo diario de mantenimiento de la planta inclusive desde el primer día de uso.
- Usar siempre el anticongelante, aunque en nuestro país no es de climas extremadamente fríos, esté ayudara a proteger el sistema de enfriamiento de todo tipo de corrosión.
- Nunca operar la planta sin un termostato.
- Usar siempre el aceite de la mejor calidad.
- Usar combustible libre de agua o cualquier otro contaminante.
- Cuando se arranque la planta es recomendable no forzarla hasta que esta se encuentre ya estabilizada.
- Chequear continuamente la presión de aceite y temperaturas de la planta aunque esta cuente con alarmas.
- No es recomendable que las plantas permanezcan paradas por largos periodos de tiempo, es aconsejable ponerlas a funcionar periódicamente y chequear que todos sus dispositivos funcionan correctamente.
- Nunca trabajar la planta cuando algo esta fallando. Prácticamente todas las fallas dan una advertencia antes que esta aparezca y por lo tanto si se esta alerta se podrá evitar daños mayores en el equipo.

3.2 Procedimientos de inspección y mantenimiento

La facilidad de hacer mediciones es el principal criterio que influencia la selección de la técnica para el monitoreo de condiciones. Las técnicas de medición que requieren detener la máquina para efectuar las mediciones se le llama “métodos invasivos” y aquellos métodos que no requieren la parada de la maquinaria se le llama “no invasivos”.

Naturalmente, se escogerán como técnicas aquellas que no requieran detener la operación de los equipos medidos, claro esta que son de óptimo beneficio para todos los equipos que están en constante funcionamiento. Entre algunas las técnicas tenemos:

A Los sentidos humanos: tocar, ver, oler y oír son actividades generalmente olvidadas cuando se escribe la lista de los métodos para monitorear condiciones de operación y esto posiblemente se deba a que siempre están presentes en nuestras acciones. Es muy frecuente, en mantenimiento, que una apreciación subjetiva, usando nuestros sentidos, inicie un análisis objetivo y exhaustivo de un problema. Con el simple hecho de decir que algo no se ve muy bien es, entonces, muy importante. Esta ventaja del cuerpo humano se refleja en la gran variedad de parámetros que pueden detectar ruidos, vibraciones, temperaturas, luz y olores.

B Técnicas ópticas: existe una amplia gama de técnicas que amplían la potencia del ojo humano. Se puede obtener amplificación extra con el uso de lupas o de otros instrumentos ópticos. A veces el objeto que se quiere inspeccionar no se encuentra accesible, por lo que se requiere equipo especializado para alcanzarlo.

Otras veces, el objeto no está quieto o se encuentra viajando a baja velocidad, por lo que es necesario utilizar técnicas para simular que está detenido.

C Técnicas térmicas: las técnicas de monitoreo por calor se pueden emplear para medir fluidos en un sistema o para superficies de componentes mecánicos como las cajas de rodamientos o muñoneras.

D Técnicas de vibraciones: la medición de vibraciones ha demostrado ser una técnica muy versátil y se han desarrollado muchas formas de utilizarla para determinar las condiciones de la maquinaria. Su éxito depende de que sea un método muy preciso, simple de aplicar y no invasivo.

3.2.1 Guía de mantenimiento

Como se mencionaba anteriormente, el control del nivel de condiciones de los equipos puede ser subjetivo o sea basado en los sentidos y objetivo mediante medidas periódicas o continuas de uno o varios parámetros.

Los parámetros principales a medir en una planta diesel de emergencia son:

- Nivel de agua den el radiador.
- Nivel de aceite en el cárter.
- Nivel de combustible en el tanque.
- Válvulas de combustible abiertas.
- Nivel de agua destilada en las baterías.

- Limpieza de bornes de las baterías.
- Limpieza y buen estado del filtro de aire.
- Chequear que no haya fugas de agua, aceite y/o combustible
- Chequear que no haya tornillos flojos, o elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y tableros.
- Chequear que todos los instrumentos en el panel de control funcionen correctamente.

3.2.1.1 Programa de mantenimiento

Es muy claro que una buena planificación del mantenimiento dará lugar a la mejor obtención de los objetivos trazados en el mantenimiento, así podemos definir las principales fases de un programa mantenimiento preventivo.

3.2.1.1.1 Inventario técnico

No lo confundamos con inventario físico, ya que en el inventario técnico se deberá consignar toda la información en relación a las características del bien, así como realizar acopio de la información de manuales, catálogos, planos, especificaciones, necesarias como información inicial, que en este caso serán todas las relacionadas a las plantas de emergencia. El inventario físico es la relación patrimonial de los bienes del hospital.

El inventario técnico puede ser ordenado en forma de archivos en papel tamaño carta, en tarjetas tipo kardex, o bien en una base de datos en una computadora.

Para la clasificación de los equipos utiliza en el inventario técnico propuesto, será necesario identificar tres criterios:

1. Área de aplicación del equipo
2. Función del equipo
3. Afinidad entre equipos

A Área de aplicación

Tabla III. **Áreas para formato de inventario técnico**

Código	Nombre del área
EM	Equipo médico
EB	Equipo básico
IC	Equipos de informática y comunicación
ETC.	Etc.

B Función del equipo

Tabla IV. **Clasificación por grupos para inventario técnico**

Grupo	Descripción
01	Equipo para tratamiento de agua
02	Equipo de esterilización y desinfección
03	Equipo de laboratorio
04	Equipo odontológico y accesorios
05	Equipo para diagnóstico médico
06	Equipo de terapia
07	Sistemas eléctricos
08	Equipo de lavandería


99	Etc.
----	------

Dentro de la clasificación de funciones de los equipos existirán varios equipos que se podrán subclasificar y en el caso de las plantas eléctricas se ubicaran dentro del equipo de sistemas eléctricos.

Tabla V. Clasificación de grupos y subgrupos

No. de Grupo	Descripción	
06	Equipo de terapia	
07	Sistemas eléctricos	
	No. de subgrupo	Sistemas eléctricos
07	01	Tableros de distribución eléctrica
07	02	Paneles de transferencia
07	03	Transformadores secos
07	04	Plantas eléctricas
07	99	Etc.

Tabla VI. Formato para inventario técnico para plantas eléctricas

INVENTARIO TECNICO DE EQUIPOS PARA SISTEMAS ELECTRICOS		HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS" DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
EQUIPO:		Código financiero:		SERVICIO/DEPARTAMENTO		
MARCA:		Año de fabricación:				
MODELO:				AMBIENTE/UNIDAD		
SERIE:		Año de instalación:				
Nº INV. TECNICO:		ID:		Precio:		
DATOS TÉCNICOS						
GENERADOR		MOTOR		CARGADOR DE BATERIA		
Marca: _____		Marca: _____		Marca: _____		
Modelo: _____		Modelo: _____		Modelo: _____		
Serie: _____		Serie: _____		Serie: _____		
Voltaje: _____(V)		Combustible: _____		Voltaje: _____(V)		
Corriente: _____(A)		Potencia: _____(HP)				
Fases: _____		Consumo: _____(Gal/Hrs)		REGULADOR DE VOLTAGE		
Potencia: _____(KW)				Marca: _____		
Potencia aparente: _____(KVA)		BATERIA		TANQUE DE COMBUSTIBLE		
Factor de potencia: _____		Voltaje: _____(V)		Capacidad: _____		
Tipo de conexión: _____		Corriente: _____(A)				
FABRICANTE: _____			EXISTENCIA DE INFORMACIÓN TÉCNICA			
DIRECCIÓN: _____			Manual de Operación <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
TEL/FAX: _____ e-mail: _____			Manual de Instalación <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
SUMINISTRANTE: _____			Manual de Servicio <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
DIRECCIÓN: _____			Manual de Partes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
TEL/FAX: _____ e-mail: _____			Otra literatura <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
NOMBRE DEL CONTACTO: _____			No existe información técnica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
REPRESENTANTE EN EL PAIS: _____			ESTADO DEL EQUIPO			
DIRECCIÓN: _____			Actualización 1 2 3 4 5 6 7 8 9			
TEL/FAX: _____ e-mail: _____			Bueno <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
NOMBRE DEL CONTACTO: _____			Reparable <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
			Descartable <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
			Observaciones:			
REGISTROS DE ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN						
1. ELABORADO POR (Primera vez)	NOMBRE Y FIRMA		FECHA	NOMBRE Y FIRMA		FECHA
NOMBRE:	2.			6.		
CARGO:	3.			7.		
FIRMA:	4.			8.		
FECHA:	5.			9.		
Sello del Departamento de Mantenimiento						

C Uso del formato para inventario técnico

1. Para la identificación y ubicación del equipo detallar:

1.1. **Nombre del equipo**

1.2. **Marca**

1.3. **Modelo**

1.4. **Serie**

1.5. **Código financiero**

1.6. **Año de fabricación**

1.7. **Año de instalación:** si existiera algún problema para identificar el año de la instalación se deberá investigar en el departamento financiero contable si existe un registro del año en que entro la planta o también por medio de los operadores de mayor tiempo de servicio en el hospital, para hacer una estimación del año en que se instalo el equipo.

1.8. **Precio:** debe ser el precio de adquisición, y si este se desconoce se podrá investigar en el departamento financiero contable o bien consultar al distribuidor o hacer una consulta a nivel central.

1.9. **Servició:** es el departamento, unidad o subdivisión de estos constituido por uno o más ambientes en el que se encuentra el equipo. Ej.: servicio de emergencia, laboratorio clínico, consulta externa, etc.

D Ambiente: espacio físico cerrado dentro de un servicio o departamento donde se realizan funciones determinadas ejemplo: servicio-pediatría, ambiente- neonatos.

Basándose en lo anterior, detallar en la casilla correspondiente el servicio y el ambiente donde se encuentra ubicada la planta. Las casillas restantes, son para que registrar los cambios que se hayan dado en cuanto a la ubicación de la planta.

2. Para asignar el número de inventario técnico al equipo se hará de la siguiente manera:

Nº Inventario técnico:						ID:				
	a	b	c	d						

- a. En estas casillas se ubicará el código del área (EM, IB, etc.)
- b. En estas casillas se ubicará los dos dígitos del número de grupo al que pertenece el equipo.
- c. En estas casillas se ubicara el número correlativo, que diferencia a equipos similares.
- d. En esta casilla se ubicara el numero de identificación, ID si se llegara a contar con una base de datos computarizada.

3. Completar los datos técnicos requeridos.

4. Completar la información del fabricante, suministrante y representante en el país.

5. Marcar en la casilla correspondiente la información técnica existente, el resto de casillas son para futuras actualizaciones, si se cuenta con nuevos manuales o si se ha perdido la información, puedan registrarse en la hoja del inventario técnico del equipo.
6. El estado del equipo se registrará en la casilla correspondiente, dependiendo de la situación en que se encuentre el equipo, bueno, reparable o descartable, en el momento de realizarse el inventario, esto se hará siempre que se actualice el inventario técnico. El formato está diseñado para poder ser actualizado en nueve ocasiones.
7. Una vez registrados los datos de la hoja del inventario técnico del equipo, detallar en el espacio correspondiente, el nombre, cargo, la firma y fecha en que se realizó el inventario, y el sello del departamento de mantenimiento. Para las actualizaciones completar con el nombre y la firma del encargado de realizar dicha actualización y la fecha en que se realizó.

3.2.1.1.2 Procedimientos para el mantenimiento

Es en esta parte del programa de mantenimiento y con ayuda de la información inicial, se confeccionarán las listas de trabajos a ejecutarse rutinariamente para cada equipo, que en este caso será para todo equipo o accesorio relacionado con las plantas de emergencia y con la planta misma, no olvidando concadenar los códigos establecidos en el inventario técnico y los símbolos que se utilizarán para el control de frecuencias del mantenimiento.

Tabla VII. Anverso de formato para rutinas de mantenimiento preventivo


RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS" DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO													
EQUIPO:						SERVICIO:											
MARCA:						AMBIENTE:											
MODELO:																	
SERIE:																	
Nº INV. TECNICO:						ID:					DIA	1	2	3	4	5	
RUTINA												✓	✓	✓	✓	✓	
FECHA DE REALIZACIÓN																	
CÓDIGO DE TÉCNICO																	
FIRMA DEL TÉCNICO																	
TIEMPO DE EJECUCION																	
RECOMENDACIONES: <ul style="list-style-type: none"> • Completar la ejecución de la rutina con el manual del fabricante, si éste está disponible. • Siempre complete toda la información. • Trabaje bajo las normas de seguridad requeridas. • Deje el área de trabajo limpia y ordenada. 																	

Tabla VIII. Reverso de formato para rutinas de mantenimiento preventivo

MATERIALES	REPUESTOS MINIMOS	HERRAMIENTAS Y EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"> • • • • • • 	<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<ul style="list-style-type: none"> • • • •
OBSERVACIONES		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

A Uso del formato para rutinas de mantenimiento

El cuidado para llenar el formulario de cada rutina es muy importante, pues así no se descuidan detalles que hacen al MP más efectivo.

a Encabezado

1. Marca
2. Modelo
3. Número de serie
4. Servicio en que se encuentran (lavandería, laboratorio, etc.)
5. Ambiente
6. No. de inventario técnico
7. Numero ID, para cuando se tenga una base de datos computarizada

b Registro de pasos de rutina

Este contiene lo siguiente:

1. Frecuencia con que se ejecuta la rutina.
2. Pasos de la rutina de MP.
3. Casillas, que deben ser marcadas con un cheque, cada vez que se ejecuta un paso de la rutina. Cada paso contiene varias casillas, es decir que el formato puede modificarse de acuerdo a la cantidad de rutinas a efectuarse por ejemplo si fuera una rutina que se realiza cada 6 mese este formato tendrá dos columnas, o una cada 2 meses esta tendrá 6 columnas. (Por lo general estarán programados los mantenimientos para un año).

c Registro de datos

Se deberá detallar la siguiente información:

1. Fecha de realización
2. Código del técnico
3. Firma del técnico
4. Tiempo de ejecución, el cual comprende desde el momento en que se inicia la ejecución de la rutina, hasta que se termina de ejecutar la misma (incluyendo todas las pruebas que requiera el equipo). Para efectos de programación, se deben considerar también los tiempos de preparación de material, herramienta y repuestos necesarios para la ejecución de la rutina.

B Material

Cada rutina deberá tener incorporado una lista de materiales gastables, repuestos, herramientas y equipos, mínimos que un técnico necesita para realizarla.

C Observaciones

Todas las rutinas incluyen un espacio para que cada vez que sea ejecutada la rutina, se escriban las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento del equipo. Observaciones pertinentes, podrían ser por ejemplo, no realización de algún paso de la rutina, y la causa de esto, etc.

3.2.1.1.3 Control de frecuencias

Es donde indicaremos la semana del año en la que el procedimiento de mantenimiento deberá ser efectuado.

Para dicha planificación de frecuencias de los mantenimientos se hace necesario el sentido organizador del encargado de mantenimiento de su programación, para garantizar la mejor disposición de recursos humanos, técnicos y materiales de que disponga el hospital.


3.2.1.1.4 Registro de reparaciones

En esta parte del programa de mantenimiento corresponde a disponer de datos confiables sobre los tipos de reparaciones efectuadas, los repuestos utilizados, el costo anual y acumulado del mantenimiento, que contribuyan a determinar los stocks de repuestos mínimos la factibilidad del reemplazo del bien para causa del elevado costo de reparación, etc.

Adicionalmente a las anteriores fases principales del mantenimiento, deberá contarse con la inspección y supervisión periódica, llamados ciclos de inspección, con lo que se logrará constantemente actualizar principalmente las frecuencias y eventualmente de acuerdo a las condiciones propias del trabajo, los procedimientos del mantenimiento.

Con una correcta aplicación del mantenimiento preventivo se logrará una utilización decreciente del mantenimiento correctivo.

Tabla IX. Formato de ficha de vida

FICHA DE VIDA DEL EQUIPO		HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS" DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO						
Nombre del equipo:		Fecha de Inicio de Registro		/ /				
Marca:		Servicio:		Fecha: / /				
Modelo:		Ubicación:		Fecha: / /				
Serie No.:		Precio de adquisición: (A)						
Fecha de instalación: / /		ID:						
No. Inv. Técnico:								
MANUALES:		DE SERVICIO <input type="checkbox"/>		DE PARTES <input type="checkbox"/>				
		NO EXISTE INFORMACION TECNICA <input type="checkbox"/>						
No.	ACTIVIDAD	FECHA	COSTO	COSTO ACUMULADO (B)	(B) / (A) X 100 (%)	HORAS DE FUNCIONAMIENTO ACUMULADO	# DE ORDEN	OBSERVACIONES

A Uso del formato para ficha de vida

En el formato se deberá detallar:

1. Nombre del equipo
2. No. de inventario técnico y ID
3. Modelo
4. Marca
5. Fecha de instalación
6. Precio de adquisición (A)
7. Señalizar en las casillas correspondientes con que clase de documentación técnica se cuente.
8. Fecha de inicio de registro.
9. Servicio y ubicación del equipo y la fecha, en caso de que el equipo sea trasladado hacia otra área o servicio y su ubicación y la fecha en que ha sido trasladado.

En forma sucesiva se procede a detallar en cada intervención al equipo los siguientes parámetros:

1. Actividad ejecutada (MP, MC u otra modificación)
2. Fecha en que se realizó
3. Costo de la actividad
4. Costo acumulado, es decir la suma del costo de la actividad y el costo de actividades anteriores (B).
5. Porcentaje del costo de acumulado de mantenimiento con respecto al costo del equipo, que es el resultado de dividir el costo acumulado (B) entre el precio de adquisición (A) x 100. Cuando este valor llegara al 50 % en un período corto ameritará un análisis especial.
6. Horas de funcionamiento de la planta.
7. Número de orden en que fue generada la actividad.
8. Observaciones acerca de la actividad.

3.2.1.2 Equipo y herramientas necesarias

Para el desarrollo del mantenimiento es personal encargado del mismo deberá de contar con cierto equipo y herramientas, las cuales se describen a continuación:

Tabla X. **Herramientas generales**

Herramienta	Unidad de medida	Cantidad
Destornilladores planos	Juego	2
Destornilladores philips	Juego	2
Cubos milimétricos (copas allen)	Juego	1
Cubos en pulgadas (copas allen)	Juego	1
Llaves allen	Juego	2
Martillo de bola	Unidad	2
Cautín para soldadura fina de estaño	Unidad	1
Pistola para soldadura de estaño	Unidad	1
Llaves mixtas milimétricas	Juego	1
Llaves mixtas en pulgadas	Juego	1
Marco con sierra	Unidad	2

Tabla XI. **Equipo de medición**

Equipo	Unidad de medida	Cantidad
Multímetro digital	Unidad	2
Medidores de secuencia de fases	Unidad	1
Amperímetro digital de gancho	Unidad	1
Medidor de frecuencia	Unidad	1
Medidor de densidad y carga de batería	Unidad	1

Continuación

Medidor de presión de aceite		
Medidor de temperatura de refrigerante	Unidad	1
Medidor de aislamiento	Unidad	1
Medidor de redes de tierra	Unidad	1

Tabla XII. **Herramienta especializada**

Herramienta	Unidad de medida	Cantidad
Extractor de filtros de faja	Unidad	1
Extractor de filtros de cadena	Unidad	1
Hojas de calibración de válvulas	Unidad	2
Calibradores de alambre para bujías	Unidad	1
Llaves tipo "C", para motor diesel	Unidad	2
Torquímetro	Unidad	1
Nicopresadoras	Unidad	2
Cargador de baterías	Unidad	1
Barra pértiga	Unidad	1

Tabla XIII. **Medios de comunicación**

Equipo	Unidad de medida	Cantidad
Radios de comunicación	Unidad	2
Línea fija o una extensión	Unidad	1
Celulares	Unidad	1

3.2.2 Establecimiento de sistemas de mantenimiento periódico

Una rutina de mantenimiento preventivo será un conjunto de operaciones que tienen como objetivo mantener el equipo en condiciones óptimas de trabajo y las cuales se realizarán cada cierto periodo de tiempo o en base a las horas de uso del equipo.

3.2.2.1 Diario

- Comprobar nivel de aceite y llenar si es necesario
- Revisar nivel de agua en el radiador y llenar si es necesario
- Revisar bornes de batería, limpiar si es necesario
- Revisar nivel de agua en cada una de las celdas de la batería y llenarlas si es necesario
- Mantener el lugar limpio y seco
- Revisar que no haya fugas de aceite
- Revisar nivel de combustible disponible.

3.2.2.2 Semanal

- Comprobar nivel de aceite y llenar si es necesario
- Revisar nivel de agua en el radiador y llenar si es necesario
- Revisar bornes de batería, limpiar si es necesario
- Revisar nivel de agua en cada una de las celdas de la batería y llenarlas si es necesario
- Mantener el lugar limpio y seco
- Revisar que no haya fugas de aceite.

- Operar la planta en vacío y si se puede con carga para comprobar que todos sus elementos operan satisfactoriamente, durante unos treinta minutos.
- Limpiar el polvo que se haya acumulado sobre la planta o en los pasos de aire de enfriamiento y en los tableros.

3.2.2.3 Mensual

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo
- Efectuar limpieza integral externa del equipo (lavar a vapor y disolvente de grasa)
- Comprobar nivel de aceite y llenar si es necesario
- Revisar nivel de agua en el radiador y llenar si es necesario
- Revisar bornes de batería, limpiar si es necesario
- Revisar nivel de agua en cada una de las celdas de la batería y llenarlas si es necesario
- Revisar que no haya fugas de aceite
- Comprobar la tensión correcta y buen estado de fajas del motor
- Verificar el estado de las mangueras de agua (que no estén cristalizadas)
- Limpiar el panel de control maestro
- Revisar que no haya alambres flojos o sueltos en el panel de control maestro y de transferencia.
- Simular cortes de energía eléctrica y comprobar los tiempos de: arranque, transferencia, retransferencia y paro de motor.

- Medir con un multímetro y verificar que el voltaje del generador esté dentro de un rango aceptable (ajustar con potenciómetro del regulador de voltaje)
- Mantener el lugar limpio y seco.

3.2.2.4 Por cada 3 meses o 250 horas de utilización

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo (lavar a vapor y disolvente de grasa).
- Comprobar nivel de aceite y llenar si es necesario
- Revisar nivel de agua en el radiador y llenar si es necesario
- Revisar bornes de batería, limpiar si es necesario
- Revisar nivel de agua en cada una de las celdas de la batería y llenarlas si es necesario
- Revisar que no haya fugas de aceite
- Comprobar la tensión correcta y buen estado de fajas del motor
- Verificar el estado de las mangueras de agua (que no estén cristalizadas)
- Limpiar el panel de control maestro
- Revisar que no haya alambres flojos o sueltos en el panel de control maestro y de transferencia.
- Simular cortes de energía eléctrica y comprobar los tiempos de: arranque, transferencia, retransferencia y paro de motor.
- Limpiar filtro de aire, con aire comprimido a una presión menor de 25 PSI.

- Comprobar el estado de las baterías mediante la medición de la densidad del electrolito, use densímetro.
- Medir con un multímetro y verificar que el voltaje del generador esté dentro de un rango aceptable (ajustar con potenciómetro del regulador de voltaje).
- Verificar que el mantenedor de carga este funcionando
- Mantener el lugar limpio y seco.

3.2.2.5 Por cada 6 meses o 500 horas de utilización

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo (lavar a vapor y disolvente de grasa).
- Comprobar nivel de aceite y llenar si es necesario
- Revisar nivel de agua en el radiador y llenar si es necesario
- Revisar bornes de batería, limpiar si es necesario
- Revisar nivel de agua en cada una de las celdas de la batería y llenarlas si es necesario.
- Revisar que no haya fugas de aceite.
- Comprobar la tensión correcta y buen estado de fajas del motor.
- Verificar el estado de las mangueras de agua (que no estén cristalizadas).
- Limpiar el panel de control maestro.
- Revisar que no haya alambres flojos o sueltos en el panel de control maestro y de transferencia.
- Simular cortes de energía eléctrica y comprobar los tiempos de: arranque, transferencia, retransferencia y paro de motor

- Verificar falla de sobre velocidad y ajustar a 2000 rpm.
- Comprobar tiempo en la protección de intentos de arranque (bloquee la entrada de aire para impedir el arranque del motor), comprobar tiempo de arranque y tiempo de espera
- Hacer cambio de aceite y filtros de aceite (cada 150 horas ó 6 meses).
- Reapretar tuercas de tubería.
- Cargar el tanque de combustible.
- Comprobar el estado de las baterías mediante la medición de la densidad del electrolito, use densímetro.
- Medir con un multímetro y verificar que el voltaje del generador esté dentro de un rango aceptable (ajustar con potenciómetro del regulador de voltaje).
- Verificar que el mantenedor de carga este funcionando.
- Mantener el lugar limpio y seco.

3.2.2.6 Por cada 12 meses o 1000 horas de utilización

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo (lavar a vapor y disolvente de grasa).
- Realizar limpieza interna del tanque principal de combustible.
- Limpiar el generador con aire comprimido.
- Verificar con un megger el aislamiento de las bobinas del motor
- Reapretar todas las terminales del generador y tableros.
- Lavar internamente el radiador, llenar nuevamente y aplicar refrigerante limpio.
- Revisar nivel de aceite y llenar si es necesario.

- Revisar nivel de agua en el radiador y llenar si es necesario.
- Revisar bornes de batería, limpiar si es necesario.
- Revisar nivel de agua en cada una de las celdas de la batería y llenarlas si es necesario.
- Revisar que no haya fugas de aceite.
- Comprobar la tensión correcta y buen estado de fajas del motor.
- Verificar el estado de las mangueras de agua (que no estén cristalizadas).
- Limpiar el panel de control maestro.
- Revisar que no haya alambres flojos o sueltos en el panel de control maestro y de transferencia.
- Simular cortes de energía eléctrica y comprobar los tiempos de: arranque, transferencia, retransferencia y paro de motor.
- Verificar falla de sobre velocidad y ajustar a 2000 rpm.
- Comprobar tiempo en la protección de intentos de arranque (bloquee la entrada de aire para impedir el arranque del motor), comprobar tiempo de arranque y tiempo de espera.
- Hacer cambio de aceite y filtros de aceite (cada 150 horas ó 6 meses).
- Reapretar tuercas de tubería.
- Cargar el tanque de combustible.
- Cambiar filtro de combustible (cada 12 meses o cada 300 horas).
- Comprobar el estado de las baterías mediante la medición de la densidad del electrolito, use densímetro.
- Medir con un multímetro y verificar que el voltaje del generador esté dentro de un rango aceptable (ajustar con potenciómetro del regulador de voltaje).
- Verificar estado de los anillos del pistón.
- Verificar que el mantenedor de carga este funcionando.
- Mantener el lugar limpio y seco.

3.2.2.7 Por cada 24 meses o 2000 horas de utilización

Adicionalmente a lo requerido en un mantenimiento de 12 meses se deberá de realizar lo siguiente:

- Cambiar elementos desmineralizadores de agua (cada 2 años o cada 300 horas).
- Por lo regular estos servicios son mayores y será necesario avocarse a los manuales de la planta o con el proveedor de la misma.

3.2.3 Control de inventarios

El departamento de mantenimiento del hospital no cuenta con ningún tipo de control de inventario de repuestos y únicamente cuenta con los repuestos y materiales gastables generales como lo son aceites, lijas, wype, fajas y fusibles.

La existencia en el hospital de los repuestos de uso más frecuente es de suma importancia para una reparación rápida y efectiva. Caso contrario, es necesario iniciar la búsqueda con los diferentes proveedores, lo que alarga el tiempo de reparación. En este caso es útil recurrir a la hoja de registro por máquina y hojas de control de materiales y repuestos, que nos oriente sobre el proveedor idóneo.

Un factor importante para la política de reducción de costos es el control adecuado de los repuestos, materiales y accesorios de mantenimiento. Un manejo carente de planificación genera sobre costos por el gran número de repuestos que se requieren.

Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos, están los siguientes:

- La cantidad utilizada.
- La frecuencia de reemplazo.
- Los efectos en la operación o depreciación, lo cual es importante para no invertir dinero en partes o piezas que, por lo general, se reemplazan con baja frecuencia.

Los factores anteriores se determinaron consultando las rutinas de mantenimiento, reparaciones realizadas a las plantas así como la consulta de manuales técnicos.

3.2.3.1 Inventario promedio

Es importante tener un registro de control de materiales para conocer lo siguiente:

- Qué se debe tener en stock
- Cuándo hacer un pedido de repuestos, y
- Cómo codificarlos para uso.

Para ello se debe elaborar una ficha que sirve para tener un registro de artículos, materiales y repuestos utilizados en área de plantas eléctricas que se encuentran en almacén. Asimismo, servirá para tener un almacén seguro y eficaz de materiales, repuestos, etcétera.

3.2.3.2 Inventario mínimo

Como se menciona anteriormente, que las rutinas de mantenimiento deberán de estar planeadas con anticipación, y por ende la adquisición de materiales y repuestos también. Pero siempre será necesario disponer en almacén de todos aquellos materiales utilizados en el mantenimiento de las plantas así como los repuestos de regular recambio como los son:

- Filtros de combustible
- Filtros de aceite
- Filtros de agua
- Fajas
- Aceite SAE No. 40
- Refrigerante
- Wype
- Fusibles de vidrio
- Terminales de batería
- Agua destilada
- Bicarbonato de sodio
- Disolvente de grasa
- Grasa corriente
- Limpiador de contactos

Para mantener el inventario indicado nos podemos apoyar en rutinas de mantenimiento planificado, como en ordenes de trabajo o trabajos de mantenimiento correctivo ya que estas contienen mucha información muy importante acerca de todos los materiales y repuestos de uso regular.

4. PROCEDIMIENTOS NECESARIOS EN EL MANTENIMIENTO

4.1 Manual de mantenimiento

Toda finalidad de un manual de mantenimiento es presentar en forma resumida los distintos aspectos de interés para los operadores de plantas eléctricas, proporcionando un panorama general en cuanto a que partes del equipo requiere de una especial atención y qué pasara si no se cumplen las reglas y recomendaciones de los fabricantes.

Los manuales son procedimientos de trabajo que se preparan para ayudar al personal de mantenimiento. Se elaboran teniendo en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos.

4.1.1 Objetivos del manual de mantenimiento

Son muchos los objetivos que se pueden trazar pero en resumen los objetivos primordiales serán de comprender la importancia del buen uso del equipo para asegurar su disponibilidad en el momento requerido, así como conocer el uso, operación y funcionamiento general de la planta eléctrica de emergencia.

4.1.2 Funciones del manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento será el documento en el cual se tendrá toda la información necesaria para realizar las rutinas de mantenimiento así como qué partes inspeccionar en caso de alguna falla y sus posibles soluciones, es de gran importancia contar siempre con un manual de mantenimiento para cada equipo.

4.1.3 Generalidades del manual de mantenimiento

En el manual de mantenimiento se indicaran la misión y visión de mantenimiento, las políticas y objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, de control y las acciones correctivas. Es importante señalar que deben incluirse solo los procedimientos que se aplican y las instrucciones en un lenguaje afirmativo.

4.1.4 Políticas de mantenimiento

Las políticas deberán incluirse en el manual en forma concisa y clara. Y estas deberán de enlistarse sin importar el grado. Una política podría ser optimizar en lo posible todos los recursos utilizados para el mantenimiento de las plantas eléctricas, materiales, recurso humano e instalaciones. También podría ser reducir en la mayor cantidad posible la utilización de personal externo para funciones de mantenimiento a las plantas eléctricas.

4.1.5 Ítems de trabajo de mantenimiento

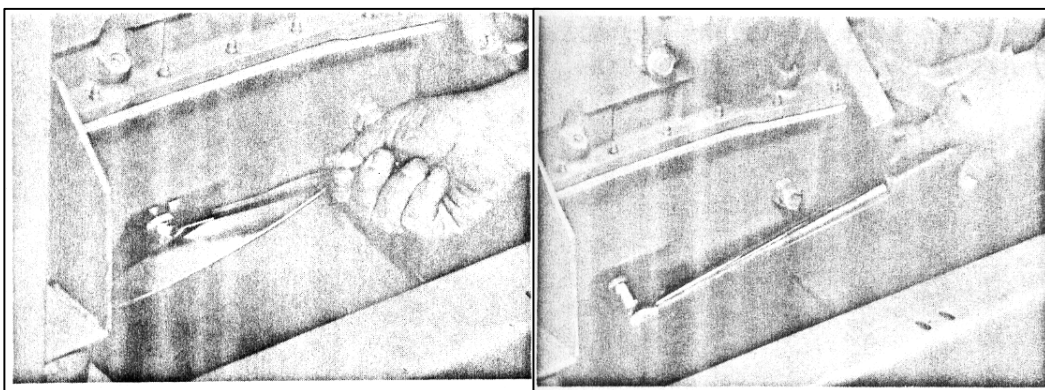
Los ítems de trabajo de mantenimiento son los procedimientos que se deben seguir para la realización de tareas de mantenimiento. Estos deberán de estar escritos de una manera clara y sencilla y de ser posible deberán de colocarse gráficos que faciliten la comprensión de la tarea a realizar.

4.1.5.1 Sustitución de aceite de motor

Para poder hacer el cambio del aceite será necesario apagar el motor y por lo menos esperar cinco minutos para que todo el aceite se acumule en el carter del motor, antes de quitar el tapón (tuerca en la parte inferior del carter).

Habrá que colocar un recipiente grande donde recibir el aceite y estar atento que este no se derrame. El cambio de aceite nunca debe de hacerse con el motor frío.

Figura 18. **Desmontaje y colocación de tapón de carter**

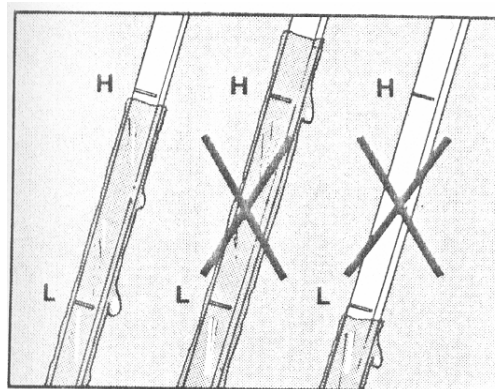


Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

Después de haber retirado el aceite se procederá a colocar el tapón del carter y apretar lo necesario, hay que tener en cuenta que cuando se hace el cambio de aceite siempre se hace el cambio de los filtros de aceite ya que si se dejan los mismos el aceite nuevo se contaminara.

Luego colocaremos aceite SAE 40 (o el indicado) al motor hasta la marca de llenado que nos indique la varilla, después de esto arrancar el motor durante unos dos minutos y luego apagarlo, esperar que baje al carter todo el aceite y nivelar de nuevo. Se podrá controlar el nivel de aceite en la bomba de inyección y en el regulador de velocidad y ajustarlo si es necesario.

Figura 19. **Chequeo de nivel de aceite**

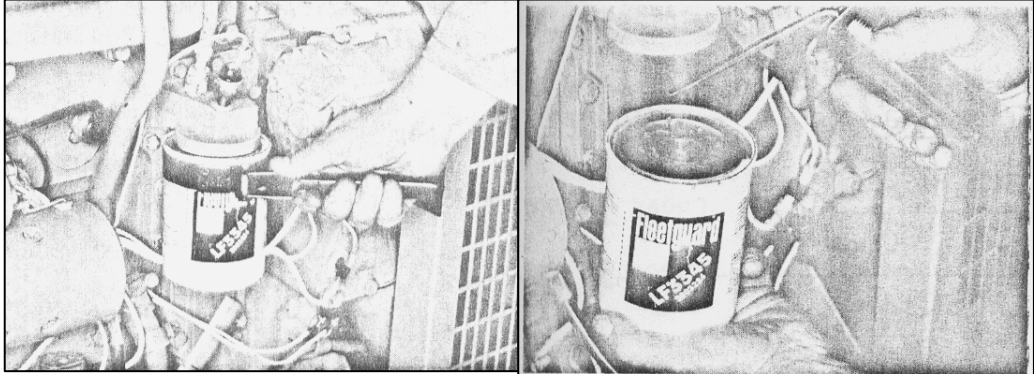


Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.5.2 Cambio de filtros de aceite

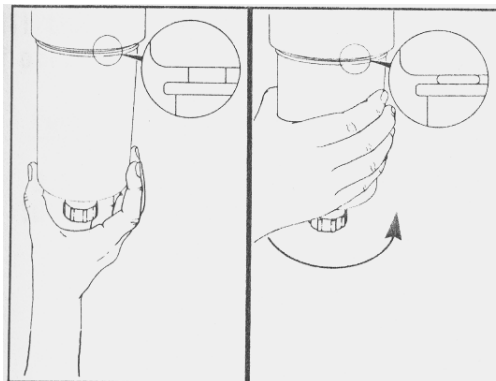
Para el cambio del filtro será necesaria una llave de faja o de cadena para desmontarlo, luego el filtro a colocar lo debemos llenar de aceite indicado y colocar una capa de aceite sobre el empaque y colocarlo y apretar con la mano nunca apretar con la faja o cadena ya que dañáramos el filtro.

Figura 20. **Desmontaje de filtro de aceite**



Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

Figura 21. **Colocación de filtro de aceite**



Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.5.3 Cambio de filtros de combustible

Al igual que el cambio del filtro de aceite, también se utilizará una llave de faja o cadena, luego llenar el filtro con diesel y aplicar una película de aceite en el empaque, colocarlo con la mano y no con la llave.

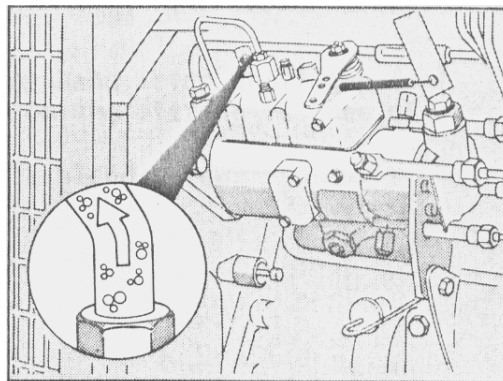
Figura 22. Colocación de filtro de combustible



Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

Se necesario purgar el aire en el sistema de combustible para que no cueste el arranque de la planta.

Figura 23. Aire en sistema de combustible

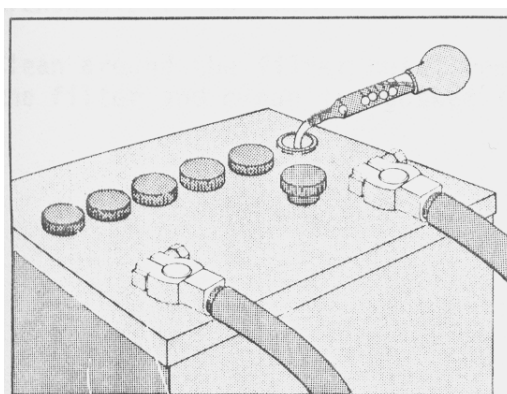


Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.5.4 Chequeo de batería

A las baterías será necesario chequear sus niveles de agua destilada así como también sus bornes, que estén debidamente limpios y bien apretados para evitar cualquier falso contacto.

Figura 24. **Batería de arranque**

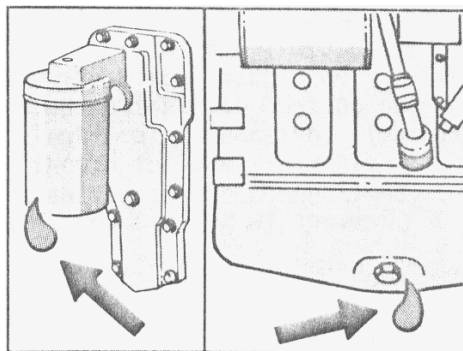


Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.5.5 Chequeo de fugas

La revisión de fugas en las plantas será en aquellos puntos de unión y acople de mangueras así como en tapones y filtros.

Figura 25. **Fugas de aceite en motor**

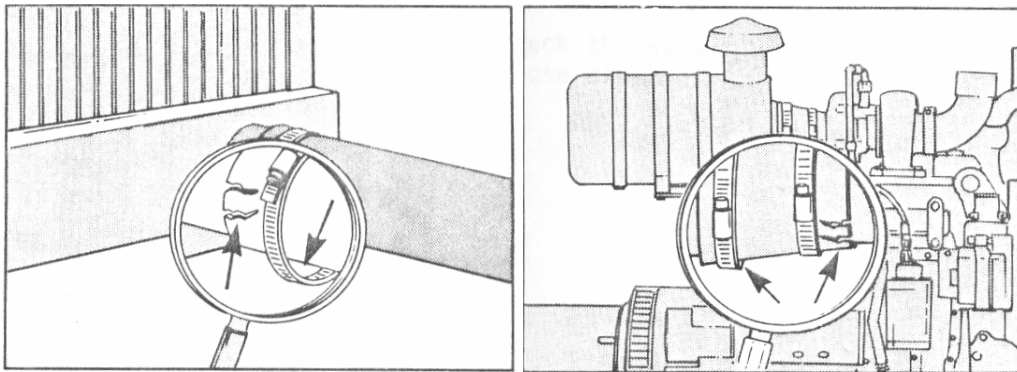


Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.5.6 Chequeo de mangueras

Será necesario revisar las mangueras y acoples ya que estas tienden a reventarse con el tiempo.

Figura 26. Mangueras reventadas en planta eléctrica

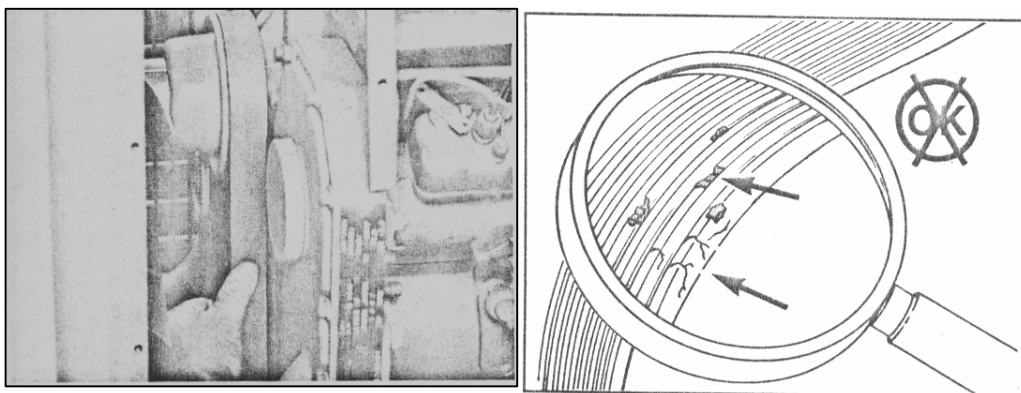


Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.5.7 Chequeo de fajas

Cuando se cheque fajas, se revisara su tensión así como el estado físico de la misma.

Figura 27. Chequeo de fajas



Fuente: **Manual de operación y mantenimiento de planta Cummins 6BT5.9**

4.1.6 Puntos importantes de mantenimiento para el operador

Es de vital importancia capacitar al personal encargado de operar las plantas en el hospital ya que son ellos los que están en contacto directo con el equipo. Y por lo tanto los operadores de las plantas eléctricas del hospital deberán colaborar con el programa de mantenimiento preventivo en las siguientes tareas:

1. Antes de encender la planta eléctrica revisar:
 - Nivel de agua en el radiador
 - Nivel de aceite en el cárter
 - Nivel de agua en celdas de baterías
 - Nivel de combustible en tanque diario
 - Verificar limpieza en terminales de batería.

2. Colocar el interruptor principal del generador "Main" en off.

3. Colocar los selectores de operación en el modo manual para arrancar la planta eléctrica.

4. Se pone a funcionar de esta manera por unos 10 minutos y se revisa los siguiente:
 - Frecuencia del generador (60 a 61 Hz).
 - De ser necesario se ajusta el voltaje al valor correcto por medio del potenciómetro de ajuste.

- Durante todo el tiempo que tarda la planta trabajando se debe estar revisando la temperatura del agua, presión de aceite y la corriente de carga del acumulador.
 - Si todo está correcto se acciona el interruptor en la posición de apagado “off” para que el motor se apague.
5. Luego de la revisión preliminar y si toda está correcto simular falla del fluido eléctrico y revisar los siguiente:
- Corriente, voltaje, y frecuencia del generador según los parámetros de operación (estos pueden variar de un sistema a otro).
 - Si alguno de estos valores está fuera de su rango de operación, notifique de inmediato al departamento de mantenimiento del hospital.
 - Si la temperatura del agua es muy alta, con mucha precaución quitar el tapón al radiador, revisar el nivel del agua y reponerla en caso de necesidad (sin parar el motor) si el nivel de agua se encuentra bien, buscar la manera de ventilar el motor por otros medios. También conviene verificar si el generador está muy cargado, ya que esa puede ser la causa, y si ese es el caso, se deberá disminuir la carga eléctrica hasta llegar a la corriente nominal de placa del generador. En caso de obstrucción de las celdas del radiador lavarlo a vapor para retirar la suciedad.
 - Si la presión del aceite es muy baja para el motor, esperar que se enfríe, luego revisar el nivel de aceite y reponerlo en caso de ser necesario (con el motor apagado). Después volver a encender el motor. Si la presión no estabiliza, llamar al personal de mantenimiento del hospital.

- Si el amperímetro que señala la carga del alternador al acumulador proporciona una señal negativa, significa que el alternador no está cargando. En este caso se debe verificar el estado del alternador, regulador de voltaje y conexiones.
 - Si la frecuencia del generador baja a un punto peligroso, personal autorizado debe calibrar al generador del motor a fin de compensar la caída de frecuencia, es normal que el generador trabajando a plena carga baje un poco su frecuencia.
 - Si el voltaje del generador baja su valor, es posible recuperarlo girando el potenciómetro del regulador de voltaje.
6. Si en el trabajo de la planta llegan a actuar las protecciones, debe verificar la temperatura del agua y presión del aceite. Si actúa la protección por alta temperatura de agua dejar que el motor enfríe y después reponer el faltante.
 7. Para detener el motor, desconecte la carga manualmente y deje trabajar el motor durante tres minutos al vacío.
 8. Conviene arrancar el motor por lo menos una vez a la semana por un lapso de 30 minutos, para mantener bien cargado el acumulador, cuando no existe cargador de baterías conectado a la planta; y para mantener el magnetismo remanente del generador en buen rango. También para corregir posibles fallas.
 9. Cualquier duda o anomalía observada reportarla al personal de mantenimiento del hospital.

4.1.7 Recomendaciones generales para el operador

Reglas que deben conservarse:

1. Procurar que no entre tierra y polvo al motor, al generador y al interior de los tableros de control y transferencia.
2. Comprobar de que este bien dosificado el combustible para el motor libre de impurezas y cualquier obstrucción.
3. Chequear que al operar la planta se conservan dentro de los valores normales las temperaturas del agua del radiador, de los embobinados del generador, de los tableros, del motor, del interruptor de transferencia, etc.
4. Todos los motores nuevos traen un aditivo que los protege de la corrosión interna. Al igual que en los motores usados, después de algún tiempo necesitan protegerse con aditivos, los cuales duran períodos determinados. Después hay que suministrarle otro que los proteja. Además hay que evitar fugas y goteras sobre partes metálicas.
5. Se debe procurar que se tengan siempre los medios de suministro de aire, por ejemplo:
 - Aire limpio para la operación del motor.
 - Aire fresco para el enfriamiento del motor y generador.
 - Medios para desalojar el aire caliente.

6. Comprobar siempre que la planta gira a la velocidad correcta por medio de su frecuencímetro y tacómetro.
7. Estar siempre pendiente del buen estado de la planta en general.
8. Reportar al personal de mantenimiento las fallas en cuanto aparezcan, por muy simples que se vean.
9. Cuando el motor del interruptor de transferencia derrame lubricante, éste deberá sustituirse por grasa nueva.
10. Recurrir siempre con el personal de mantenimiento para implantar mejoras en el programa de mantenimiento. Llevar una bitácora en la cual se anote todo lo sucedido durante el turno en relación al funcionamiento de la planta.

4.1.8 Puntos claves en la instalación de una planta diesel

Cuando se va adquirir una planta de emergencia y se procederá a su instalación serán necesario que tengamos en cuenta ciertos puntos que optimicen la utilización de la misma, entre estos puntos tenemos:

- El espacio físico donde se colocará, deberá de llenar las especificaciones del proveedor.
- Será necesario que en el área de instalación se haga una correcta cimentación.

- Deberá de dejarse por lo menos un metro de distancia entre las paredes a la planta para poder hacer trabajos de mantenimiento.
- Se deberá considerar el nivel de ruido que produzca la planta para no tener problemas posteriores.
- Se deberá dejar libre el acceso de aire al radiador así como libre la salida de los gases de escape.
- En lo posible se utilizaran elementos flexibles en tuberías de alimentación de combustible debido a situaciones de emergencia.
- El área de instalación de la planta deberá de estar debidamente señalizada.
- Considerar el espacio donde se colocara el tanque de combustible que abastecerá la planta por cuestiones de constante llenado.

4.1.9 Normas de seguridad

Como parte fundamental del programa, se debe contar con un documento de normas de seguridad en el que se indiquen todos los procedimientos que se deben seguir por parte de los técnicos al realizar servicios de mantenimiento para que estos no sean víctimas de un accidente.

Para el diseño de dicho documento de normas de seguridad, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Las clases de equipos, estructuras y unidades de la planta.
- b) Recomendaciones sobre mantenimiento de las casas fabricantes.
- c) Experiencia adquirida por el personal de mayor antigüedad.

En base a lo anterior se proponen las siguientes normas de seguridad:

- No operar equipos sin autorización.
- No hacer trabajos de mantenimiento en las plantas operando a altas velocidades.
- Utilizar dispositivos de seguridad, como lo son cascos, lentes protectores y guantes.
- Emplear herramientas o equipo adecuado
- No utilizar equipo que se encuentre en malas condiciones.
- Evitar exponerse sin necesidad al peligro.
- No distraer la atención de otro trabajador durante la operación y mantenimiento de las plantas eléctricas.
- Evitar hacer trabajos de mantenimiento en las plantas, cuando el piso se encuentre mojado.

5 SEGUIMIENTO

5.1 Contabilidad de los costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento de los equipos en un hospital no son un factor cuantificable solo en dinero, sino en otros factores.

Por esto la optimización del mantenimiento y reparación de equipos es uno de los mayores retos con que se enfrenta la dirección de gestión debido a que estos constituyen un autentico “cuello de botella” por el elevado número de distintos aparatos existentes, su gran coste económico y su complejidad técnica y funcional que da lugar a numerosas averías de costosa solución.

5.1.1 Acumulación de los costos de mantenimiento

A Costos en personal

Para poder cubrir todos los trabajos de reparación y los mantenimientos preventivos que hay todos los días en el área de plantas eléctricas se emplearán a cuatro operadores y un supervisor.

Tabla XIV. **Personal empleado en el área de plantas eléctricas**

Nombre del Puesto	Cantidad	Salario base Q.	Bonificación/mes Q.	Total Q.
Operador de plantas eléctricas	4	2250.00	250.00	10000.00
Supervisor	1	3200.00	250.00	3450.00
			Total	13450.00

Al mes se tendrá un costo total de Q13450.00 para el área de plantas eléctricas.

B Costo de herramienta y equipo

Según listado de herramienta y equipo mostrado en el capítulo 3 los costos se resumen de la siguiente manera:

Tabla XV. **Costo de herramienta y equipo**

	Total Q.
Herramientas generales	6300.50
Equipo de medición	5450.00
Herramienta especializada	4685.75
Medios de comunicación	2100.00
Total	18536.25

El costo total del equipo para labores de mantenimiento será de Q18536.25, y es necesario hacer esta inversión debido a la falta del mismo.

C Costos de capacitación

Las áreas a reforzar para el personal de mantenimiento en relación a plantas eléctricas son:

Tabla XVI. Costo de capacitación

Área	Total Q.
Inyección mecánica y electrónica	2500.00
Turbocargadores	2000.00
Electromecánica	4000.00
Total	8500.00

Estos precios son variables ya que están en relación a la cantidad de personas.

Entre las empresas que brindan estos cursos de capacitación se encuentra el Intecap, Gentrac y Coguma. Cuando se adquiera un equipo nuevo es recomendable llegar a un acuerdo para que la empresa suministrante proporcione los cursos de capacitación para el personal.

D Costo de las rutinas de mantenimiento

El mantenimiento preventivo tendrá tres elementos que conformaran el costo de cada rutina, estos son: materiales gastables, repuestos y mano de obra.

1. Materiales gastables

Tabla XVII. **Materiales gastables**

Materiales	Unidad de medida	Precio Q.
Aceite SAE No. 40	Galón	80.00
Agua destilada	Galón	15.00
Bicarbonato de Sodio	Libra	6.00
Brocha de cerda plástica de 2"	Unidad	8.00
Disolvente de grasa	Frasco	80.00
Grasa corriente	Libra	40.00
Lija de agua # 250	Pliego	3.75
Limpiador de contactos	Frasco	90.00
Refrigerante para radiador	Galón	96.00
Wype	Libra	8.00

2. Repuestos

Tabla XVIII. **Costo de repuestos**

Materiales	Unidad de medida	Kholer 600 Precio Q.	Cat. D349 Precio Q.	Cat. 3304 Precio Q.
Filtro de aceite	Unidad	300.00	350.00	350.00
Filtro de agua	Unidad	250.00	300.00	80.00
Filtro de aire	Unidad	1200.00	900.00	600.00
Filtro de combustible	Unidad	200.00	200.00	150.00
Fusibles de vidrio 1, 2, 3, 4 y 5 Amp.	Juego	35.00	35.00	35.00
Terminales de batería	Juego	25.00	25.00	25.00
Fajas	Unidad	400.00	400.00	250.00

3. Mano de obra

Para determinar el costo de mano de obra (CMO) se calculara primero el costo por hora-hombre (C/HH) y este es el que se utilizara para determinar a cuanto haciende el costo mantenimiento según las rutinas establecidas. Al tener establecido el C/HH para operador de planta, la mano de obra se obtendrá la multiplicar el C/HH por el tiempo que utilizado para el mantenimiento preventivo.

Los elementos del C/HH son:

- Sueldo base (SB)
- Prestaciones laborales (PL)
- Cuotas patronales (CP)
- Bonificación (B)
- Horas-hombre (HH)

$$C/HH = \frac{SB + PL + CP + B}{HH}$$

Las cuotas patronales son:

- IGSS = 10.67 % para el departamento de san marcos
- IRTRA = 1 %
- INTECAP = 1 %

CP = 12.67 % sobre el salario base

Las prestaciones laborales esta compuesto por:

- Bono 14 = 8.33333 % sobre el salario base
- Aguinaldo = 8.33333 % sobre el salario base
- Indemnización universal = 8.33333 % sobre el salario base

- Vacaciones = 4.16667 % sobre el salario base

PL = 29.1666667 % sobre el salario base

Cálculo de C/HH:

HH = 8 días x 24 hrs./día = 192 hrs.

CP = 12.67 % de SB

PL = 29.1666667 % de SB

SB (operador) = Q. 2250.00

B = Q. 250.00

$$\text{C/HH (operador)} = \frac{2250 + 2250 \times 0.291666667 + 2250 \times 0.1267 + 250}{192}$$

C/HH (operador) = **Q 17.98**

Costo de mano de obra (CMO) = C/HH x horas efectivas de trabajo

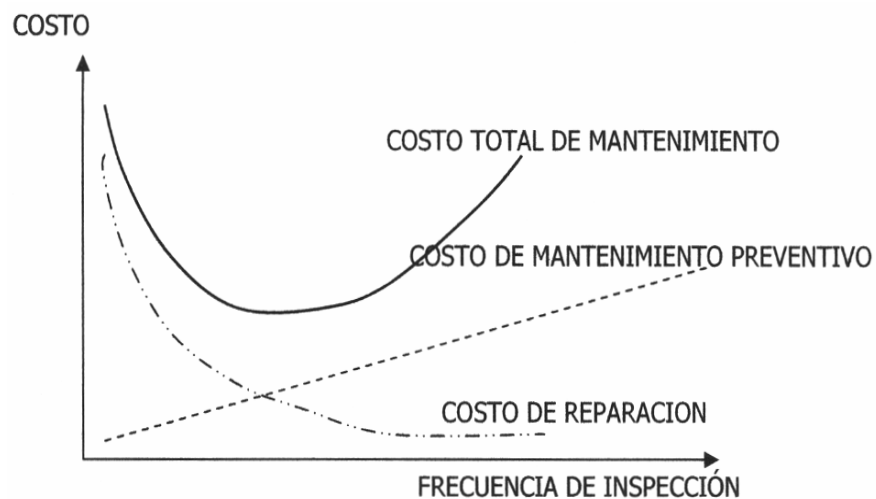
Tabla XIX. Costo de mano de obra

Rutina	Kholer 600 Costo Q.		Cat. D349 Costo Q.		Cat. 3304 Costo Q.	
	Hrs.	Total Q	Hrs.	Total Q	Hrs.	Total Q
Diario	¼	4.50	¼	4.50	¼	4.50
Semanal	1	17.98	1	17.98	1	17.98
Mensual	1	17.98	1	17.98	1	17.98
Por cada 3 meses o 250 Hrs.	4	71.92	4	71.92	3	53.94
Por cada 6 meses o 500 Hrs	4	71.92	4	71.92	3	53.94
Por cada 12 meses o 1000 Hrs	4	71.92	4	71.92	3	53.94
Por cada 24 meses o 2000 Hrs	7	125.86	7	125.86	7	125.86

Además podríamos decir que los costos de funcionamiento de los equipos los reunimos en:

- **Costo de reparación.** Es el costo o valor propiamente dicho de la reparación, y viene dado con la suma del costo del valor de la mano de obra del técnico y el costo de las piezas de recambio.
- **Costo de actualización.** Este costo incluye las operaciones necesarias para mantener el equipo dentro de las características técnicas y cumpliendo las funciones para las que se ha diseñado.
- **Costo de parada.** Incluye todas las causas que se presentan para que el equipo no funcione.

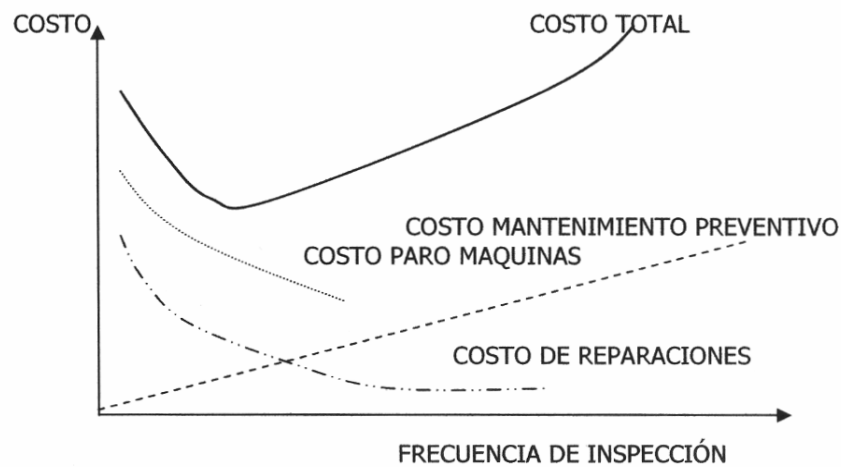
Figura 28. **Costo de mantenimiento en función de la frecuencia de inspección.**



Fuente: Fundación Universitaria Manuela Beltrán, **Propuesta de mejoramiento de la tecnología biomédica y la infraestructura hospitalaria**, Pág.33

En la figura 28 se puede ver la influencia que tienen en los costos la realización del mantenimiento preventivo de forma constante, pudiendo obtener la frecuencia de inspección para la obtención del mínimo costo.

Figura 29. **Costo de mantenimiento en función de la frecuencia de inspección incluyendo costo por paro de maquinas**



Fuente: Fundación Universitaria Manuela Beltrán, **Propuesta de mejoramiento de la tecnología biomédica y la infraestructura hospitalaria**, Pág.33

En la figura 29 se ha tenido en cuenta el costo en concepto de maquina parada, factor que alcanza mas importancia a medida que los costos de adquisición son mas altos.

5.1.2 Preparación de reportes de costos

Los supervisores y encargados de las operaciones de mantenimiento serán los encargados de llenar estos reportes de una manera clara y precisa, tratando de ser lo mas realista posible ya que estos servirán al departamento de mantenimiento para demostrar sus actividades y gastos a la dirección del hospital.

5.1.2.1 Registro, resumen y distribución de los costos

Los costos de mantenimiento es la suma de todos los gastos incurridos para su desempeño, durante un período de tiempo (un mes, un año).

Así podemos clasificarlo en costos directos y costos indirectos.

Los costos directos son aquellos que se producen como resultado directo de los trabajos de mantenimiento, teniendo entre estos costos los siguientes:

- Mano de obra utilizada, medida en horas-hombre y traducida a dinero
- Repuestos, medida en unidades y luego a dinero
- Otros materiales, medidas en unidades y luego a dinero
- Otros gastos generales: energía eléctrica, administración, etc.

Estos costos directos son fácilmente medibles a través de controles adecuados, ya sea por trabajo realizado que implique un reporte, que contenga lo siguiente:

- Tipo de trabajo a realizar
- Horas hombre utilizadas
- Repuestos utilizados
- Tiempo de reparación
- Otros materiales empleados.

En la tabla XXVII se muestra el formato para órdenes de trabajo donde se puede llevar el control de estos costos.

5.1.3 Control de costos para la operación efectiva

El control de costos es de suma importancia en la administración del mantenimiento puede convertirse en algo incontrolable para el jefe del departamento.

El control de trabajo sirve a su vez para controlar los costos totales de la operación. Sin un control sobre el trabajo de mantenimiento que se proyecta o se ejecuta, el jefe de mantenimiento no podrá optimizar los costos en que se incurren. Tienen que haber métodos bien formulados para recibir los trabajos.

5.1.3.1 Método para controlar los costos

El método utilizado para controlar los costos será a través de información que podrá ser procesada a través de las órdenes de trabajo, salida de materiales del almacén, registros de fallas y paradas de equipos y del historial de los equipos y se resume con una frecuencia mensual constituyéndose en un informe a la dirección del hospital.

El análisis de la información procesada permite detectar los siguientes aspectos:

- Costos de mantenimiento por período discriminados en mano de obra directa e indirecta y materiales.
- Tiempos de parada por mantenimiento, disponibilidad de equipo, etc.
- Costos de mantenimiento exterior y frecuencia de utilización del mismo

Con base es estos aspectos:

- Se identificarán las unidades, con los mayores costos de mantenimiento y/o tiempos de parada más prolongados a efectos de priorizar las acciones tendientes a optimizar rápidamente su comportamiento.
- Se compararán los costos de mantenimiento de unidades, plantas similares ubicadas en distintos lugares y/o pertenecientes a otras áreas.
- Se compararán los costos del mantenimiento programado contra los costos del no programado y de la disponibilidad alcanzada para los equipos en cuestión.
- Se compararán los costos de mano de obra y materiales por equipo.

5.1.4 Índices de confiabilidad

Los índices de mantenimiento se utilizan para determinar un estimado de la repercusión que tiene el programa de mantenimiento en los costos de operación de cualquier departamento o sección, en la cual se aplique.

El uso de índices de mantenimiento nos servirá para la recolección de datos y presentarlos mediante relaciones resumidas y además facilitara el análisis cuantitativo y cualitativo de la situación de un servicio de mantenimiento determinado.

5.1.4.1 Índices de mantenimiento

A continuación se enlista los índices de mantenimiento mas usados:

5.1.4.1.1 Recursos humanos

Estos indices son todos aquellos que están relacionados con la fuerza laboral con que se cuenta, representada en horas hombre.

Tabla XX. Índice de productividad

Fuentes:	Informe mensual Orden de trabajo
Proceso de obtención:	$\frac{\text{H. H. Utilizadas}}{\text{H. H. Disponibles}}$
Utilización:	Para cuantificar el grado de aprovechamiento de la mano de obra con que se cuenta.
Interpretación:	El numerador representa las horas hombre reales utilizadas en la ejecución de las órdenes de trabajo, y el denominador las horas hombre totales de la fuerza laboral.

Tabla XXI. **Índice de eficiencia**

Fuentes:	Informe mensual Programación semanal Orden de trabajo
Proceso de obtención:	$\frac{\text{H. H. Estimadas}}{\text{H. H. Utilizadas}}$
Utilización:	Para evaluar al personal operativo de mantenimiento respecto al tiempo utilizado en la ejecución de sus trabajos en razón al tiempo estimado para realizarlo.
Interpretación:	El numerador representa el tiempo estándar o estimado para la ejecución de las órdenes de trabajo, y el denominador el tiempo real para su realización.

5.1.4.1.2 Recursos energéticos

Estos índices son todos aquellos que están relacionados con el consumo de energía eléctrica, diesel, gas, etc.

Tabla XXII. **Consumo de energía eléctrica por cama**

Fuentes:	Informe mensual Administración del hospital
Proceso de obtención:	$\frac{\text{Consumo en Kw - hora de energía eléctrica}}{\text{Número de camas}}$
Utilización:	Permite cuantificar el grado de racionalización en el uso de este energético.
Interpretación:	El numerador representa el consumo real de energía eléctrica en kilo-watts-hora y el denominador el número de camas ocupadas en el mes.

Tabla XXIII. **Consumo de energía eléctrica por metro cuadrado construido**

Fuentes:	Informe mensual Características físicas del hospital
Proceso de obtención:	$\frac{\text{Consumo en Kw - hora de energía eléctrica}}{\text{Metros cuadrados de construcción}}$
Utilización:	Permite cuantificar el grado de racionalización en el uso de este energético.
Interpretación:	El numerador representa el consumo real de energía eléctrica en kilo-watts-hora y el denominador la superficie total construida.

Tabla XXIV. **Consumo de diesel por cama**

Fuentes:	Informe mensual Administración del hospital
Proceso de obtención:	$\frac{\text{Consumo de galones de diesel}}{\text{Número de camas}}$
Utilización:	Permite cuantificar el grado de racionalización en el uso de este energético.
Interpretación:	El numerador representa el consumo real de diesel en galones y el denominador el número de camas ocupadas en el mes.

5.1.4.1.3 Costos de mantenimiento

Estos índices son todos aquellos que están relacionados con los costos en los que incurre el mantenimiento.

Tabla XXV. **Costo de mantenimiento por cama**

Fuentes:	Informe mensual Administración del hospital
Proceso de obtención:	$\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Número de camas}}$
Utilización:	Permite evaluar desde el punto de vista económico la aplicación de recursos destinados al mantenimiento respecto a una de las características representativas del universo de acción que son las camas.
Interpretación:	El numerador representa el costo de mantenimiento, de acuerdo con la conceptualización del mismo y el denominador el número de camas ocupadas en el mes.

Tabla XXVI. **Costo de mantenimiento por metro cuadrado construido**

Fuentes:	Informe mensual Características físicas del hospital
Proceso de obtención:	$\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Metros cuadrados de construcción}}$
Utilización:	Permite evaluar desde el punto de vista económico la aplicación de recursos destinados al mantenimiento respecto a una de las características representativas del universo de acción, muy correlacionada con el costo de mantenimiento aplicado, como es la superficie construida del hospital.
Interpretación:	El numerador representa el costo de mantenimiento, de acuerdo con la conceptualización del mismo y el denominador la superficie total construida.

5.2 Supervisión del mantenimiento

Los supervisores de mantenimiento son el enlace natural entre la gerencia y los trabajadores encargados de realizar las tareas de mantenimiento propiamente dichas.

Su capacitación debe ser preferentemente técnica que cubra también, y como mínimo, la mayoría de las técnicas del trabajo requeridas en el área de mantenimiento. También debe contar con un conocimiento general de la tecnología de los procesos y de los servicios a atender, así como conocer los conceptos básicos de limpieza, higiene y seguridad industriales.

También en este nivel se requiere que sean líderes, cuenten con aptitudes para dirigir y motivar al personal a su cargo en la correcta y eficiente ejecución de las tareas.

5.2.1 Auditorias periódicas

Es evidente que sea cual sea la formula seleccionada para abordar el mantenimiento, debe realizarse un seguimiento continuado del mismo por parte del personal de mantenimiento del hospital.

Dicho seguimiento se realizara en todos los ámbitos y deberá incluir:

- Control del cumplimiento de las reglamentaciones vigentes referentes a revisiones periódicas de mantenimiento preventivo.

- Control del mantenimiento correctivo en lo referente a renovación periódica de los elementos consumibles o elementos sometidos a desgaste.
- Control de las incidencias que aparecen en equipos e instalaciones.
- Control del trabajo realizado por las empresas contratadas.
- Control del trabajo realizado por el propio servicio de mantenimiento.

5.2.2 Visitas de inspección y desarrollo de rutinas

En un programa de mantenimiento preventivo deberán de existir las visitas de inspección y desarrollo de rutinas, estas son actividades muy importantes e imprescindibles que sirven para detectar y prevenir fallas técnicas y administrativas.

Estas visitas deberán de realizarse de una manera sistemática, con el fin de que el trabajo del supervisor de mantenimiento sea productivo.

Las rutinas deberán ser actualizadas cada cierto periodo de tiempo con el fin de eliminar tareas no necesarias y agregar nuevas que sean de carácter necesario. En el desarrollo de las rutinas será de vital importancia el apoyo del personal operativo de las plantas ya que son ellos los primeros en detectar y observar cualquier tipo de problemas con estas.

5.2.3 Reporte semanal de actividades

Sirve para registrar los servicios efectuados durante la semana y llevar un mejor control de los trabajos de mantenimiento. Además proporciona información relacionada con la tarea realizada, tiempos empleados, personal utilizado, el código del equipo, el número de orden, el trabajo que se realizó, los materiales y los costos.

El formato de estos informes debe ser claro y estar de acuerdo con el estilo que requiera el departamento de mantenimiento. El procedimiento de los informes brindará la retroalimentación que la supervisión debe entregar al sistema, ver tabla XXVIII.

5.2.3.1 Hoja de supervisión

La hoja de supervisión debe estar realizada en función del equipo existente y de acuerdo a las especificaciones del proveedor, para facilitar y hacer más efectiva la función del supervisor de mantenimiento, enmarcando los puntos más importantes que deben revisarse en cada equipo y de igual manera que los reportes de actividades, el formato de esta hoja debe ser claro y de acuerdo con el estilo que requiera el departamento de mantenimiento, ver tabla XXIX.

CONCLUSIONES

1. Los principios de funcionamiento de una planta eléctrica se rigen bajo los principios de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos y, en la actualidad, sigue siendo el mismo y lo que difiere de una planta a otra dependerá, únicamente, de la casa fabricante de la planta eléctrica y en todos aquellos arreglos de puesta en marcha de la misma.
2. Está claro que no es lo mismo dejar sin fluido eléctrico a una planta de producción de bienes y dejar sin fluido eléctrico a un hospital en el primer caso esto se ve reflejado en pérdida de dinero por el paro de operaciones pero en un hospital se ve reflejado en la pérdida de vidas.
3. El personal encargado de la operación y mantenimiento de las plantas eléctricas en el hospital demostraron tener toda la voluntad de cooperación y deseos de mejorar las técnicas de operación y mantenimiento de las plantas eléctricas, pero es obvio que necesitan de programas de capacitación constante y esto es debido a que la mayor parte de los mantenimientos a las plantas son realizadas por empresas privadas.
4. El contar con personal capacitado para la operación y mantenimiento de las plantas eléctricas reduce notoriamente la subcontratación de empresas privadas para el mantenimiento y, con esto, aumenta la eficiencia del departamento de mantenimiento.

5. En la actualidad, el hospital no cuenta con un plan de mantenimiento definido en el área de plantas eléctricas, pero con el plan propuesto de mantenimiento preventivo, capacitación del personal y colaboración de parte de la dirección del hospital, mejorara el servicio de esta área y se vera reflejado en la reducción de empleo de personal subcontratado para funciones de mantenimiento.
6. Los procedimientos de arranque y pruebas se desarrollaron en forma general y no para una planta en específico pero es necesario disponer siempre de manuales de operación y funcionamiento de las plantas eléctricas.
7. Un programa de mantenimiento deberá de contar con una serie de documentos en los cuales se anotaran toda la información relacionada con el equipo y sus reparaciones, esta información deberá de ser archivada y a la vez servirá para mejorar nuestro actual programa de mantenimiento preventivo.

RECOMENDACIONES

1. La estandarización de operación y pruebas de una planta eléctrica deberá de hacerse con el personal calificado y estas deberán de estar regidas bajo las normas y especificaciones que se muestren en el manual que proporcione el fabricante o proveedor del equipo, en caso de que no se cuente con manuales será necesario recurrir con el proveedor de la marca y solicitarlos.
2. De carácter urgente será necesario implantar un programa de capacitación para el personal relacionado con la operación y mantenimiento en el área de plantas eléctricas, pues, esto ayudará en el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento y reducirá el empleo de personal externo.
3. Contar con supervisores capacitados ayudará mucho en el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo y, además, este personal es de gran apoyo en funciones administrativas para el departamento de mantenimiento.
4. Una revisión periódica a las rutinas de mantenimiento, por parte del jefe de mantenimiento en conjunto con supervisores y operadores, será de gran utilidad, ya que, en muchos casos se dejan de hacer ciertos pasos necesarios y por otro lado se hace trabajo que está demás, con esto se pretende optimizar el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumeister T. y otros. **Manual del ingeniero mecánico**. 8va. Edición
México: Editorial McGraw Hill, 1987. 2000pp.
2. Donis, Gilberto Sagastume. Mantenimiento preventivo por el método de
análisis de aceite lubricante. Tesis Ing. Mec. Guatemala,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería,
1984. 115pp.
3. Dounce Villanueva, Enrique. **La administración del mantenimiento**.
México: CECSA, 1973.
4. Garza Quiroz, Fernando. **Enciclopedia de mantenimiento industrial**.
México : CECSA, 1986.
5. Guzmán Shaul, José Vicente. Propuesta de la organización de los
servicios de mantenimiento de hospitales del ministerio de salud
publica y asistencia social. Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad
de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987. 120 pp.

6. López López, Walter Arcadio. Programa de mantenimiento preventivo para los equipos de lavandería y cocina del hospital Roosevelt. Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 82 pp.
7. **Manual de operación y mantenimiento de plantas diesel cummins modelos 4B3.9, 4BT3.9, 6B5.9 y 6BT5.9.**
8. **Manual organizacional y funcional del departamento de mantenimiento del Hospital General San Juan de Dios.** Guatemala, 2005.
9. Morrow, Lester Cordón. **Manual de mantenimiento industrial.** Mexico: C. A. Editorial, 1990.
10. **www.gtzsalud.com**
11. **www.mantenimientomundial.com**

ANEXOS

Tabla XXVII. Formato para órdenes de trabajo.


ORDEN DE TRABAJO		HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS" DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO						
Número de orden: MPP <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>		Equipo:						
Servicio Solicitante		Modelo:			No. Inventario Técnico			
Nombre del solicitante		Serie:			ID:			
Fecha		Marca:			Técnico responsable			
Servicio: Interno <input type="checkbox"/> Externo <input type="checkbox"/>		Fabricante:			Empresa Responsable			
Descripción del trabajo solicitado:						Firma y sello de autorización		
MANO DE OBRA							Información Técnica	
Fecha	Código técnico	Cantidad HH	Costo HH	Valor	Otros costos	Total	Fallas Detectadas	
TOTAL								
MATERIALES								
Código	Descripción			UM	Cantidad	P. Unitario	Valor	
Informe y Observaciones del técnico					Recepción del trabajo			
					Nombre y firma del encargado		Sello del servicio	
					Firma de técnico		Revisado por jefe	

TABLA XXVIII. Formato para reporte semanal de actividades.

REPORTE SEMANAL DE ACTIVIDADES		HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS" DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
Nombre:		No. Trabajador:				
Puesto:		Código:				
Jefe inmediato:		Área:				
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	TRABAJO REALIZADO	TIEMPO ASIGNADO	TIEMPO REAL	OBSERVACIONES	
OBSERVACIONES						

