



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL DEPARTAMENTO DE  
MANTENIMIENTO GENERAL DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD  
PERENCO GUATEMALA LIMITED**

**Luis Alfredo Gil Moreno**

**Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel**

**Guatemala, mayo de 2006**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GENERAL  
DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD PERENCO GUATEMALA LIMITED**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ALFREDO GIL MORENO**  
**ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, MAYO DE 2006**

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



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. José Francisco Gómez Rivera
<b>EXAMINADOR</b>	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GENERAL DE LA REFINERÍA LA LIBERTAD PERENCO GUATEMALA LIMITED**

tema que se me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 1 de septiembre 2004.

**Luis Alfredo Gil Moreno**

## **DEDICATORIA A:**

### **DIOS**

Por ser nuestro Divino Creador y por todas las bendiciones recibidas

### **MIS PADRES**

Fabián Gil y Lidia Moreno de Gil por darme la vida, mostrarme el camino y por enseñarme que no se necesita más que el firme deseo y dedicación para lograr cosas grandes en la vida

### **MI ABUELA**

Silvia Cortéz Flores quien junto a mis padres me ayudo y apoyó a lo largo de mi carrera

### **MIS HERMANOS**

Beatriz, Fabio, Julio, Gisela y Brenda. Que esto sea un reconocimiento a ellos y un ejemplo a seguir aún a pesar de las adversidades

### **MIS TIOS**

Miguel Ángel González y Sara Morales de González ya que sin su ayuda este logro alcanzado no hubiera sido posible

### **MIS AMIGOS**

Quienes a lo largo de mi vida y de mi carrera han estado siempre presentes compartiendo en las buenas y en las malas y a quienes no menciono porque son muchos, pero que cada uno de ellos sabe quiénes son.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Ing. Jaime Batten** quien fue el asesor supervisor del presente proyecto.

**Ing. Rodrigo Urréjola Polanco** por haberme abierto las puertas de la empresa y darme la oportunidad de desarrollar el proyecto de EPS.

Todo personal Administrativo y Operativo de Refinería La Libertad Perenco Guatemala Limited por brindarme su apoyo, su amistad y sus conocimientos.

Mis catedráticos, quienes fueron parte importante en mi formación académica.

Todas las personas que de una u otra forma me brindaron su amistad y su apoyo dándome ánimos para seguir y salir adelante.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	<b>1</b>
1.1 Reseña histórica	1
1.2 Actividades y productos	2
1.3 Misión, visión y valores	3
1.4 Estructura organizacional	4
1.5 Descripción y ubicación	6
1.6 Departamento de mantenimiento	7
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1 Mantenimiento	9
2.1.1 Pasos a seguir para el mantenimiento preventivo	13
2.2 Rutinas de inspección	19
2.2.1 Determinación de frecuencias de mantenimiento	19
2.3 Revisiones	20
2.4 Lubricación periódica	21
2.5 Orden y limpieza	21
2.6 Señalización y codificación	21
2.7 Ruido	22

2.8 Costo de mantenimiento	24
2.8.1 Costos directos	24
2.8.2 Costos indirectos	25
<b>3. DIAGNÒSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA</b>	<b>27</b>
3.1 Diagrama causa y efecto de la situación actual	27
3.2 Situación actual del departamento de mantenimiento general	28
3.3 Descripción del equipo con que se cuenta	29
3.3.1 Generadores	30
3.3.1.2 Tipos de generadores	31
3.3.1.3 Generadores con motor de combustión interna	32
3.3.2 Bombas	33
3.3.2.1 Tipos de bombas	35
3.3.2.2 Bombas centrífugas	35
3.3.2.3 Bombas de desplazamiento positivo	36
3.3.2.4 Bombas reciprocantes	37
3.3.3 Calderas	37
3.3.3.1 Calderas pirotubulares	38
3.3.3.2 Calderas Acuatubulares	39
3.3.4 Compresores	40
3.3.5 Vehículos	40
3.3.5.1 Montacargas	41
3.3.5.2 Cargador frontal	42
3.3.5.3 Microbús	42
3.3.5.4 Camiones	43
3.4 Métodos actuales para el mantenimiento de los equipos	43
<b>4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO</b>	<b>45</b>
4.1 Estabilización de los equipos	45



4.1.1	Evaluación general del funcionamiento de los equipos	45
4.1.2	Identificación de piezas defectuosas	46
4.1.3	Cambio / reparación de partes defectuosas	46
4.1.4	Requisición de partes faltantes	47
4.1.5	Instalación de partes faltantes	49
4.2	Mecanismos de recolección de información	49
4.2.1	Formatos de check list diario para generadores	50
4.2.2	Formatos de servicio semanal y quincenal para generadores	52
4.2.3	Formatos de check list para calderas	56
4.2.4	Formatos de check list para compresores	60
4.2.5	Bases de datos de distribución de cargas de generadores	63
4.3	Monitoreo y control	65
4.3.1	Registro diario de sensores e indicadores	65
4.3.2	Registro y control de servicios	67
4.3.3	Bitácoras de fallas y reparaciones de generadores	67
4.3.4	Bitácoras de fallas y reparaciones de bombas	70
4.3.5	Bitácoras de fallas y reparaciones de vehículos y Montacargas	70
4.3.6	Sistema de muestreo y análisis periódico de aceite	70
4.3.7	Control de horómetros	72
4.3.8	Control de baterías	75
4.3.9	Control de consumo de aceite de generadores	75
4.3.10	Control de consumo de combustible de generadores	78
4.3.11	Gráficas de control de distribución de cargas de Generadores	79
4.4	Bodega	80
4.4.1	Inventario de repuestos en stock	81
4.5	Protecciones de los equipos	83

4.5.1	Evaluación de las protecciones de los equipos	84
4.5.2	Identificación de sensores	86
4.5.3	Identificación de sensores defectuosos	87
4.5.4	Cambio / reparación de sensores defectuosos	88
4.5.5	Pruebas de funcionamiento de las protecciones	88
4.6	Programación de Servicios	88
4.6.1	Programación cronológica de servicio menor de Generadores	89
4.6.2	Programación de secuencia de operación de generadores	93
4.6.3	Programación de servicios mayores de generadores	94
4.6.4	Programación de mantenimiento de calderas	98
4.6.5	Programación de mantenimiento de compresores	98
4.6.6	Programación de mantenimiento de vehículos	99
4.7	Procedimientos	103
4.7.1	Procedimiento de nivelación de aceite de motores	103
4.7.2	Procedimiento de servicio menor a motores	105
4.7.3	Procedimiento de arranque y apagado de generadores en condiciones normales	107
4.7.4	Procedimiento de encendido / apagado de generadores en situaciones de emergencia	108
4.7.5	Procedimiento para cambio de generadores	109
4.7.6	Procedimiento de cambio de refrigerante de generadores	111
4.8	Administración del programa	112
4.8.1	Designación de personal responsable de operaciones de mantenimiento	112
4.8.2	Capacitación del personal	113
4.8.3	Visitas técnicas de proveedores	114
4.9	Informes	114
4.9.1	Contenido de los informes	114

4.9.2	Período de envío de informes	114
<b>5.</b>	<b>Costos</b>	<b>117</b>
5.1	Costo de mantenimiento	117
5.1.1	Insumos utilizados para el mantenimiento	117
5.1.1.1	Combustibles	118
5.1.1.2	Lubricantes	119
5.1.1.3	Repuestos	119
5.2	Mano de obra	120
5.3	Costo de generación	121
5.4	Comparación de costos de generación con generadores propios vs. costo por compra de energía eléctrica	122
<b>6.</b>	<b>Propuesta de mejora para las áreas de generadores y bombas</b>	<b>125</b>
6.1	Estudio de ruido	125
6.1.1	Uso de equipo de protección auditiva	127
6.1.1.1	Tapones	127
6.1.1.2	Orejeras	128
6.1.2	Costos de implementación	129
6.2	Señalización y codificación de equipos	130
6.2.1	Numeración y codificación de bombas	130
6.2.2	Limpieza y pintura de bombas	134
6.2.3	Costos de implementación	134
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>135</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>137</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>139</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>141</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Mapa de ubicación de operaciones de Perenco Guatemala	2
2. Organigrama de refinería La Libertad	5
3. Diagrama causa y efecto de la situación actual	27
4. Generador con motor de combustión interna	33
5. Bomba centrífuga	35
6. Bombas de desplazamiento positivo de tornillo	36
7. Bomba neumática, reciprocante o de diafragma	37
8. Caldera pirotubular	38
9. Caldera acuotubular	39
10. Compresor portátil de tornillo	40
11. Minicargador case	41
12. Modelo de requisición de compra	47
13. Formato de check list diario de generadores	51
14. Formato de check list servicio semanal de generadores	53
15. Formato de check list servicio quincenal de generadores	55
16. Formato de check list diario calderas	56
17. Formato de check list semanal calderas	57
18. Formato de check list mensual calderas	58
19. Formato de check list anual calderas	59
20. Formato de check list diario compresores	60
21. Formato de check list mensual compresores	61
22. Formato de check list semestral compresores	62
23. Manual de usuario de las bases de datos en Excel	63

<b>24.</b> Formato de control de sensores e indicadores de generadores	66
<b>25.</b> Historial de fallas de generadores	68
<b>26.</b> Gráfica de historial de fallas con paro de equipo	69
<b>27.</b> Formato para identificación de muestra de aceite	71
<b>28.</b> Cuadro de control de horómetros de generadores	73
<b>29.</b> Cuadro de control horómetros overhaul generadores	74
<b>30.</b> Formato de control de baterías generadores	75
<b>31.</b> Formato de control consumo de aceite para generadores	76
<b>32.</b> Gráfica de control consumo de combustible generadores	78
<b>33.</b> Gráfica de distribución de cargas de generadores	79
<b>34.</b> Formato de evaluación de protecciones eléctricas de generadores	85
<b>35.</b> Identificación de sensores e indicadores	86
<b>36.</b> Modelos de etiquetas para identificación de sensores de equipo defectuosos	87
<b>37.</b> Cuadro de programación de servicio menor de generadores	92
<b>38.</b> Cuadro de secuencia de operación de generadores	93
<b>39.</b> Formato de check list mantenimiento vehículos	99
<b>40.</b> Formato de check list diario montacargas	101
<b>41.</b> Formato de check list 300 horas montacargas	102
<b>42.</b> Procedimiento de nivelación de aceite a generadores	104
<b>43.</b> Procedimiento de servicio menor a generadores	105
<b>44.</b> Procedimiento de encendido y apagado de generadores en condiciones normales	107
<b>45.</b> Procedimiento de encendido y apagado de generadores en condiciones de emergencia	108
<b>46.</b> Procedimiento para cambio de generadores	109
<b>47.</b> Procedimiento de cambio de refrigerante de generadores	111
<b>48.</b> Plan de capacitación propuesto	113
<b>49.</b> Cuadro de informe semanal de servicios de generadores	115

<b>50.</b> Gráfica de comparación de costo de generación vs. Costo de energía en el mercado	122
<b>51.</b> Diagrama de mediciones de ruido en áreas de generadores y calderas	126
<b>52.</b> Tapones de oído con correa	128
<b>53.</b> Orejeras montables para casco de seguridad	129

## **TABLAS**

<b>I.</b> Cuadro de distribución de cargas eléctricas generadores	64
<b>II.</b> Listado de repuestos en bodega	83
<b>III.</b> Insumos requeridos para el servicio menor de generadores	120
<b>IV.</b> Tabla de costo mano de obra mensual	120
<b>V.</b> Tabla de costo de generación y/o mantenimiento	121
<b>VI.</b> Tabla de costo de implementación de equipo de protección auditiva	129
<b>VII.</b> Tabla de listado de codificación de bombas de refinería	132
<b>VIII.</b> Tabla de costo de implementación de codificación de equipos	134
<b>IX.</b> Tabla de referencia de emisiones de ruido por ambientes	141





## GLOSARIO

<b>Bombas Centrífugas</b>	También, llamadas impelentes debido a que tienen un elemento impulsor que hace girar el fluido en la periferia del interior de la bomba aumentando su velocidad.
<b>Bombas de desplazamiento positivo</b>	Son aquellas en que el elemento impulsor es un juego de engranajes o tornillos. Tienen la característica de tener una válvula de alivio ya que generan altas presiones.
<b>Bombas Reciprocantes</b>	Son aquellas que para realizar su función ejecutan un movimiento alternativo. Dentro de este grupo se encuentran las bombas neumáticas y las bombas para la inyección de químicos que utilizan un pistón para impulsar el fluido.
<b>Check list</b>	Formato de inspección que contiene todos los datos y las partes a inspeccionar en donde el operador da el visto bueno con un cheque en la casilla que corresponde a la actividad.
<b>Crudo Reducido</b>	Crudo obtenido en el proceso de destilación luego de la extracción de los combustibles livianos tales como nafta, kerosina y diesel. Este crudo todavía contiene VGO el cual se le extrae para la obtención final de asfalto.

<b>Número de base total</b>	El número de base total de los aceites consiste en una base alcalina que ayuda a neutralizar el azufre o los ácidos que éste pueda formar dentro del motor.
<b>Overhaul</b>	Servicio de mantenimiento realizado a los motores de los generadores al alcanzar las 10000 horas de operación. Este servicio consiste en la reparación de las partes mas importantes del motor.
<b>Petróleo crudo</b>	Se le denomina así al petróleo obtenido de los yacimientos en su estado natural.
<b>VGO</b>	Gasoil de Vacío - Vacuum Gas Oil - se obtiene por medio de la destilación al vacío en el proceso de elaboración de asfaltos, se utiliza como combustible de calderas, hornos y como aceite térmico para calentar tanques y líneas de crudo.

## RESUMEN

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer, sistemáticamente, el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones. Su finalidad es reducir al mínimo las mismas y una depreciación excesiva de los equipos.

El presente trabajo de tesis presenta todas aquellas actividades que permitan la estabilización de los equipos, mantenimiento, monitoreo, recolección y análisis de la información que conlleven a un aumento de la confiabilidad de los equipos de la Refinería y a una disminución de las fallas de los mismos; analizar las condiciones de las diferentes áreas de trabajo para poder implementar un mecanismo de mitigación de ruido, uso de equipo de protección auditiva o de señalización que permita una fácil ubicación de equipos con su identificación correspondiente, capacitar a los empleados e informar acerca de los cambios realizados y los procedimientos que se deben seguir para la ejecución de las labores de mantenimiento preventivo de los equipos.

El programa esta basado en la creación de rutinas de inspección y mantenimiento para los equipos seleccionados para, luego, monitorearlos y plantear nuevas acciones que puedan beneficiar el programa. En adición a esto se presentan un estudio de ruido de las diferentes áreas de la planta, así como, también, la propuesta de mejoras en las áreas de generadores y calderas, así como, también, un sistema de codificación de equipos que permita llevar un mejor registro y control de los mismos.



# OBJETIVOS

## General

Diseñar e Implementar un Programa de Mantenimiento Preventivo para Generadores, bombas, compresores, calderas, vehículos y monta cargas que permita disminuir la ocurrencia de fallas, aumentando su eficiencia y confiabilidad.

## Específicos

1. Creación de rutinas de inspección y mantenimiento que permitan mantener los equipos en condiciones de operación
2. Diseñar mecanismos de Monitoreo y Control
3. Disminuir los paros ocasionados por fallas de los equipos
4. Programar los servicios de mantenimiento para los equipos según las necesidades de cada uno



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene las actividades deseadas para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para generadores, principalmente, además de incluir actividades de mantenimiento para compresores, bombas, torres de enfriamiento, vehículos y monta cargas en las instalaciones de la Refinería La Libertad, Perenco Guatemala Limited.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer, sistemáticamente, el estado de la maquinaria y el equipo para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la operación de la planta, en general. Conforme envejece el equipo, sus componentes se deterioran por desgaste o corrosión, lo que aumenta la frecuencia de fallas y, como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores. Todos los medios físicos de propiedad de una planta pueden fallar o deteriorarse por causas naturales de antigüedad o por defectos de uso. Es posible que las causas del deterioro sean inherentes al equipo, o, bien, a consecuencia de factores externos tales como el medio circundante y el personal que en él interviene.

En este trabajo se presentan formatos de mantenimiento y check list como herramienta para la recolección de información y poder llevar, así, un registro de fallas, además de permitir contar con un historial del equipo de la refinería; en estos formatos se especifica la frecuencia de las rutinas de mantenimiento de cada equipo, así, como un listado de aquellas partes del equipo que deben de ser inspeccionadas. Estas actividades servirán como base del programa y pueden adaptarse a las necesidades y condiciones de operación de cada equipo.

# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

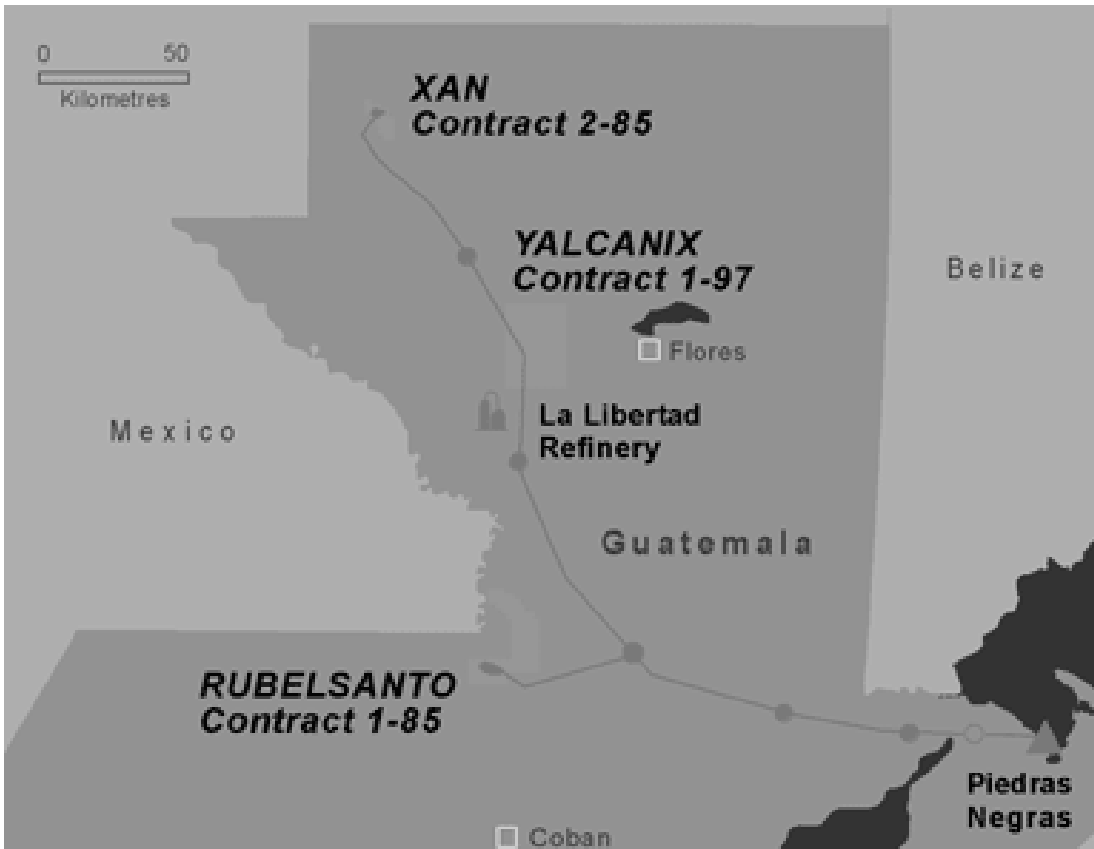
## 1.1 Reseña histórica

La empresa Perenco Guatemala Limited inició sus operaciones en Guatemala en el año 2001 mediante la adquisición de Basic Resources Bahamas quien realizaba el 100 % de las operaciones de exploración y explotación petrolera en el país. Perenco Guatemala Limited es una empresa Transnacional, la casa matriz está ubicada en Francia y tiene operaciones alrededor del mundo. En Guatemala se dedica a la exploración y explotación de petróleo en la región norte del país. Una parte de la producción de crudo se procesa en la Refinería La Libertad para producir asfalto el cual cubre la demanda de los países de Centro América. El resto del crudo producido en los campos petroleros de Xan y Rubelsanto es bombeado a través del Oleoducto hacia Puerto Barrios en donde se embarca y es exportado al extranjero.

La refinería la libertad tiene una capacidad de procesar un promedio de 6000 barriles diarios de crudo y se encuentra ubicada en el Km. 500 ruta a Sayaxché, en el municipio de La Libertad, departamento del Petén. **Ver figura 1.**



**Figura 1. Mapa de ubicación de operaciones de Perenco**



Fuente: [www.perenco.com](http://www.perenco.com)

## 1.2 Actividades y productos

La refinería cuenta con dos plantas, una de proceso de asfalto y otra para el proceso de diesel limpio dando como resultado los siguientes productos:

a) Asfalto según norma ASTM:

- MC 70
- AC 20
- AC 30
- AC 60-70

b) Combustibles:

- VGO (Aceite térmico, combustible para calderas y hornos)
- Liviano D (Diesel)
- Nafta y Kerosina

### 1.3 Misión, visión y valores

- **Misión**

“Producir de manera responsable el recurso petrolero de Guatemala en beneficio y armonía con los empleados, las comunidades, el Estado y el medio ambiente”.

- **Visión**

“Nos comprometemos a ser una empresa que desarrolla sus operaciones y reservas, eficientemente sin derrames ni accidentes”.

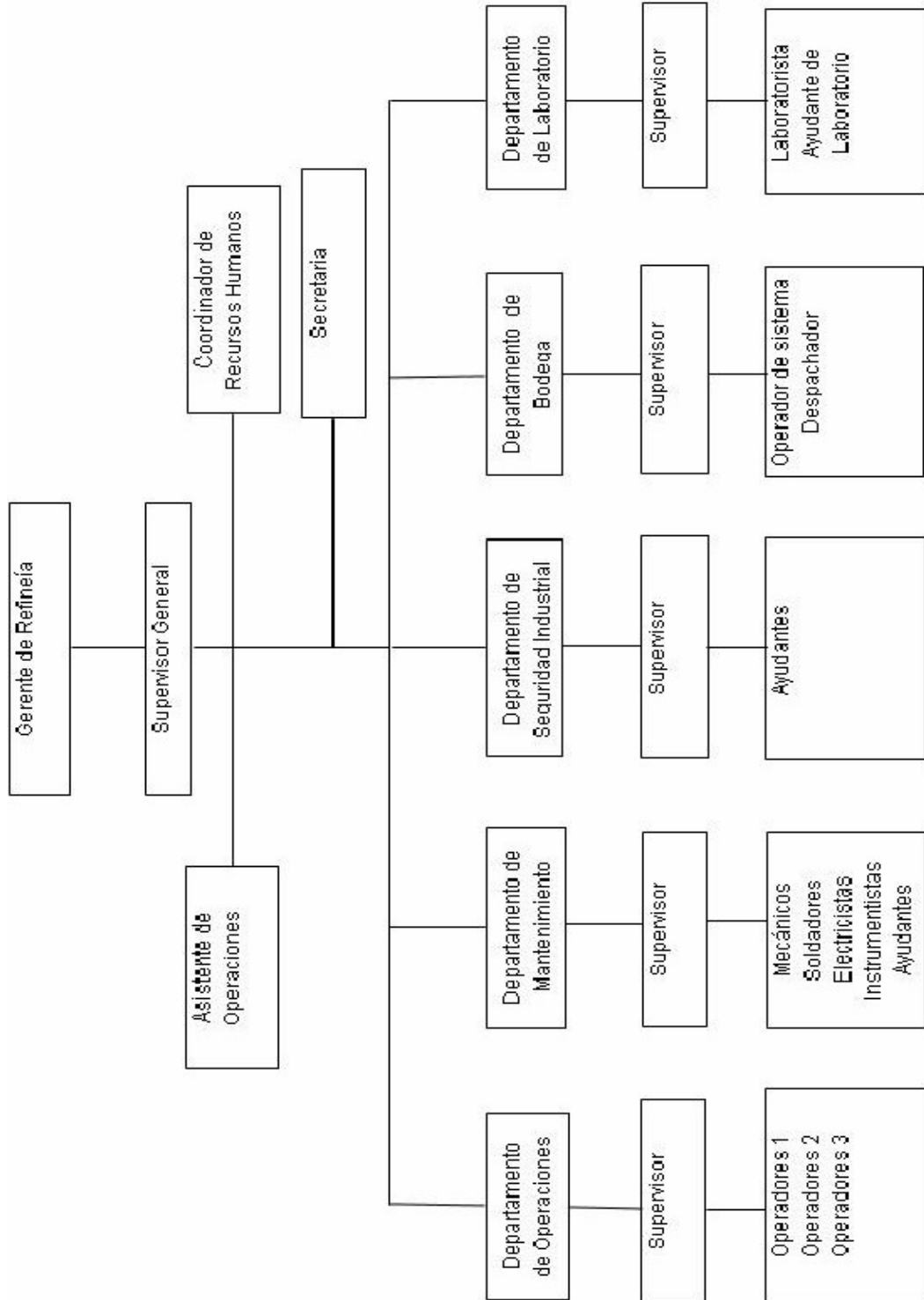
- **Valores**

- Somos creativos e innovadores.
- Logramos resultados con calidad y buscamos nuestro desarrollo personal.
- Estamos comprometidos y orgullosos de nuestra empresa.
- Somos éticos y responsables de nuestras obligaciones.
- Apoyamos el desarrollo sostenible de la comunidad, respetamos la identidad y diversidad cultural.
- Estamos comprometidos con nuestra seguridad.
- Respetamos el medio ambiente.

## **1.4 Estructura organizacional**

La estructura organizacional de la refinería está hecha por departamentos los cuales tienen un supervisor a cargo el cual funciona entre puente entre la gerencia y el personal operativo a esto también se le denomina mandos medios. **Ver figura 2.**

**Figura 2. Organigrama de refinería La Libertad**



**Fuente: Perenco Guatemala Limited**

## **1.5 Descripción y ubicación**

La gerencia de refinería esta compuesta por un gerente de campo, un ingeniero de proceso y un coordinador de recursos humanos quienes cuentan con la ayuda de una secretaria.

El departamento de operaciones está compuesto por 4 grupos conformados por un supervisor de producción y 8 operadores cada uno y se encargan de controlar y operar el proceso de las dos plantas.

El departamento de laboratorio cuenta con un supervisor, un laboratorista y un ayudante. Aquí es donde se realizan las pruebas de ensayo para las aprobaciones de los lotes de producción de asfalto y se monitorea las propiedades del crudo, aguas de desecho, agua de alimentación de calderas, inyección de químicos y otros.

El departamento de bodega es el responsable por mantener los inventarios de repuestos e insumos para las diferentes áreas de la planta, está conformado por un jefe de bodega, un digitador de entradas y salidas y un despachador.

Todos estos departamentos interactúan con el departamento de mantenimiento quien se encarga de realizar las tareas de mantenimiento para la totalidad de las instalaciones y se encuentran ubicados dentro de las instalaciones de la refinería con sus respectivas oficinas y áreas específicas.

El procedimiento para realizar los trabajos de mantenimiento es mediante la emisión de órdenes de trabajo las cuales son entregadas al supervisor de mantenimiento quien se encarga de programar las tareas y asegurarse de que estas se realicen.

## **1.6 Departamento de mantenimiento**

El departamento de mantenimiento está conformado por las siguientes personas:

- 1 Supervisor
- 3 Mecánicos industriales
- 2 Mecánicos diesel
- 2 Electricistas
- 2 Instrumentistas
- 3 Soldadores
- 5 Ayudantes especializados

### **Descripción de actividades**

El personal indicado anteriormente realiza las tareas de mantenimiento de todas las instalaciones y equipo de la refinería entre las que se cuentan rutinas de inspección y lubricación, mantenimiento correctivo o reparaciones, servicios menores y mantenimiento preventivo a generadores, calderas, compresores, vehículos, bombas, torres de enfriamiento, hornos, tanques, etc.

Cada técnico tiene a su cargo determinado tipo de equipos de acuerdo a su profesión, y los ayudantes especializados pueden asistir a cualquiera de los electricistas, mecánicos y soldadores.

Por la cantidad de equipo con que se cuenta es necesario la optimización de las actividades de mantenimiento para que las máquinas y equipos puedan operar eficientemente y que no se presenten fallas en los equipos que hagan que se detenga la operación de las plantas tanto de asfalto como la del tratamiento del diesel que utilizan los hornos, calderas y generadores.

No solo de las instalaciones de la refinería, sino, que, de todos los demás centros de operaciones de la empresa quienes se abastecen de combustible directamente de la producción de la refinería.

### **Nivel de escolaridad del personal de mantenimiento**

Los electricistas, instrumentistas, mecánicos diesel y mecánicos industriales del departamento cuentan con estudios de nivel diversificado y son egresados de institutos técnicos y del Intecap y cuentan con bastante experiencia en su ramo.

En el caso de los ayudantes especializados, algunos solo cuentan con estudios del nivel básico.

### **Preparación del recurso humano**

El personal de mantenimiento recibe cada año cursos de capacitación dirigidos a cada área específica mediante una calendarización.

En el caso del personal que tiene a su cargo la instrumentación y programas de software para el control de proceso, reciben cursos en el extranjero al menos una vez al año.

### **Programas de mantenimiento**

Actualmente no existe un programa ordenado de mantenimiento para el equipo o las instalaciones de la planta. Se realiza en su mayoría mantenimiento correctivo y las actividades del departamento se basan principalmente en las órdenes de trabajo que emiten los diferentes departamentos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Mantenimiento**

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y de el servicio para lo que fue diseñado o para lo que fue adquirido por la empresa, ya que para muchas de éstas el objetivo del mantenimiento es la conservación del servicio que están suministrando los equipos, mismo que puede ser crucial para la continuación de ciertos procesos industriales.

Conforme envejece el equipo, sus componentes se desgastan, aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores. El mantenimiento se divide en:

#### **a) Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predicativo es aquel que se aplica para predecir una falla de los equipos, generalmente utilizando algún tipo de instrumento de medición o análisis de laboratorio para poder determinar el estado del equipo aún cuando este no presenta ninguna falla a simple vista. Esto tiene la particularidad que puede tener un costo muy elevado ya que los análisis pueden ser muy costosos.



En un paro general de planta por mantenimiento se debe determinar la factibilidad de aplicar las técnicas disponibles del mantenimiento predictivo al equipo (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite y alineación con rayos láser) para que sea este el que determine su mantenimiento y no en base a una fecha determinada.

### **b) Mantenimiento proactivo**

El mantenimiento proactivo es aquel que se hace enfocado a encontrar condiciones que tienen una buena posibilidad de convertirse en daños potenciales del equipo o las instalaciones de la planta.

La estrategia de implementar una estrategia preactiva está dirigida a localizar las causas de falla o controlarlas de tal manera que el efecto de estas causas no se presente, enfocado a ampliar la vida del equipo.

Si se determina cuales son las causas básicas que están provocando la fallas de los equipos o sus componentes podremos encontrar la solución más eficaz para que estas fallas no se vuelvan a presentar y consecuentemente estaremos en posibilidad de aplicar el mantenimiento preventivo en un período mayor al que actualmente tiene ya que las causas que están provocando su falla son ya conocidas y por lo tanto se tomarán las acciones correspondientes para que éstas no se presenten y el equipo podrá trabajar con confiabilidad por un período mayor.

### **c) Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones. Su finalidad es reducir al mínimo las mismas y una depreciación excesiva de los equipos.

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.

Las actividades de Mantenimiento Preventivo son aquellas acciones ejecutadas para prevenir y detectar condiciones que lleven a interrupciones de la producción, averías y deterioro acelerado del equipo, ejecutadas en un paro programado basado en un análisis cíclico.

La insuficiencia o el exceso de Mantenimiento Preventivo aplicado a los equipos tendrá consecuencias negativas que afectaran tanto a disponibilidad de los mismos como a la confiabilidad en la operación, por lo anterior es de vital importancia determinar la frecuencia óptima de mantenimiento a los equipos y evitar caer en un sub-mantenimiento o en un sobre-mantenimiento que en ambos casos reflejan altos costos y baja disponibilidad como se indica a continuación:

- Sub Mantenimiento

(Bajo Mantenimiento).

Bajo costo de Mantenimiento Preventivo.

Alto costo de Mantenimiento Correctivo.

Perdidas productivas por baja disponibilidad a causa de fallas en el equipo.

Alto costo por consumo e inventario de refacciones.

- Sobre Mantenimiento

(Exceso de Mantenimiento).

Alto costo de Mantenimiento Preventivo.

Bajo costo de Mantenimiento Correctivo.

Perdidas productivas por baja disponibilidad debido al exceso de paros programados de mantenimiento al equipo.

Alto costo por consumo e inventario de refacciones.

Con un buen mantenimiento preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

Debidamente dirigido, el mantenimiento preventivo es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a las empresas recursos en conservación y operación.

Un programa de mantenimiento preventivo, en la acción de mantener en buen estado el equipo, se realiza a través de las rutinas de inspección, revisiones, lubricación periódica y la limpieza de la maquinaria y equipo.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas. Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Las fases del mantenimiento preventivo son:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

### **2.1.1 Pasos a seguir para el mantenimiento preventivo**

Los pasos a seguir para el mantenimiento preventivo son:

#### **I. Difusión del programa de trabajo**

Difundir, explicar, aclarar y mostrar a la Gerencia y al departamento de Mantenimiento los Objetivos de este trabajo así como el procedimiento a utilizar.

#### **II. Recopilar información**

- Recopilar programa maestro actualizado de mantenimiento preventivo tanto de servicio como de inspección.

- Recopilar programa maestro de mantenimiento predictivo.
- Recopilar copia del programa mensual de mantenimiento.
- Recopilar programa anual de paros de mantenimiento.

### **III. Seleccionar los equipos**

- El grupo de trabajo seleccionará el equipo o equipos a los que se les revisará su frecuencia de mantenimiento, ejemplos para realizar la selección.
- Equipos críticos para la operación de la planta.
- Equipos con mayor frecuencia de falla y demoras acumuladas.
- Equipos con mayor frecuencia de mantenimiento ó con paros programados más frecuentes.

### **IV. Recopilar información de los equipos seleccionados**

- Demoras: fallas de los equipos ocasionadas por mantenimiento.
- Historial de equipo: verificar historial existente y complementarlo con los datos existentes en el área.
- Protocolos de pruebas: registros de parámetros que nos indiquen en que condiciones se encuentran los equipos y cuál es su comportamiento y sus tendencias.
- Métodos de trabajo: verificar la existencia de métodos de trabajo.
- Modificaciones: verificar que las modificaciones realizadas a los equipos estén documentadas.

## **V. Análisis de la información recopilada**

Con el grupo de trabajo revisar y analizar la información recopilada, determinar las causas de las desviaciones presentadas en los equipos así como su comportamiento, elaborar reporte y conclusiones.

## **VI. Programas de mantenimiento**

Verificar cumplimientos de ejecución y las frecuencias de actividades programadas y paros de mantenimiento, analizar las desviaciones presentadas.

## **VII. Demoras**

Determinar y agrupar las demoras por tipo de causa y especialidad, analizar y determinar las causas que las están provocando.

## **VIII. Historial de equipo**

Identificar y agrupar la información para que nos permita conocer cual ha sido el comportamiento del equipo.

## **IX. Protocolo de pruebas**

Verificar el estado del equipo de acuerdo a sus parámetros de control, complementar pruebas faltantes y establecer formatos estándar.

## **X. Métodos de trabajo**

Analizar el contenido de los métodos de trabajo, verificar que estén incluidas todas las actividades que se debieron de realizar para garantizar el funcionamiento del equipo, mínimo hasta la próxima intervención programada.

Para esto debemos conocer cuales partes de los equipos pueden fallar, así como que tipo de falla se puede presentar, para así poder tomar las medidas necesarias para que esto no ocurra.

Verificar que todas las actividades contempladas dentro del procedimiento de trabajo sean realizadas, así mismo observar que no existan dificultades en la interpretación y ejecución de los trabajos señalados.

Analizar y determinar de acuerdo a lo observado, el estado en el que se encontró el equipo:

- a.- Requiere mantenimiento inmediato.
- b.- Puede seguir trabajando en condiciones normales y confiables.
- ¿Por cuánto tiempo más?.
- ¿Bajo qué condiciones?.

## **XI. Modificaciones**

Analizar y comparar los resultados que se tuvieron con las modificaciones realizadas con el desempeño que se tenía anteriormente, ¿Son mejores?, ¿Sigue igual?, o empeoró.

## **XII. Determinar**

Tiempos promedio entre fallas = horas operadas / número de fallas

Parámetro fundamental para determinar la frecuencia de mantenimiento.

## **XIII. Observar funcionamiento de los equipos durante la operación**

Realizar inspección del equipo durante la operación, verificar aplicación de los métodos de trabajo para las inspecciones, analizar los datos de los parámetros medidos, analizar el estado del equipo y área donde se encuentra. Verificar posibles puntos potenciales de falla.

## **XIV. Análisis de la información recopilada**

Con el grupo de trabajo revisar y analizar la información recopilada, determinar las causas de las desviaciones presentadas en los equipos así como su comportamiento, elaborar reporte y conclusiones.

Analizar el contenido y aplicación de los métodos de trabajo, verificar que estén incluidas todas las actividades que se deben revisar para garantizar el funcionamiento del equipo, mínimo hasta la próxima intervención programada, (para esto debemos conocer cuales partes de los equipos pueden fallar para tomar las medidas necesarias para que esto no ocurra).

Revisar las demoras presentadas en los equipos y verificar que en los métodos de trabajo establecidos estén contempladas las actividades que nos pudieron evitar o prevenir la falla ocurrida.



El grupo de trabajo decidirá cuantas observaciones se realizarán para garantizar que lo observado sea representativo.

#### **XV. Desarrollar el mantenimiento predictivo/proactivo**

Mano de obra: de acuerdo a lo observado en la aplicación de los métodos de trabajo en las actividades de mantenimiento, determinar la necesidad de capacitación ó actualización del personal.

Equipo: de acuerdo al desempeño observado en el funcionamiento del equipo así como en el análisis de fallas ocurridas y su historial determinar que cambios, modificaciones o sustituciones hay que realizar para mejorar la confiabilidad operativa del equipo.

Actividad desarrollada y discutida con el grupo de trabajo.

#### **XVI. Presentar las modificaciones requeridas para prolongar las frecuencias de intervención del equipo de manera confiable.**

Se debe revisar, analizar y modificar si es requerido el contenido del método actual, complementarlo con las actividades faltantes para garantizar un desempeño confiable hasta la próxima intervención y eliminar actividades innecesarias que solamente consumen recursos.

El seguimiento deberá ser con inspecciones durante la operación y los paros de Mantenimiento del equipo, por un período que nos garantice e indique que la decisión tomada fue la correcta.

## **2.2 Rutinas de inspección**

Son inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado, seguir la evolución de las anomalías aparecidas para eliminarlas antes de que lleguen a convertirse en averías.

### **2.2.1 Determinación de frecuencias de mantenimiento**

Uno de los pasos mas importantes en la implementación de un programa de mantenimiento preventivo es determinar la frecuencia de mantenimiento, en muchos casos ésta se basa tomando como punto de partida el historial de fallas del equipo, de esta forma podemos saber que tiempo transcurre para que se presente una avería, en base a esto se debe programar el mantenimiento de manera que se realice justo antes de que se presenté la falla.

Una forma de proponer la nueva frecuencia de las rutinas de mantenimiento es la siguiente:

- **Proponer la nueva frecuencia de mantenimiento**

De acuerdo al análisis realizado y a las modificaciones, adecuaciones o actualizaciones ya sea de los métodos de trabajo, al equipo mismo o a la calidad de la mano de obra, proponer la nueva frecuencia de mantenimiento, sin riesgo en la calidad del trabajo y la confiabilidad del equipo, tomar en cuenta para determinar la nueva frecuencia, el tiempo promedio de falla actual. Donde proceda, de acuerdo al análisis realizado, incorporar el mantenimiento predictivo como complemento del preventivo, para que sea el estado del equipo el que determine su intervención.

- **Evaluar los resultados**

De acuerdo al seguimiento realizado al comportamiento del equipo con la nueva frecuencia de mantenimiento preventivo, determinar si se están logrando los objetivos trazados, si no, corregir las desviaciones que están provocando que el equipo no tenga un desempeño aceptable.

- **Requisito**

Para el logro del objetivo, es fundamental la plena participación y apoyo de la dirección general, así como la colaboración y disposición del departamento de mantenimiento.

- **Implantar la nueva frecuencia**

Después de haber comprobado que los cambios en la frecuencia de intervención no afecta el desempeño del equipo, actualizar programa maestro con la nueva frecuencia de mantenimiento preventivo.

## **2.3 Revisiones**

Son intervenciones que se realizan sobre instalaciones o máquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa, reparándolas con el fin de dejar el equipo en condiciones de funcionamiento que evite la aparición de averías.

## **2.4 Lubricación periódica**

Es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de averías son consecuencia de lubricación defectuosa.

La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto a la localización de puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, cambio y limpieza, tipo de lubricante, viscosidad de los mismos, etc.

## **2.5 Orden y limpieza**

Son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión. Se excluyen de esta actividad la limpieza de depósitos de lubricantes por estar considerados dentro de las atribuciones de la lubricación.

## **2.6 Señalización y codificación**

La señalización es importante en toda empresa ya que permite la ubicación de ciertas áreas en donde se requiere ya sea el uso de equipo de protección personal o de un permiso para ingresar a esa área en la cual se puede estar realizando alguna actividad que podría representar algún riesgo para alguna persona que sea parte de la empresa.

Como parte de los programas de seguridad industrial, la señalización tiene por objetivo orientar al personal en situaciones de emergencia, un ejemplo muy conocido es la señalización de las rutas de evacuación y de emergencia dentro de las empresas o edificios.

La codificación, al igual que la señalización permite identificar equipos cuando existe un número grande de éstos. En las empresas en donde existe una gran cantidad y variedad de equipos la codificación es necesaria y permite la identificación exacta del equipo.

La codificación puede realizarse con números, letras o ambos. Usualmente los códigos indican el área de localización, el tipo de equipo, tipo de proceso, tipo de producto, etc.

## **2.7 Ruido**

### **Definición**

El ruido es todo aquel sonido emitido por una fuente el cual resulta incomodo o dañino para el oído humano.

Los gases como el aire tienen densidad de masa y elasticidad volumétrica; la elasticidad causa que el gas se resista a ser comprimido, tendiendo a retornar a su estado original al ser retiradas las fuerzas de compresión. La inercia de la densidad de masa causa el movimiento del gas a su posición original, si se retiran esas fuerzas. Las dos propiedades anteriores son los requisitos para el movimiento de ondas, por lo que es necesario un medio para propagar las ondas sonoras. Para que exista energía en forma de sonido, es necesario disponer de un medio y de una fuente, como por ejemplo un medio vibrante.

La propagación del sonido en espacios cerrados es el caso más usual; si consideramos una fuente puntual vibrando en el centro de una habitación rectilínea, cuando empieza a vibrar emitirá energía de la misma magnitud en todas direcciones y ocurrirá la divergencia esférica, pero muy pronto la alcanzará una pared en donde se verá interrumpido su progreso, dándose tres posibilidades:

- Toda la energía se transmitirá al nuevo medio (la pared).
- Toda la energía se reflejará por la pared.
- Una parte de la energía se reflejará por la pared y la otra parte de la energía será absorbida por la misma.

De las tres posibilidades, la última es la más frecuente, para el ingeniero de planta es muy importante saber el efecto de este fenómeno llamado ruido sobre el ser humano, ya que la fuente emisora de este fenómeno puede controlarse con medidas técnicas.

La intensidad del sonido, el rango de frecuencia que oscila entre los 125 HZ a 8000 HZ son los que el oído humano percibe, cualquiera que sea su frecuencia, se mide en decibeles. El decibel está definido en términos de la razón de la intensidad de un sonido con respecto a otro tomado como nivel de referencia en la siguiente forma:

$$\text{DECIBEL: } 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

I: Intensidad del sonido watts/mt<sup>2</sup>

I<sub>0</sub>: Intensidad de referencia 10-12 watt/mt<sup>2</sup>

## **2.8 Costo de Mantenimiento**

El costo del mantenimiento se podría decir que es aquel gasto que representa para la empresa la realización de las actividades de mantenimiento, inspección, lubricación, limpieza y adquirir la herramienta necesaria para mantener el funcionamiento de los equipos y la continuidad del proceso.

Para entender mejor el costo de mantenimiento éstos se desglosan en costos directos y costos indirectos.

### **2.8.1 Costos directos**

#### **Definición**

Los costos directos son todos aquellos gastos que tiene el departamento como resultado de la adquisición de un equipo, los insumos y el personal necesario para mantener la operación del mismo.

Dentro de los costos directos del mantenimiento se pueden enumerar los siguientes:

- a Costos de mano de obra
  - a.1 Salarios de operarios de mantenimiento
  - a.2 Prestaciones de los salarios de los operarios
  - a.3 Pago de servicios a las empresas subcontratadas para realizar los servicios de mantenimiento (Outsourcing)

b Costo de repuestos

b.1 Costo de repuestos utilizados para realizar el mantenimiento

b.2 Pago de impuestos por tenencia de repuestos en stock (Impuesto sobre activos fijos)

c Costos industriales

c.1 Salarios de personal administrativo del departamento de mantenimiento

c.2 Pago de energía eléctrica

c.3 Gasto en materiales de consumo

c.4 Gastos en la obtención de herramienta y equipo

d Gastos misceláneos

d.1 Análisis de laboratorio para detectar desgastes

d.2 Equipo de protección personal

## 2.8.2 Costos indirectos

### Definición

Los costos indirectos son todos aquellos gastos que pueden derivarse de una mala práctica de mantenimiento o de una mala planificación del mismo lo que pudiera representar demoras en los paros programados o paros imprevistos.

Algunos de estos son:

- Aumento del consumo de energía por maquinaria defectuosa.
- Exceso de repuestos en inventario.



- Contratación de personal eventual.
- Alquiler de maquinaria.
- Reemplazo de piezas no programado.
- Disminución de la calidad del producto que se procesa.
- Costo de Oportunidad por paros no planificados de la planta.
- Disminución de la vida útil de la maquinaria e instalaciones por mantenimiento defectuoso.

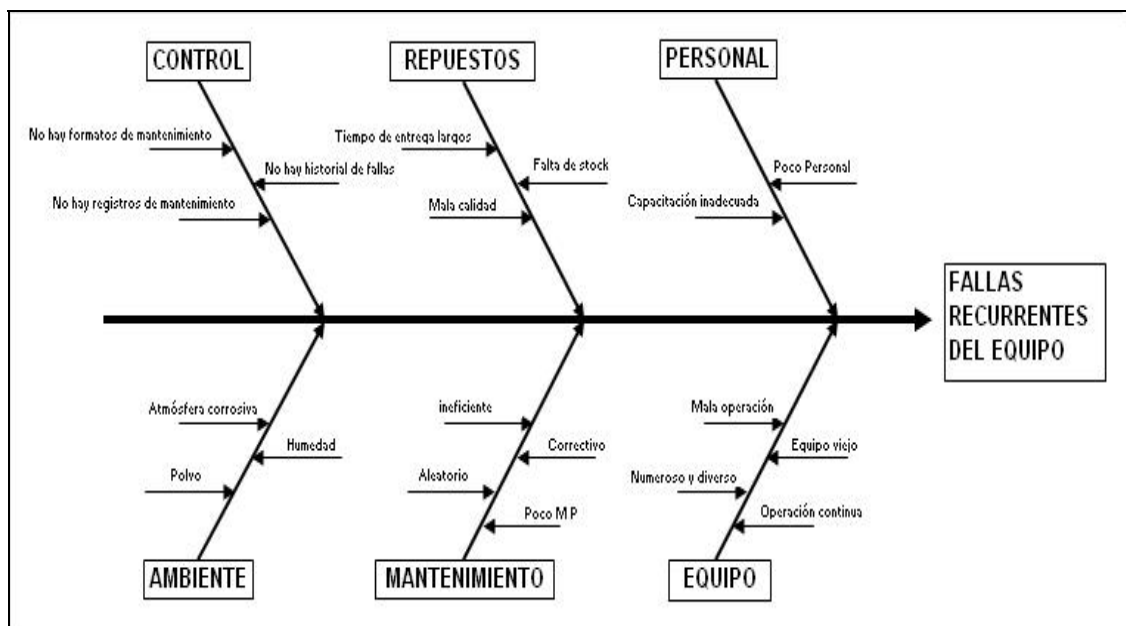
### 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Antes de entrar al desarrollo del plan propuesto se debe realizar un diagnostico para saber cual es la situación actual del departamento con respecto a su problema principal para lo cual existen varias herramientas de ingeniería que facilitan el diagnostico y nos dan una visión mas amplia del problema. Uno de estos diagramas es el diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado.

#### 3.1 Diagrama causa y efecto de la situación actual

Para poder entender mejor la situación actual del departamento con respecto a las fallas recurrentes del equipo se representará en forma gráfica en un diagrama de causa y efecto.

Figura 3. Diagrama causa y efecto de la situación actual



### **3.2 Situación actual del departamento de mantenimiento general**

El departamento de mantenimiento general realiza las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de la planta y el resto de las instalaciones de manera aleatoria entre los equipos debido a que existe poco personal para realizar todas las actividades de mantenimiento, la capacitación que recibe el personal en algunos casos no es adecuada ya que no hay una capacitación específica para el personal que realiza el mantenimiento de ciertos equipos. En la mayor parte de los casos el mantenimiento que se realiza es de tipo correctivo de fallas, situación que es indeseada ya que al ocurrir una falla significaría un paro indeseado perdiéndose la continuidad del proceso.

No hay un archivo para colocar las hojas de servicios de mantenimiento en forma separada por equipos las cuales en muchas ocasiones se extravían y se pierde la información sobre que tipo de mantenimiento se realizó, que parte del equipo falló o la fecha en que ocurrió la misma, información que es valiosísima para poder determinar el tiempo promedio entre fallas.

La información que existe sobre el mantenimiento de los equipos está en manos de los mecánicos, electricistas, ayudantes, etc. quienes en algunas ocasiones anotan este tipo de información en pequeñas bitácoras personales pero cuando se requiere esta información no es posible obtenerla ya que se están fuera de su plan de trabajo o no la tienen consigo.

Los formatos existentes para la recolección son llenados por la persona que realiza el mantenimiento quien en muchas ocasiones no especifica el tipo de servicio realizado y a que parte del equipo, o en ocasiones el reporte de las reparaciones efectuadas se hace verbalmente al supervisor o al operador del equipo.

El supervisor del departamento es el encargado de realizar las tareas administrativas del departamento así como de supervisar los trabajos que se están realizando dentro de la planta, situación que provoca que algunas veces el tiempo de la jornada de trabajo no le sea suficiente y le permita llevar un mejor registro y control del mantenimiento de la planta.

El medio ambiente actual como un factor que acelera el deterioro de los equipos ya que la atmósfera contiene gases que se producen en la planta los cuales son altamente corrosivos y afectan todos los equipos que contengan partes metálicas, también el polvo y la humedad influyen en el funcionamiento del equipo.

Los repuestos o partes de intercambio del equipo en algunos casos deben ser comprados en el extranjero y tienen tiempos de entrega regularmente largos y esto demora el reemplazo de piezas dañadas cuando éstas no están en stock

### **3.3 Descripción del equipo con que se cuenta**

Los equipos con que cuenta la empresa, que se consideran vitales para el funcionamiento de la planta y que pueden ser críticos para la operación de la misma son los generadores de energía eléctrica, bombas, compresores, calderas y en una menor escala se encuentran los vehículos, monta cargas y camiones, los cuales se describen a continuación.

### **3.3.1 Generadores**

Se cuenta con 3 generadores trifásicos de combustión interna que pueden generar 545 Kw. cada uno, de los cuales dos de ellos deben estar conectados en paralelo para soportar la carga eléctrica total de la planta, situación que en determinado momento puede acarrear problemas ya que si uno de los dos falla, el otro no soportará la carga de la planta y también fallará creando una falla total del sistema de suministro de energía con el consiguiente para total de la planta.

Se encontraron varios problemas relacionados con los generadores, los problemas mas frecuentes en estos equipos son los disparos por sobrecalentamiento de los motores, disparos por sobrecarga, desbalance de las cargas eléctricas en la operación en paralelo y taponamiento de los filtros de combustible. Estos problemas derivan en que al momento de darse un disparo en un generador, automáticamente habrá una falla total en el sistema de suministro de energía eléctrica y como consecuencia el paro general del proceso de refinación para la obtención de asfalto, situación que es muy delicada ya que en el proceso se manejan temperaturas arriba de los 650 °F y un paro súbito podría derivar daños a los equipos o al personal dentro de las instalaciones de la planta de proceso.

No existe un control documentado de la operación de los generadores, esta información se maneja a través de los apuntes personales de los mecánicos o electricistas que llevan a cabo el mantenimiento de los generadores, por tal situación no hay un registro sobre el historial de fallas o de los servicios mayores efectuados así como de los componentes que han presentado fallas o que han sido reparados.

El monitoreo del funcionamiento de los generadores se hace de forma aleatoria y se realiza de forma visual pero no existe documentación ni un formato para realizar el monitoreo que pueda utilizarse para determinar el comportamiento de los mismos en determinadas horas o en determinadas fechas.

### **3.3.1.2 Tipos de generadores**

Existen básicamente dos tipos de generadores utilizados en la industria petrolera y son accionados por motores de combustión interna, los cuales vienen diseñados con características especiales que éstos deben operar en ambientes hostiles para las partes internas de los generadores y estos pueden corroerse o deteriorarse a un ritmo más acelerado que en un ambiente normal lo que hace que la vida útil de los mismos disminuya.

Estos generadores con motor de combustión interna utilizan combustible diesel o pueden utilizar gas para realizar la combustión, en este caso en particular, los generadores a gas ya no se utilizan quedando únicamente los accionados por combustible diesel ya que dentro del proceso del crudo para la obtención de asfalto se obtiene diesel, el cual es tratado para poder utilizarlo para alimentar los motores de los generadores.

En este caso se utilizan los motores de combustión interna para generar la electricidad que consume la planta.

### **3.3.1.3 Generadores con motor de combustión interna**

Un generador con motor de combustión interna funciona transformando la energía mecánica del motor en energía eléctrica la cual es distribuida mediante una red de cableados hasta cada uno de los equipos de la planta.

En la empresa se cuenta con un solo tipo de generadores, siendo estos accionados por motores de combustión interna de combustible diesel marca Caterpillar serie 3412, de 12 cilindros en V turboalimentados capaces de generar 800 hp cada uno.

Debido a que los motores de estos generadores son grandes, se hace necesario contar con un depósito de combustible con suficiente capacidad de almacenamiento ya que estos motores consumen cantidades considerables de combustible.

Las ventajas de los generadores de combustión interna son:

- Proveen la energía necesaria para el suministro de la planta de proceso en los lugares en donde no existe una red de suministro de energía
- Consumen combustible diesel, el cual se obtiene durante el proceso de refinación de asfalto
- Están diseñados específicamente para operar en la industria petrolera con materiales mas resistentes a la corrosión y al desgaste
- Proveen la calidad de energía requerida por ciertos equipos para operar correctamente

Las desventajas de los generadores de combustión interna son:

- Por el alto consumo de energía de la planta se deben operar dos generadores conectados en paralelo para suministrar la energía necesaria, situación que es crítica ya que al presentarse una falla en uno de los generadores, fallara el otro por sobrecarga de energía
- Requieren un monitoreo constante
- El costo por mantenimiento o reparación es alto

En la figura 4 se presenta un generador con motor de combustión interna similar a los utilizados en la planta de Refinería La Libertad.

**Figura 4. Generador con motor de combustión interna**



**Fuente: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)**

### **3.3.2 Bombas**

La empresa cuenta con un número bastante grande de bombas (91 en total) de diferentes tipos, tamaños y marcas. Estas se utilizan para bombear la materia prima a través de todo el proceso y se operan bajo condiciones distintas de presión y temperatura, lo que las convierte en eje principal del proceso y en un equipo crítico para la operación.



Los problemas mas frecuentes relacionados con las bombas fueron debido a fallas en los sellos mecánicos, cojinetes del eje y desgaste en el impulsor debido a la corrosión, acentuándose más en las bombas de la planta de proceso las cuales operan de forma continua y a altas temperaturas o bombean productos químicos o solventes como es el caso de la planta de tratamiento de diesel.

En el caso de la planta de asfalto, en donde el crudo está a una temperatura arriba de 650 °F, una fuga por falla en un sello mecánico puede significar un incendio dentro de la planta ya que a esa temperatura los vapores liberados por el crudo se incendian al entrar en contacto con el oxígeno sin necesidad de que haya una chispa o fuente de ignición.

En el departamento de bodega no se cuenta con un stock de repuestos para todos los tipos de bombas existentes y en algunos casos no se reparan por falta de repuestos.

Únicamente se cuenta con un listado de bombas el cual está desactualizado y solo aparece la mitad del total de bombas existentes dentro de la planta.

No hay un registro de reparaciones y el tipo de mantenimiento que se realiza es de tipo correctivo.

No hay un sistema de numeración o identificación de las bombas por lo que resulta difícil identificar y monitorear las bombas y llevar un registro de las fallas y reparaciones realizadas.

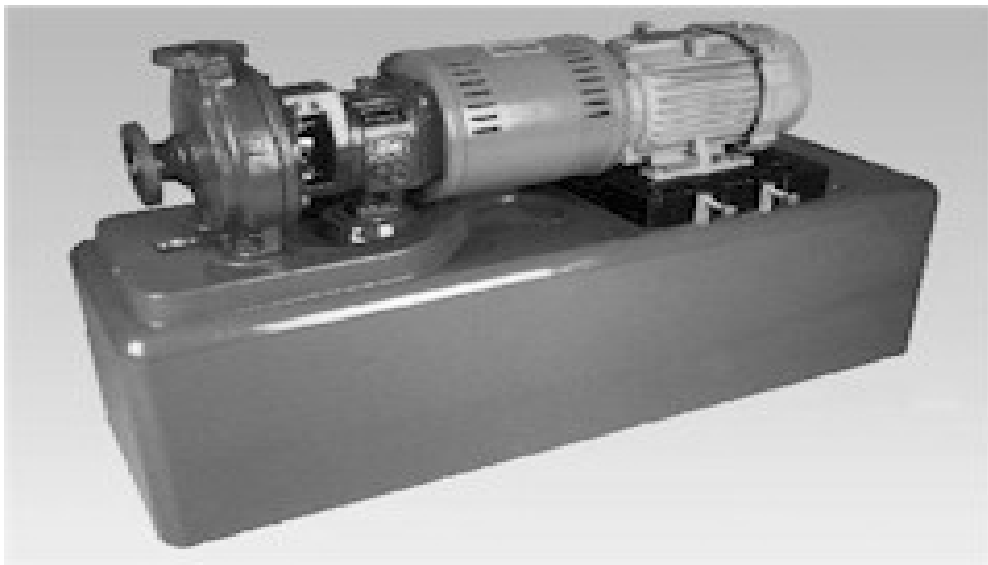
### 3.3.2.1 Tipos de bombas

La planta cuenta con bombas centrífugas, reciprocantes, de desplazamiento positivo y de vacío distribuidas en todas las instalaciones de la planta y el uso de un tipo específico de bomba esta determinado por el propósito de la misma y de las condiciones de temperatura y presión del producto a ser bombeado.

### 3.3.2.2 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son utilizadas principalmente para bombear agua, petróleo crudo, crudo reducido, aceite térmico, asfalto, diesel, kerosina, agua sulfurosa y constituyen la mayoría de bombas con que cuenta la planta. **Ver figura 5.**

**Figura 5. Bomba centrífuga**

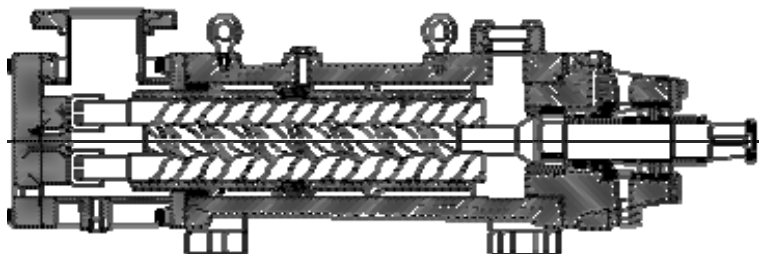
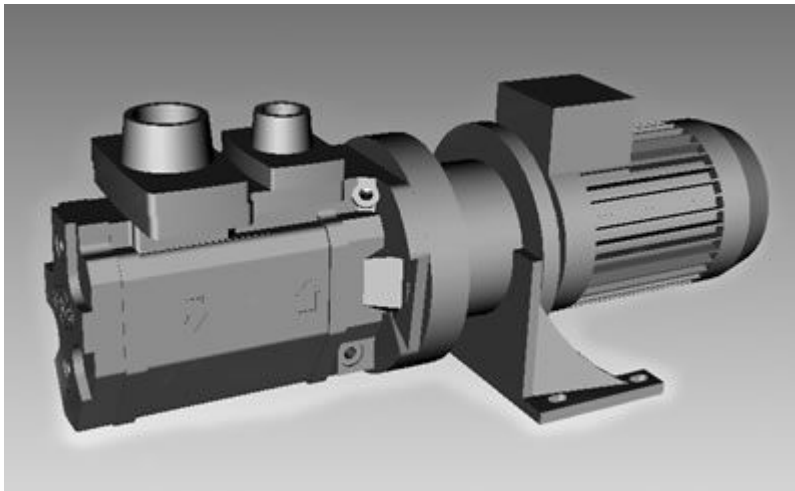


**Fuente: Página web bombas dean**

### 3.3.2.3 Bombas de desplazamiento positivo

Estas bombas se utilizan principalmente para bombear líquidos viscosos los cuales requieren una mayor presión para desplazarse por las tuberías. Estas bombas se caracterizan por tener una válvula de alivio calibrada a cierta presión para evitar daños en el equipo o en las líneas ya que éstas operan a presiones de hasta 1200 PSI en las tuberías del oleoducto. **Ver figura 6.**

**Figura 6. Bomba de desplazamiento positivo de tornillo**



**Fuente: Página web bombas imo**

### 3.3.2.4 Bombas reciprocantes

En esta familia de bombas se encuentran las bombas neumáticas y las bombas de químicos quienes realizan su función por medio de un pistón que efectúa un movimiento recíprocante para accionar un diafragma que realiza la succión y la descarga. Las bombas neumáticas se utilizan principalmente para vaciar fosas en donde se acumulan residuos de hidrocarburos con tierra u otros materiales viscosos. **Ver figura 7.**

**Figura 7. Bomba neumática, recíprocante o de diafragma**



**Fuente: Página web bombas blackmer**

### 3.3.3 Calderas

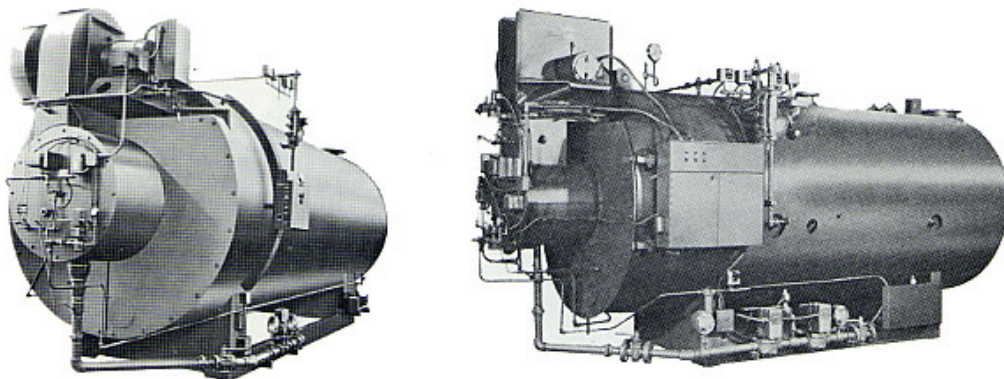
La planta cuenta con tres calderas de las cuales dos son pirotubulares y una acuotubular quienes suministran el vapor utilizado para la destilación de crudo, luego de ser sobrecalentado en hornos.

En el caso de las calderas sí se realiza actividades de mantenimiento de forma periódica y se lleva un control del tratamiento del agua para suministro a las dos calderas existentes en base a los análisis de laboratorio, pero no existe un registro de las actividades de mantenimiento o un historial de fallas de las mismas. Se encontró que los dispositivos de disparo por bajo nivel de agua en algunas ocasiones no funcionaban correctamente lo cual ponía en riesgo la caldera a sufrir una avería mayor por falta de suministro de agua derivada de una falla de las bombas de suministro de agua.

### 3.3.3.1 Calderas pirotubulares

Se cuenta con una caldera pirotubular. En este tipo de calderas, los gases calientes pasan por el interior de tubos rodeados de agua. Estas calderas son pequeñas con presiones menores a 200 psig. Las calderas con que cuenta la empresa son las de tipo HRT (Horizontal Return Tubular), las cuales consisten de un cilindro conteniendo agua con tubos por donde circula el fuego. Este tipo de calderas consumen VGO (Vacuum Gas Oil), un derivado del petróleo de características similares al Bunker el cual es mezclado con diesel. **Ver figura 8.**

**Figura 8. Caldera pirotubular**



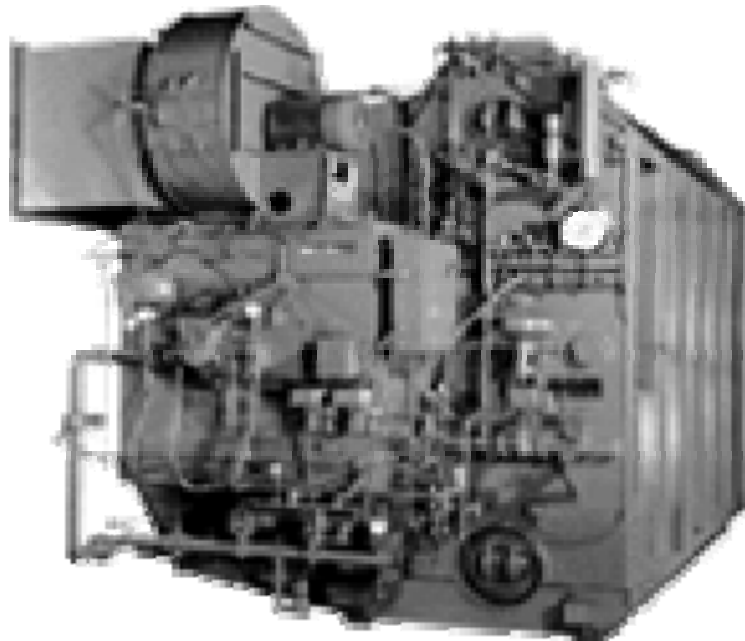
**Fuente: Página web calderas wabash**

### 3.3.3.2 Calderas acuaturbulares

Este tipo de calderas funciona de forma contraria a las calderas pirotubulares ya que llevan agua o vapor por los tubos y en la parte exterior pasan los gases calientes, se utilizan cuando se requiere de presiones mas elevadas o mayores cantidades de vapor y tienen una alta eficiencia y pueden producir vapor sobrecalentado.

La empresa cuenta con una caldera acuaturbular la cual se usa cuando la demanda de vapor aumenta considerablemente y no puede ser cubierta por la caldera pirotubular. **Ver figura 9.**

**Figura 9. Caldera acuaturbular**



**Fuente: Página web calderas wabash**

### 3.3.4 Compresores

Los compresores se utilizan para suministrar aire comprimido a los instrumentos de la planta. Se cuenta con dos compresores de tipo estacionario y uno de tipo móvil para llevar aire comprimido a aquellas áreas en donde no llegan las líneas de aire comprimido, estos compresores son de tornillo y mantienen una presión de 90 a 100 psi, presión necesaria para operar los instrumentos. (Ver figura 10).

**Figura 10. Compresor portátil de tornillo**



**Fuente: Página web compresores ingersoll rand**

### 3.3.5 Vehículos

La planta cuenta con 8 vehículos ya sea para el transporte de materiales o de personas entre los cuales se cuentan montacargas, microbús para el transporte de personal, vehículos tipo agrícola y camiones.

### **3.3.5.1 Montacargas**

Para realizar movimientos pequeños se cuenta con un mini cargador adaptable para un número variado de actividades en donde la carga a levantar es relativamente pequeña.

Este montacargas lo utilizan tanto el personal de mantenimiento como el personal de operaciones quienes deben trasladar toneles de químicos y herramientas u otro equipo dentro de las instalaciones de la planta por lo que se mantiene en operación durante la mayor parte del tiempo.

El único mantenimiento que se le realiza al monta cargas es el servicio menor el cual consiste en cambio de filtros de aceite y cambio de aceite y no se cuenta con una cantidad definida de horas de trabajo entre servicios y el deterioro es evidente en el sistema hidráulico y en sus accesorios.

A continuación se presenta el tipo de mini cargador en mención

**Figura 11. Minicargador case**





### **3.3.5.2 Cargador frontal**

Este cargador se utiliza cuando la carga a transportar es de tamaño mediano y lo operan exclusivamente el personal de mantenimiento quienes cuentan con experiencia en el manejo del mismo.

Por ser de tamaño un poco mayor que el montacargas su uso es bastante limitado ya que no puede ingresar a las instalaciones de la planta en donde los espacios son reducidos.

El cargador se encuentra inoperable por problemas en el sistema hidráulico y se está realizando reparación mayor del motor y del sistema de dirección y frenos.

Por ser antiguo la reparación está demorada desde hace algún tiempo debido a que no es posible encontrar repuestos para este modelo de cargador el cual ya es obsoleto.

### **3.3.5.3 Microbús**

Para el traslado del personal de la empresa se cuenta con un microbús el cual sale de las instalaciones de la refinería hacia el pueblo cercano a recoger el personal que ingresa a turno y viceversa.

Los problemas principales en este vehículo es la falta de mantenimiento preventivo ya que se pueden observar daños en el sistema de dirección, frenos y no existe una persona encargada de la limpieza y del cuidado del mismo, tampoco existe un piloto designado para realizar los movimiento por lo que es utilizado por mas de una persona.

El mantenimiento preventivo del microbús al igual que los vehículos no tiene definido el kilometraje entre servicios y en algunos casos el servicio puede prolongarse por varios miles de kilómetros mas de lo recomendado.

#### **3.3.5.4 Camiones**

Se cuenta con dos camiones para el transporte de materiales y equipo los cuales se encuentran en mal estado.

Estos camiones presentan un deterioro avanzado debido a que tienen un tiempo considerable de estar inactivos y expuestos a una atmósfera corrosiva lo cual aumenta el deterioro de los mismos.

Debido a que estos camiones no se usan frecuentemente no se les ha dado el mantenimiento preventivo adecuado ni se ha tomado cartas en el asunto para realizar las reparaciones necesarias para ponerlos en funcionamiento de nuevo.

### **3.4 Métodos actuales para el mantenimiento de los equipos**

El mantenimiento que se realiza actualmente en la empresa es de tipo correctivo ya que no se les realiza a los equipos, sino, hasta que éstos fallan o presentan una avería.

Al momento de que un equipo presenta una falla o avería el supervisor del área emite una orden de trabajo al supervisor de mantenimiento quien se encarga de asignar al personal para que realice el mantenimiento correctivo haciéndose una notificación verbal al momento de terminar el mantenimiento para poder iniciar la operación del mismo.

La programación de los servicios de mantenimiento de los equipos en general se hace en base a las órdenes de trabajo y a la prioridad de las mismas teniéndose que distribuir al personal entre las mismas de manera que se pueda cumplir con todas las órdenes de trabajo.

En el caso de los generadores, a éstos si se les da mantenimiento preventivo acorde a las necesidades, debido a que estos son equipos críticos para la operación y requieren una atención más cercana ya que la falla de uno de estos equipo provoca el paro de la operación en general.

Los insumos que se utilizan para el mantenimiento son básicamente lubricantes y piezas de intercambio tales como filtros de combustible, de aceite, fajas, sellos mecánicos, empaques, etc.

## **4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO**

A continuación se presenta la metodología utilizar para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo propuesto:

### **4.1 Estabilización de los equipos**

Para dar inicio al programa de mantenimiento preventivo se debe llevar los equipos a un nivel de operación aceptable para que a partir de este punto se inicien las acciones de mantenimiento preventivo para evitar que estos decaigan de nuevo, la estabilización de los equipos consiste en reparar o cambiar aquellos elementos defectuosos de manera que todas las partes cumplan la misión para lo que fueron diseñadas.

#### **4.1.1 Evaluación general del funcionamiento de los equipos**

La evaluación general del funcionamiento de los equipos es muy importante ya que permite saber las condiciones del equipo en general para que de ahí se haga la planificación y programación del mantenimiento de los mismos.

Esta evaluación debe ser muy minuciosa ya que de esto depende que la estabilización de los equipos sea lo mejor posible.

Para poder evaluar las condiciones del equipo se utilizará como herramienta un formato en el cual se listará el componente del equipo que se deberá revisar o evaluar y anotar el estado en que se encuentra.

#### **4.1.2 Identificación de piezas defectuosas**

Una vez que se ha realizado la evaluación de los equipos se puede identificar aquellas piezas o dispositivos que no están funcionando bien. Una forma de identificar las piezas defectuosas es tomando como herramienta los formatos de check list de los servicios o rutinas de mantenimiento, en ellos se indica cuales son las partes o los dispositivos que deben revisarse y que deben estar funcionando en perfectas condiciones para que el equipo opere en las mejores condiciones posibles, en el caso de que haya mas de una pieza defectuosa debe realizarse una lista por separado de cada equipo para poder elaborar posteriormente un listado general a efecto de realizar las órdenes de compra para reposición de los mismos.

#### **4.1.3 Cambio / reparación de partes defectuosas**

Cuando se han identificado las piezas defectuosas de los equipos se debe proceder a la reparación o cambio de éstos.

La decisión de reparar o de efectuar una compra de una parte defectuosa se debe hacer usando el criterio siguiente:

- ¿cuánto es el costo de adquirir la pieza nueva comparado con el costo de reparación del mismo?,
- ¿tendrá la misma vida útil si se repara?,
- ¿existe en el mercado?, etc.

Con el objeto de monitorear los cambios o reparaciones realizadas, ésta información será guardada en el historial de fallas y mantenimiento observadas de los equipos.

#### **4.1.4 Requisición de partes faltantes**

Si es necesario adquirir una pieza nueva para reemplazar la que está defectuosa se debe realizar una requisición de compra para que el departamento de compras haga efectiva la misma en el menor tiempo posible y evitarnos demoras en las reparaciones. **Ver figura 12.**

**Figura 12. Modelo de requisición de compra**

<b>REQUISICION</b>						Compra <input type="checkbox"/> Reparación <input type="checkbox"/> Alquiler <input type="checkbox"/> Servicio <input checked="" type="checkbox"/>
USO EXCLUSIVO DEPTO. DE MATERIALES TIPO COMPRA LOCAL <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
Fecha de petición  <b>Julio 30, 2004</b>		Lugar y fecha requerida  <b>La Libertad 16 de Agosto del 2004</b>		Depto. Reg. No.:  <b>385-04</b>		Freight <input type="checkbox"/> Air <input type="checkbox"/> Ocean
Originado por: <b>Luis Gil</b>		Para: <b>Generador 3412 # 1</b>		O.C. o O. S.: Cuenta:		
Cuenta:		Contrato:	Subcentro:	Location:	AFE:	
ITEM	CODIGO	CANTIDAD	UN.	DESCRIPCION	COSTO ESTIMADO	
1				Reparación Completa de Bomba de Inyección		
2				Raparación de gobernador Woodward		
				<b>Generador 3412 # 1</b>		
				Serie: 81Z-18574		
				Arreglo: 7E-0160		
				<b>Nota: Asegurarse de que la reparación</b>		
				<b>la haga el proveedor sugerido</b>		
_____ <b>Proveedor sugerido:</b>						
Vo.Bo. Bodega		SOLICITANTE		JEFE DE DEPARTAMENTO		GERENTE DE MATERIALES
		Nombre _____		_____		_____
		Firma _____		_____		_____
		Fecha _____		_____		_____

#### **4.1.5 Instalación de partes faltantes**

Las partes defectuosas que hayan sido reparadas o adquiridas nuevas para su reemplazo deben instalarse lo más pronto posible de manera que sea posible iniciar con el programa. Este es el último paso a darse en la etapa de estabilización de los equipos y al mismo tiempo es el punto de inicio del programa ya que a partir de aquí se debe empezar a recopilar la información si no hay una base de datos existente. Esta recopilación de datos nos servirá para poder llevar un historial del equipo y evaluar los resultados con base al tiempo y a costos.

#### **4.2 Mecanismos de recolección de información**

Las técnicas utilizadas para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo consisten básicamente en la búsqueda de fuentes de información ya sea de forma escrita o verbal que permitan conocer y entender el funcionamiento básico de los equipos para luego definir los medios a utilizar y profundizar en los temas en los que se tiene previsto trabajar.

Los medios utilizados se definen a continuación:

##### **➤ *Formatos***

Los formatos se diseñaron con la finalidad de recolectar información de los equipos y poder archivarlos de manera que la información sobre las rutinas de inspección diaria, servicios de mantenimiento semanal y quincenal, control de medidores eléctricos de generadores esté disponible y pueda servir como referencia en análisis del comportamiento de cada uno de los equipos.



## ➤ **Bases de datos**

Las bases de datos tienen como objetivo guardar la información que se considere necesaria de manera que esta pueda ser compartida vía correo u otro medio electrónico, además, la información puede ser graficada fácilmente lo que significa un ahorro de tiempo en la elaboración de informes.

### **4.2.1 Formatos de check list diario para generadores**

En este formato se indican la fecha y las horas en que se realiza la inspección, los elementos que deben ser inspeccionados y las lecturas de los dispositivos que se están monitoreando, en el mismo se encuentran los parámetros de operación normal de los generadores.


Estos están diseñados para ser llenados en forma rápida, de manera que el mecánico / operador vea si las lecturas de los medidores se encuentra dentro de lo normal y marque con un cheque o en su defecto con una X si hay una anomalía y se dé el aviso a los encargados de mantenimiento.

Esta rutina de inspección diaria se realiza tres veces al día y por la tarde la hoja es llevada a la oficina de mantenimiento para que sea revisada por el supervisor o encargado de mantenimiento, la firme y la archive.

Esta labor la ejecutan los mecánicos diesel del departamento de Mantenimiento. **Ver figura 13.**

**Figura 13. Formato de check list diario generadores**

**PERENCO GUATEMALA LIMITED  
REFINERIA LA LIBERTAD  
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE  
GENERADORES**



Nombre de la persona que realizó las mediciones: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Horómetro:**

<b>(07:00)</b>	<b>(11:30)</b>	<b>(16:30)</b>
Generador 1: _____	Generador 1: _____	Generador 1: _____
Generador 2: _____	Generador 2: _____	Generador 2: _____
Generador 3: _____	Generador 3: _____	Generador 3: _____

***CHECK LIST***

***DIARIAMENTE***

	<b>GENERADOR 1</b>			<b>GENERADOR 2</b>			<b>GENERADOR 3</b>		
	07:00	11:30	16:30	07:00	11:30	16:30	07:00	11:30	16:30
Revisión visual de parámetros del Display									
Amperaje (700 max. Gen. 2) (500 max. Gen 1 y3)									
Voltaje (475-485) V									
Frecuencia (59.8-60.1) HZ									
Temperatura del agua (175 - 210) °F									
Presión de Aceite (60 - 95 ) PSI									
Revoluciones (1795-1805) RPM									
Carga de Batería (26 - 27 ) V									
Temperatura de Aceite (210°F max. generador 2)									
Presión de Combustible (25 - 35 psi generador 2)									
Revisar nivel de aceite del motor									
Revisar nivel de refrigerante del motor									
Inspección visual alrededor de la máquina									

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Firma del supervisor de mantenimiento: \_\_\_\_\_

#### **4.2.2 Formatos de servicio semanal y quincenal para generadores**

Para llevar un registro de los servicios semanal y quincenal de generadores se elaboraron formatos de check list los cuales deben ser llenados por los mecánicos al momento de realizar el servicio y presentarlos posteriormente al supervisor para que se archiven y estén a la mano en el momento en que se requieran, esto también servirá para iniciar la base de datos de los servicios y el historial de generadores.

A continuación se describen los formatos en mención:

- **Formatos de Servicio Semanal de Generadores (150 Horas)**

Este formato indica los elementos que deben cambiarse, lubricarse, ajustarse o revisarse durante el paro para servicio de los mismos y otras revisiones que no pueden realizarse estando el generador en operación. **Ver figura 14.**

**Figura 14. Formato de check list servicio semanal de generadores**

**PERENCO GUATEMALA LIMITED**  
**REFINERIA LIBERTAD**  
**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**  
**MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES**



Nombre del operador: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Hora: \_\_\_\_\_  
**Horómetro:** \_\_\_\_\_

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**SERVICIO SEMANAL (150 HORAS)**

	GENERADOR No.
Inspección visual del sistema eléctrico	
Revisar nivel de electrolito de Batería	
Cambiar Aceite y Filtros de Aceite	
Cambiar de Filtro de Aire	
Cambiar Filtros de Combustible	
Limpiar Trampa de Agua	
Limpiar Respiradero del Cáster	
Realizar mediciones eléctricas en baterías	
Inspeccionar aditivo del refrigerante	
Revisar Fajas Mangueras y Abrazaderas	
Revisar guardas y tornillos del ventilador	
Revisar y engrasar polea del ventilador	
Limpieza Completa del exterior del radiador	
Inspeccionar Aftercooler	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_


Firma Supervisor de Mantenimiento: \_\_\_\_\_

- **Formatos de Servicio Quincenal de generadores (300 Horas)**

Este es prácticamente el mismo formato de Servicio Semanal de Generadores con la diferencia de que en este se agregan otras actividades de mantenimiento que se tienen contempladas a realizarse al cabo de este período de tiempo. **Ver figura 15.**

**Figura 15. Formato de check list servicio quincenal de generadores**

**PERENCO GUATEMALA LIMITED**  
**REFINERIA LIBERTAD**  
**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**  
**MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES**



Nombre del operador: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Hora: \_\_\_\_\_  
**Horómetro:** \_\_\_\_\_

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**SERVICIO QUINCENAL (150 HORAS)**

	<b>GENERADOR No.</b>
Inspección nivel de electrolito de la batería	
Inspección Dispositivos de parada de Emergencia	
Inspección respiradero del Cártter	
Obtención de muestra de aceite del motor	
Cambio aceite y filtro del motor	
Inspección de tensión en fajas del alternador y ventilador	
Lubricación cojinete del mando del ventilador	
Reemplazo filtro primario y secundario de combustible	
Drenado de agua y sedimentos del tanque de combustible	
Inspección mangueras y abrazaderas	
Limpieza del radiador	
Revisión de nivel de aceite del motor	
Revisión nivel de refrigerante del motor	
Inspección visual alrededor de la máquina	
Revisión de tornillería de Anclaje	
Limpieza del exterior del Generador	
Limpieza alrededor del Generador	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Firma Supervisor de Mantenimiento: \_\_\_\_\_

### 4.2.3 Formatos de check list para calderas

Al igual que los demás formatos, en este se incluyen aquellas partes de la caldera que deben ser revisadas o inspeccionadas para que estas no presenten fallas ya que son un equipo clave dentro de la planta. **Ver figuras 16, 17, 18 y 19.**

**Figura 16. Formato de check list diario calderas**

<p><i>PERENCO GUATEMALA LIMITED</i>  <i>REFINERIA LIBERTAD</i>  <i>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i></p>		
<p><b>CHECK LIST  DIARIAMENTE  CALDERA No.</b></p>		
1	Revisar el nivel del tanque de combustible	
2	Revisar el nivel de agua de la caldera	
3	Inspeccionar las uniones flexibles	
4	Inspeccionar el ventilador circulador de aire en la caldera.	
5	Abrir y cerrar purga de control de nivel.	
6	Revisar sistema de alarma y desconexión por bajo nivel	
7	Revisar funcionamiento de bomba de agua de alimentación	
8	Realizar purga a la columna de agua de alimentación	
9	Realizar purga a la columna de medición de nivel de agua	
10	Realizar purga de fondo	
11	Revisar prensa estopa de bomba de agua de alimentación	
12	Verificar presiones de gas propano (12 pulgadas de agua)	
13	Purgar tanque de condensado (5 segundos)	
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		
<p>REALIZADO POR: _____ FIRMA: _____</p> <p>FECHA: _____</p>		

**Figura 17. Formato de check list semanal calderas**

PERENCO GUATEMALA LIMITED  
REFINERIA LIBERTAD  
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO



**CHECK LIST  
SEMANTAL**

**CALDERA No.**

1	Revisar y limpiar fotocelda	
2	Revisión de la correcta circulación del combustible para calentamiento	
3	Revisión de nivel de aceite de la bomba de aire y combustible	
4	Regeneración del filtro de sílice	
5	Preparación de antiincrustante.	
6	Revisar parada de la caldera por presión	


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
FECHA: \_\_\_\_\_



**Figura 18. Formato de check list mensual calderas**

*PERENCO GUATEMALA LIMITED*  
*REFINERIA LIBERTAD*  
*DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO*



**CHECK LIST  
MENSUAL**

**CALDERA No.**

1	Revisar los presostatos de mercurio.	
2	Revisar los interruptores de mercurio de control de agua de alimentación	
3	Limpieza del quemador (electrodo, inyector) y la turbina de aire	
4	Realizar purga de lodos en los filtros del búnker	
5	Inspección de los contactos y accesorios eléctricos.	
6	Limpieza del cristal del ojo electrónico y verificar su posición	
7	Inspeccionar y limpiar el sistema de control de nivel de agua	
8	Inspeccionar funcionamiento del flotador de la caldera	
9	Lubricación de motores eléctricos de la bomba del agua de alimentación	
10	Verificar la tensión y desgaste de la fajas del combustible	
11	Inspeccionar el funcionamiento de las trampas de vapor en la sala de máquinas	
12	Revisar la empaquetadura del eje de la bomba de agua de alimentación	
13	Limpieza e inspección del ventilador	
14	Prueba de las válvulas de seguridad	
15	Revisión de las válvulas solenoides	
16	Inspección de la leva reguladora de químico	
17	Limpieza de filtros de combustibles y búnker	


---



---



---




---

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

**Figura 19. Formato de check list anual calderas**

*PERENCO GUATEMALA LIMITED*  
*REFINERIA LIBERTAD*  
*DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO*



**CHECK LIST  
 ANUAL**  
**CALDERA No.**

1	Desarmar y limpiar el control de nivel de agua	
2	Abrir la caldera, quitar tapones de la boca de visita y de los registros de mano y cambiar empaquetaduras correspondientes	
3	Remover las incrustaciones por medio mecánicos o por medios químicos	
4	Lavar la parte interior de la caldera	
5	Limpieza de los tubos lado de fuego	
6	Aplicar capa de refractario en las paredes internas de la caldera.	
7	Revisión y limpieza de las válvulas de retención	
8	Revisión de las válvula de purga	
9	Abrir y limpiar el tanque del condensado	
10	Revisión y limpieza de las bombas de búnker	
11	Revisar existencia de fugas en la tubería de distribución	

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

#### 4.2.4 Formatos de check list para compresores

Estos formatos indican la frecuencia del servicio de mantenimiento así como las partes que deben ser inspeccionadas, están elaborados por separado para que se utilice un formato diferente dependiendo del tipo de servicio que sea requerido. **Ver figuras 20, 21 y 22.**

**Figura 20. Formato de check list diario de compresores**

<i>PERENCO GUATEMALA LIMITED</i> <i>REFINERIA LIBERTAD</i> <i>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>		
<b>CHECK LIST</b> <b>DIARIAMENTE</b>		
<b><u>COMPRESOR No:</u></b>		
1	Verificar que todos los medidores e indicadores operen normalmente	
2	Verificar el nivel de Fluido (Aceite)	
3	Inspeccionar alrededor del compresor por posibles fugas	
4	Drenar agua de la trampa	
5	Inspeccionar por ruidos extraños o vibraciones	
 <b>OBSERVACIONES:</b> _____ _____ _____		
REALIZADO POR: _____ FIRMA: _____		
FECHA: _____		

**Figura 21. Formato de check list mensual compresores**

*PERENCO GUATEMALA LIMITED*  
*REFINERIA LIBERTAD*  
*DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO*



**CHECK LIST**  
**MANTENIMIENTO MENSUAL**

**COMPRESOR No:**

1	Realizar servicio al filtro de aire	
2	Cambiar aceite	
3	Cambiar filtro de aceite	
4	Verificar la presión de la válvula de alivio	
5	Verificar niveles de aceite	
6	Inspeccionar fajas	
7	Inspeccionar por ruidos extraños o vibraciones	

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

**Figura 22. Formato de check list semestral compresores**

*PERENCO GUATEMALA LIMITED*  
*REFINERIA LIBERTAD*

*DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO*



**CHECK LIST**  
**MANTENIMIENTO SEMESTRAL**

**COMPRESOR No:**

1	Cambiar fajas del ventilador	
2	Cambiar filtro de aire	
3	Cambiar elemento separador	
4	Verificar el sistema de apagado de seguridad	
5	Verificar que no haya tornillos flojos o faltantes	
6	Calibrar válvula de alivio para su correcta operación	
7	Lubricar los motores	

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

#### 4.2.5 Bases de datos de distribución de cargas de generadores

Esta base de datos se origina en base a los datos obtenidos en el formato de distribución de cargas de los generadores, estos datos nos servirán también para elaborar las gráficas de distribución de cargas eléctricas de los generadores y poder determinar la carga total promedio de cada uno de los generadores o la carga eléctrica total de la planta.

A continuación se presenta el manual de usuario de las bases de datos para el ingreso de información:

#### Figura 23. Manual de usuario de las bases de datos en Excel

##### Manual de usuario de las bases de datos en Excel

Para acceder a la base de datos en Excel seguir los siguientes pasos:

1. Encender la computadora
2. Haga clic sobre el icono de acceso directo a Excel o bien siga con los pasos 3, 4 y 5
3. Haga clic en el botón de inicio
4. Colocar el cursor sobre la barra de todos los programas para que despliegue el listado de programas de la computadora
5. Haga clic en el icono de Microsoft Excel para abrir el programa
6. Haga clic sobre el botón file o archivo
7. Haga clic sobre la ventana Abrir
8. En el folder Mis Documentos elegir la carpeta bitácoras
9. Abrir el archivo que tenga el historial del equipo en cuestión (Ej. Historial de cargas de generadores)
10. Colocar la fecha que corresponde en la casilla y el número de generador que corresponde a la casilla
11. Ingresar los datos de carga recopilados en el formato de monitoreo de cargas eléctricas de generadores. **Ver tabla I**
12. Guardar los cambios realizados en el menú archivo y elija la opción guardar
13. Cierre el programa.

**Tabla I. Cuadro de distribución de carga eléctrica de generadores**

HORA	01/11/2004			02/11/2004			03/11/2004			04/11/2004			05/11/2004			06/11/2004			07/11/2004		
	AMPERAJE			AMPERAJE			AMPERAJE			AMPERAJE			AMPERAJE			AMPERAJE			AMPERAJE		
	GENERADORES	2	3	GENERADORES	2	3	GENERADORES	2	3	GENERADORES	2	3	GENERADORES	2	3	GENERADORES	2	3	GENERADORES	2	3
06:00	469	457	464	440	464	460	444	460	460	440	468	443	443	425	430	420	410	403			
07:00	468	430	424	458	444	444	436	444	444	424	452	440	440	440	420	410	410	410			
08:00	474	425	431	467	465	446	465	446	446	431	443	447	438	425	403	403	410	410			
09:00	484	428	427	465	465	444	484	444	444	427	430	439	440	440	410	410	410	410			
10:00	495	430	473	458	458	386	411	386	386	473	427	439	424	447	430	420	420	420			
11:00	478	420	479	467	467	333	416	333	333	479	429	446	439	434	420	422	422	422			
12:00	548	419	492	444	444	360	425	360	360	492	421	449	466	436	437	430	430	430			
13:00	532	415	454	490	490	340	415	340	340	454	410	449	417	444	430	432	432	432			
14:00	522	416	452	494	494	328	416	328	328	452	450	428	414	478	426	449	449	449			
15:00	505	420	472	477	477	384	310	310	312	299	430	429	365	400	430	449	449	449			
16:00	538	417	485	479	479	280	362	280	320	299	453	427	400	402	420	428	428	428			
17:00	500	420	518	476	476	242	330	242	324	302	450	415	410	412	429	429	429	429			
18:00	483	471	522	466	466	256	361	256	359	329	425	424	421	405	465	481	481	481			
19:00	463	476	534	493	493	228	346	228	398	364	437	431	475	405	470	479	479	479			
20:00	468	465	416	448	448	224	332	224	408	388	430	430	472	404	480	482	482	482			
21:00	469	466	355	454	454	232	345	232	425	395	435	424	474	407	480	480	480	480			
22:00	462	451	380	450	450	231	347	231	361	433	429	420	470	409	470	475	475	475			
23:00	439	469	373	460	460	224	367	224	374	434	404	430	476	416	466	477	477	477			
00:00	438	451	458	452	452	232	318	232	388	436	419	428	435	403	441	475	475	475			
01:00	429	465	460	451	451	236	315	236	329	440	436	423	430	406	440	478	478	478			
02:00	437	466	462	453	453	234	314	234	338	441	430	426	477	408	474	474	474	474			
03:00	481	460	442	452	452	234	419	234	354	440	427	423	430	407	410	475	475	475			
04:00	483	464	485	448	448	230	330	230	385	440	451	425	436	404	474	474	474	474			
05:00	448	460	475	462	462	233	316	233	380	462	440	412	463	391	480	480	480	480			
Promedio	478.46	442.96	454.54	462	462	369.5	298.20	298.20	377.46	388.57	433	432.33	452.31	420.81	436.04	463	463	463			
Diferencia	36.50		7.46			71.29			11.10		0.67			31.50		16.95		16.95			
Total	921.42		916.54			667.71			766.04		865.33			873.14		889.06		889.06			

Fuente: Luis Gil

## **Análisis**

Del cuadro anterior podemos observar el promedio de carga diaria de cada generador así como la diferencia de carga que hay entre estos, como se mencionó en el capítulo 3, estos generadores trabajan en paralelo para soportar la carga total de la planta, y la diferencia de reparto de carga entre cada uno no debe ser mayor a 25 amperios, de la grafica podemos deducir que los días 1, 3 y 6 las cargas eléctricas estuvieron desbalanceadas debido a la falta de monitoreo del personal encargado. La carga total varía de un día a otro dependiendo de la cantidad de equipo que se estuvo operando, es decir, en ocasiones es necesario trasegar producto de un tanque a otro y por lo tanto habrá más bombas encendidas o se estuvo cargando camiones durante todo el día y esto puede variar la carga total de la planta.

### **4.3 Monitoreo y control**

El monitoreo y el control de los equipos debe adecuarse a las necesidades de cada equipo ya que en algunos casos se debe tener un monitoreo constante y en otros de forma intermitente dependiendo de que tan crítico sea el funcionamiento del equipo, por ejemplo el monitoreo de los sensores de un generador que funciona las 24 horas del día, difiere al de una bomba centrífuga que opera por períodos cortos de tiempo.

#### **4.3.1 Registro diario de sensores e indicadores**

En el caso de los generadores debe realizarse un registro diario cada hora de los sensores e indicadores para monitorear variables tales como distribución de carga eléctrica, temperaturas de agua y aceite, presiones de combustible, revoluciones por minuto, etc. **Ver figura 24.**



**Figura 24. Formato de control de sensores e indicadores de generadores**

PERENCO GUATEMALA LIMITED		FECHA:		GENERADOR No. _____											
REFINERIA LA LIBERTAD				GENERADOR No. _____											
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION				GENERADOR No. _____											
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				GENERADOR No. _____											
<b>CONTROL DE GENERADORES</b>															
GENERADOR No. _____		GENERADOR No. _____		GENERADOR No. _____											
Hora	Volios (475-485)	Amp. (59.8-60.1)	Hertz (175-210)	Temp. ° F (80-85)	Presión (PS)ide		RPM Motor (1795-1805)	Volios (475-485)	Amp. (59.8-60.1)	Hertz (175-210)	Temp. ° F (80-85)	Presión (PS)ide		RPM Motor (1795-1805)	
					Acete (60-95)	Combustible (25-35)						Acete (60-95)	Combustible (25-35)		
00:00															
01:00															
02:00															
03:00															
04:00															
05:00															
06:00															
07:00															
08:00															
09:00															
10:00															
11:00															
12:00															
13:00															
14:00															
15:00															
16:00															
17:00															
18:00															
19:00															
20:00															
21:00															
22:00															
23:00															
OBSERVACIONES															

### **4.3.2 Registro y control de servicios**

Cada vez que se haga un servicio a un equipo se debe llevar un registro por medio de un formato en donde se indique el tipo de servicio realizado, la fecha y las piezas que fueron reparadas o cambiadas, esta información será de utilidad para detectar tendencias y determinar el tiempo promedio entre fallas de cada equipo.

### **4.3.3 Bitácoras de fallas y reparaciones de generadores**

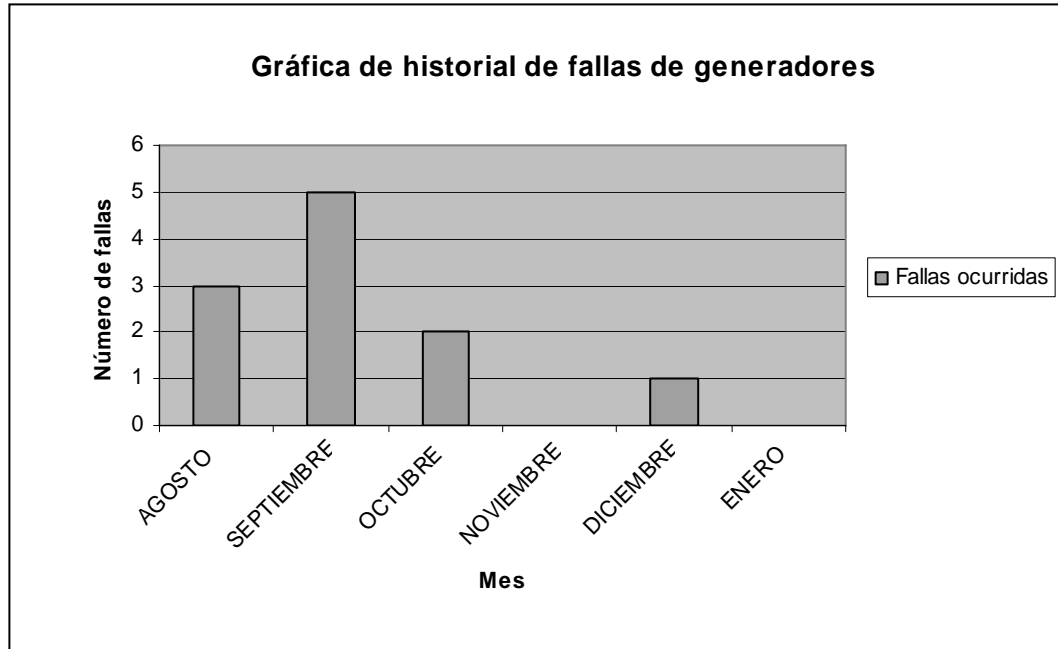
Esta bitácora servirá para anotar las fallas ocurridas o las inspecciones y servicios realizados a los generadores en forma cronológica de manera que sea fácil verificar cuando fue ultima vez que se realizó un servicio o cuando se presentó la última falla. **Ver figuras 25 y 26.** Por cuestiones de diseño y de funcionabilidad, se utilizará una hoja de datos en Excel y/o Word.

Para el ingreso de la información a su respectiva base de datos en la computadora.

**Figura 25. Historial de fallas de generadores**

<b>Historial de fallas de generadores con pérdida de tiempo por paro del equipo</b>	
<b>Inicio de historial de fallas: Agosto de 2004</b>	
<b>Agosto</b>	
12-Ago	Disparo de generador por desbalance de cargas
25-Ago	Disparo de generador por alta temperatura de refrigerante
27-Ago	Disparo de generador por falla en sensor de perdida de refrigerante
<b>Total fallas del mes</b>	<b>3</b>
<b>Septiembre</b>	
06-Sep	Disparo de generador por taponeo de filtro de combustible
09-Sep	Disparo de generador por taponeo de filtro de combustible
12-Sep	Disparo de generador por taponeo de filtro de combustible
18-Sep	Disparo de generador por presencia de agua en combustible
25-Sep	Disparo de generador por mala operación en paralelo
<b>Total fallas del mes</b>	<b>5</b>
<b>Octubre</b>	
04-Oct	Disparo de generador por sobrecarga
15-Oct	Disparo de generador por filtros tapados
<b>Total fallas del mes</b>	<b>2</b>
<b>Noviembre</b>	
	No hubo ninguna falla o paro del equipo por fallas
<b>Total fallas del mes</b>	<b>0</b>
<b>Diciembre</b>	
06-Dic	Disparo de generador por falla en baristores
<b>Total fallas del mes</b>	<b>1</b>
<b>Enero</b>	
	No hubo ninguna falla o paro del equipo por fallas
<b>Total fallas del mes</b>	<b>0</b>
<b>RESUMEN</b>	
AGOSTO	3
SEPTIEMBRE	5
OCTUBRE	2
NOVIEMBRE	0
DICIEMBRE	1
ENERO	0

**Figura 26. Gráfica de historial de fallas con paro de equipo**



### **Análisis**

De la figura anterior podemos visualizar el número de fallas ocurridas de agosto hasta enero que representaron una pérdida de tiempo y una interrupción del proceso.

En el mes de agosto (mes en que se inició el monitoreo de los equipos), se pudo observar una tendencia a subir teniendo ese mes 3 fallas con pérdida de tiempo, el mes posterior se tuvo 5 fallas con pérdida de tiempo para luego disminuir el mes siguiente cuando ya se estaba implementando el programa, luego de esto se tuvo una sola falla con pérdida de tiempo en un período de tres meses lo cual indica que las acciones realizadas tienen un efecto positivo y disminuyeron notablemente la incidencia de los disparos de los generadores.

#### **4.3.4 Bitácoras de fallas y reparaciones de bombas**

Servirá para anotar todas las fallas y reparaciones de las bombas, es muy importante que haya una bitácora para cada bomba ya que de lo contrario sería difícil clasificar la información sobre un equipo en específico. Estas bitácoras pueden realizarse ya sea en una base de datos en Excel u otro medio de cómputo o de forma escrita.

#### **4.3.5 Bitácoras de fallas y reparaciones de vehículos y montacargas**

Aquí se anotarán los datos sobre los servicios de mantenimiento que se realizaron a los vehículos de la empresa, en la cual se debe incluir los horómetros o kilometraje actual, así como el horómetro o kilometraje del próximo servicio de mantenimiento. Para el ingreso de la información en las respectivas bitácoras.

#### **4.3.6 Sistema de muestreo y análisis periódico de aceite**

En el caso de los generadores, se implementará un sistema de muestreo y análisis de aceite con el objetivo de que éste nos sirva de ayuda para determinar si hay desgastes internos del motor.

### **Metodología**

Consiste en tomar una muestra de aceite usado cada vez que se realice el servicio menor para luego ser enviada al laboratorio para que se haga una análisis y se identifique materiales de desgaste que puedan indicar una falla potencial del equipo.

La muestra de aceite es analizada en un laboratorio para determinar que cantidad de partículas de desgaste se encuentran presentes en el aceite y con base a rangos de tolerancia predefinidos por el fabricante, el laboratorio emite una conclusión sobre los resultados obtenidos, además de dar recomendaciones en cuanto al tiempo entre cada servicio y la periodicidad del muestreo.

Este sistema es de mucha utilidad para el programa de mantenimiento preventivo ya que permite encontrar fallas internas de los motores que no pueden detectarse de manera visual; con este método se pueden evitar fallas prematuras y convierte el mantenimiento preventivo en un mantenimiento predictivo. Algunos proveedores de aceites y lubricantes brindan este análisis de laboratorio de forma gratuita ya que está incluido como un valor agregado por la compra de los lubricantes. A continuación se presenta un formato para la identificación de las muestras de aceite.

**Figura 27. Formato para identificación de muestra de aceite**

<b>SISTEMA DE MUESTREO Y ANALISI DE ACEITE</b>		
<b>Fecha: 17 de agosto de 2004</b>		
<b>Nombre del Propietario</b> Perenco Guatemala Limited		<b>Localización</b> Refinería La Libertad
<b>Modelo Motor</b> 3412	<b>Serie No.</b> 3FZ-05214	<b>Arreglo</b> 166-8590
<b>Aplicación del Vehículo</b> Generador		
<b>Horas del servicio menor</b> 150		<b>Horómetro general del generador</b> 15270
<b>Nombre de la Marca del Aceite</b> Mobil		<b>Se cambió el aceite al momento de tomar la muestra?</b> Si
<b>TOMAR LA MUESTRA CUANDO EL MOTOR ESTA CALIENTE</b>		

#### **4.3.7 Control de horómetros**

Se debe llevar un control de horómetros de los generadores para poder hacer la programación de los servicios mayores los cuales requieren un tiempo prudencial para la compra de los repuestos así como de una planificación del personal disponible. Estos equipos vienen equipados con un horómetro el cual permite saber cuantas horas lleva en servicio.

Se debe tener mucho cuidado con el control de horómetros ya que si no se cuenta con una secuencia de horómetros podría suceder que haya que reparar dos motores casi al mismo tiempo, situación que no puede darse debido a que en el caso de los generadores deben estar en operación dos de los tres que hay disponibles, por tal razón se debe mantener una distancia en tiempo no menor de 1000 horas (tiempo requerido para obtener los repuestos) entre generadores para que al momento que uno de estos llegue a necesitar un overhaul tengamos suficiente tiempo para realizar la reparación sin temor a que los otros lleguen también a su tiempo para el overhaul. **Ver figuras 28 y 29.**

Figura 28. Cuadro de control de horómetros de generadores

<u>HOROMETROS DE GENERADORES</u> <u>REFINERIA</u>									
al 01-12-04									
MODELO NÚMERO	SERIE NÚMERO	ARREGLO NÚMERO	HORÓMETRO ACTUAL	HORÓMETRO ÚLTIMO OVERHAUL	HORAS DESPUÉS OVERHAUL	HORAS PARA SERVICIO 5000 HORAS	HORAS PARA SERVICIO 10000 HORAS		
GENERADOR 1	81Z-18574	7E-0160	33544	28783	4761	-239	-5239		
GENERADOR 2	3FZ-05214	166-8590	4627	0	4627	-373	-5373		
GENERADOR 3	81Z-18578	7E-0160	33509	29334	4175	-825	-5825		

**NOTA:**  
Solo ingresar el horómetro actual  
Los demás cálculos los hace el programa.



**Figura 29. Cuadro de control de horómetros de overhaul generadores**

HISTORIAL DE SERVICIO MENOR A GENERADOR # 1		
MARCA	CATERPILLAR	
MODELO	3412	
SERIE	81Z-18578	
ARREGLO	7E-160	
HORÓMETRO PRIMER OVERHAUL	HORÓMETRO SEGUNDO OVERHAUL	HORÓMETRO TERCER OVERHAUL
NO DISPONIBLE	28783	33544
HISTORIAL DE SERVICIO MENOR A GENERADOR # 2		
MARCA	CATERPILLAR	
MODELO	3412	
SERIE	3FZ-05214	
ARREGLO	166-8590	
HORÓMETRO PRIMER OVERHAUL	HORÓMETRO SEGUNDO OVERHAUL	HORÓMETRO TERCER OVERHAUL
HISTORIAL DE SERVICIO MENOR A GENERADOR # 3		
MARCA	CATERPILLAR	
MODELO	3412	
SERIE	81Z-18574	
ARREGLO	7E-160	
HORÓMETRO PRIMER OVERHAUL	HORÓMETRO SEGUNDO OVERHAUL	HORÓMETRO TERCER OVERHAUL
NO DISPONIBLE	29334	

#### 4.3.8 Control de baterías

Un control de baterías permitirá saber el tiempo de uso de las mismas así como también poder determinar su estado en base a una inspección periódica y así saber sus condiciones actuales. **Ver figura 30.**

**Figura 30. Formato de control de baterías de generadores**

<b>CONTROL DE BATERÍAS</b>						
FECHA: <u>1 Octubre 2004</u>						
		<b>Batería marca</b>	<b>Fecha de compra</b>	<b>Nivel de electrolito</b>	<b>Voltaje Indicador</b>	<b>Estado General</b>
<b>Gen. 1</b>	Batería No. 1	Caterpillar	May-03	OK	25 V	OK
	Bateria No. 2	Caterpillar	Ago-03	OK	25V	OK
<b>Gen. 2</b>	Batería No. 1	Caterpillar	Feb-04	OK	25 V	OK
	Batería No.2	Caterpillar	Nov-03	OK	24 V	OK
<b>Gen. 3</b>	Batería No 1	Caterpillar	Jul-04	OK	26 V	OK
	Batería No. 2	Caterpillar	Ene-04	OK	26 V	OK

#### 4.3.9 Control de consumo de aceite de generadores

Una forma de detectar anomalías en los generadores es llevando un control del consumo de aceite ya que esto podría indicar que algo está pasando internamente en el motor. **Ver figura 31.**

**Figura 31. Formato de control de consumo de aceite para generadores**

<b>INFORME DE PRUEBA CONSUMO DE ACEITE</b>			
<b>(PARA PROPIETARIOS / OPERARIOS)</b>			
Nombre del Propietario			Localización
Modelo Motor	Serie No.		Arreglo
Manufacturación del Vehículo		Modelo	Serie No.
Aplicación del Vehículo			
Promedio Millas / Kilómetros por día		Promedio de Horas por día	
Nombre de la Marca del Aceite		Viscosidad	
Clasificación (Todo)		Contenido del Sulfuro en el combustible (Si está disponible)	

Este informe de prueba es requerido antes de que sea hecha cualquier reparación por excesivo consumo de aceite. Esta prueba es propuesta para que varios factores externos sean inspeccionados antes de completar este reporte. Sin embargo, si todas las indicaciones contenidas dentro de la prueba han sido cumplidas, los datos disponibles pueden ser usados para completar este reporte. Toda la información requerida en este reporte debe ser guardada en los archivos del distribuidor.

**PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA**

- 1 Al inicio de la prueba de consumo aceite, el carter debe ser drenado y recambiado con el nivel correcto y la cantidad de aceite necesaria, como la viscosidad apropiada a temperatura ambiente. Los nuevos elementos del filtro de aceite Caterpillar, también deben ser instalados. El tanque de aceite debe ser llenado. (NOTA: Estos son detalles que deben hacerse al costo del propietario.)  
  
 Fecha \_\_\_\_\_ Millas Motor / Kilómetros (Horas) \_\_\_\_\_
- 2 El propietario del vehículo debe determinar cada una de las veces que agregue aceite y combustible hasta el próximo periodo de cambio, el cual se hará con una hoja de reporte diario que muestre la fecha, millas, kilómetros/horas, y cantidad de combustible que se agregue. (Veáse la parte posterior de la Hoja).
- 3 Al final de la prueba, el tanque debe ser llenado nuevamente, esto será cubierto por el propietario. En el indicador de aceite debe anotarse la cantidad utilizada. (La distancia hacia abajo del indicador marcará de "Lleno".)  
  
 Fecha \_\_\_\_\_ Millas / Kilómetros / Horas \_\_\_\_\_
- 4 Total de aceite usado, cuartos/litros \_\_\_\_\_ Total de combustible usado, Galones/Litros \_\_\_\_\_
- 5 Determine la proporción de aceite y combustible.  
  
 Galones/Litros por cuartos / Litros de aceite \_\_\_\_\_

**Continuación**

**PERENCO GUATEMALA  
CONTROL DIARIO DEL CONSUMO DE ACEITE  
(Para Propietarios / Operadores )**

Complete cada vez que agregue aceite y grabe la lectura del kilometraje durante cada día (millas)

hacerlo aunque no se hallán hecho adiciones de combustible o de aceite. Ambas lecturas tanto

el kilometraje y el consumo de aceite deben ser grabadas. Si las unidades están aún en el equipo

las adiciones de aceite deben ser hechas solo cuando el aceite alcance el nivel de "AGREGAR"

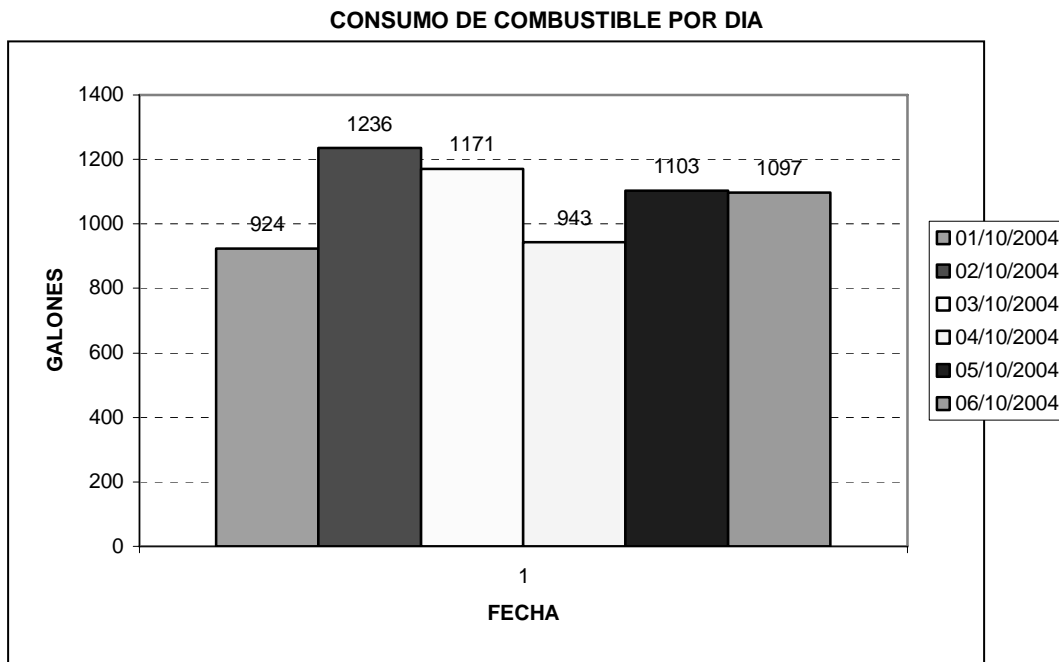
en el indicador del motor.-

MES	FECHA	LECTURA KILOMETRAJE	LECTURA HOROMETRO	ADICIONES COMBUSTIBLE	ADICIONES ACEITE
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
	31				

#### 4.3.10 Control de consumo de combustible de generadores

Este control se realiza con la finalidad de llevar un registro de cuanto combustible consume cada generador durante el día o por cada hora de operación este dato puede variar dependiendo de cuanta sea la carga con la cual está operando el generador una vez que se ha podido establecer la carga eléctrica total promedio de la planta, se procede a monitorear el consumo diario en base a los reportes del departamento de producción para luego convertir el consumo de combustible a horas. **Ver figura 32.**

**Figura 32. Gráfica de control de consumo de combustible**

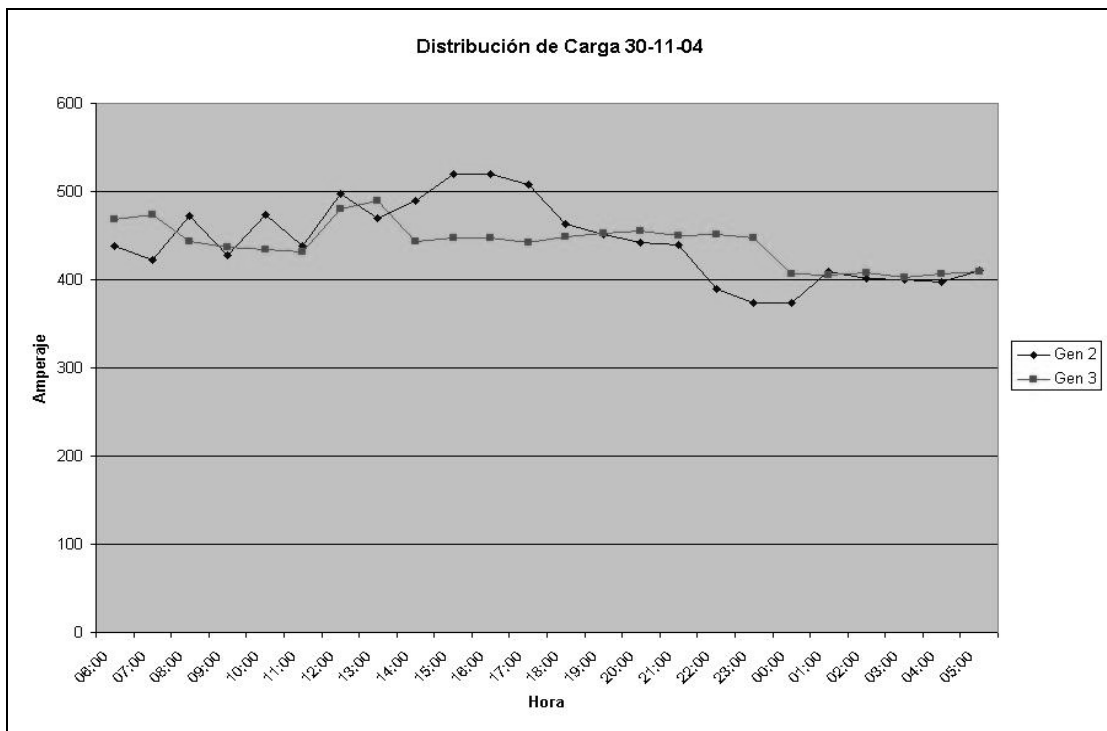


En base a la gráfica anterior se determinó que el consumo de combustible por hora de un generador Caterpillar serie 3412 es de 22.5 galones por hora operando a un 62 % de su capacidad máxima.

### 4.3.11 Gráficas de control de distribución de cargas de generadores

Esta gráfica nos ayudará a visualizar cuál ha sido el comportamiento de la distribución de carga eléctrica de los generadores y se elabora con los datos obtenidos en el formato de distribución de cargas eléctricas que se mencionó anteriormente. Esta es una buena forma de visualizar cómo reacciona cada uno de los generadores al momento de que la carga de la planta aumente o disminuya porque se haya encendido o apagado algún equipo, esto es útil para los electricistas ya que se puede visualizar si las calibraciones de caída de voltaje, frecuencia y velocidad del generador están hechas adecuadamente, de lo contrario, procederán a hacer una recalibración de los mismos. **Ver figura 33.**

**Figura 33. Gráfica de distribución de cargas de generadores**



En la figura anterior se puede observar el comportamiento de la distribución de carga de los generadores a lo largo del día en donde claramente se observa que el generador 2 tiene un comportamiento variable cada hora, esto es debido a que este generador tiene un tiempo de respuesta mucho mas rápido y es quien absorbe los cambios en la carga total de la planta.

Se puede observar que durante las horas de la mañana la carga aumenta debido a que es en este horario cuando se utiliza mayor equipo para poder realizar los despachos de asfalto y combustibles para los demás campamentos de la empresa.

#### **4.4 Bodega**

El encargado de bodega es quien debe encargarse de mantener un stock de repuestos para los distintos equipos de manera que en ningún momento se queden a cero ya que esto representaría una demora en la reparación de algún equipo. El departamento de mantenimiento debe de realizar un listado de todos los equipos y clasificarlos para luego determinar en base al número total de los mismos cual sería el mínimo de repuestos en stock para cada tipo de equipo.

El procedimiento para la obtención de repuestos se puede realizar de dos maneras:

## **1. Repuestos para stock**

El encargado de bodega realiza una requisición de bodega para la compra de repuestos y la envía al supervisor general quien la revisa, da su aprobación y la envía al gerente de refinería quien da la autorización final si el costo del repuesto no sobrepasa los Q.12,000.00, en caso contrario, la requisición debe ser aprobada en orden jerárquico hasta llegar al gerente general de la empresa en el caso de que el costo de la compra sea muy elevado.

## **2. Repuestos para mantenimiento o reparación**

En este caso el supervisor de mantenimiento debe realizar una requisición de mantenimiento solicitando la compra de los repuestos y la envía al supervisor general quien da su aprobación y la envía al gerente de refinería quien da su aprobación si el costo no supera los Q.12,000.00, en caso contrario, la requisición debe ser aprobada en orden jerárquico hasta llegar al gerente general de la empresa en el caso de que el costo de la compra sea muy elevado.

La compra de los repuestos puede realizarse localmente, es decir, dentro del país, o en el exterior en el caso de los equipos especiales.

Las requisiciones pueden hacerse tanto para la compra de repuestos, como para solicitar un servicio de una empresa especializada en algún tipo de equipo.

### **4.4.1 Inventario de repuestos en stock**

Como se mencionó anteriormente, se debe mantener un stock de repuestos en bodega para evitar demoras en las reparaciones.



Es importante que se realice un inventario de los repuestos que hay en existencia de forma periódica ya que en algunos casos se cambia equipo por uno mas reciente por lo que estos repuestos ya no tendrán ningún movimiento y solo ocuparán espacio y aumentarán los costos en inventarios ya que todas las empresas deben pagar impuestos sobre activos fijos.

Con una revisión periódica de los inventarios se puede mantener un mínimo de repuestos en stock sabiendo que los que hay en existencia si corresponden al equipo con que se cuenta actualmente disminuyendo los costos por inventarios.

Esta revisión periódica puede realizarse con base a un listado de los repuestos en stock que permita llevar un control de la cantidad de piezas en existencia y poder realizar una requisición de compra cuando se alcance un mínimo de piezas y así evitar que el inventario no se quede a cero **Ver tabla II.**

**Tabla II. Listado de repuestos en bodega**

PERENCO GUATEMALA LIMITED REFINERIA LA LIBERTAD DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES LISTADO DE PARTES EN BODEGA BODEGA LOCAL LIBERTAD				AL : 22/10/2004
CODIGO	DESCRIPCION ARTICULO	UN. MEDIDA	EXISTENCIA	
285309003	HOSE ASSY 5B-2410	EA	2	
285309523	NUT 6B-5150	EA	8	
285325334	SWITCH ASSY (9F3099) 3E-0256	EA	1	
285345336	GASKET 6I-3066	EA	9	
285348232	CLAMP 2J-6540	EA	2	
285348676	SEAL-O-RING 4J-0522	EA	2	
285352896	SWITCH 3L-3911	EA	2	
285355113	BELT 8L-4526	ST	3	
285355129	ADAPTER 8L-3282	EA	6	
285355554	ELEMENT FUEL FILTER PN9L-9100	EA	1	
285360037	GASKET PN7M-7273	EA	2	
285362375	ELBOW 2N-8037	EA	2	
285362686	RHEOSTAT ASSY 500HM PN3N-2041	EA	2	
285362737	RESISTOR ASSY. 3N-7806	EA	3	
285363047	VEE BELT 4N-8216	EA	4	
285363296	SEAL 4N-0239	EA	2	
285363297	FERRULE 4N-0240	EA	2	
285363754	SHIELD-OIL 6N-7174	EA	12	
285363759	VEE BELT SET 6N-6798	EA	5	
285363763	SEAL RING 6N-0009	EA	2	
285364068	HOSE ASSY 7N-3761	EA	2	
285364339	SERVICE (7S9891) PN8N-8796	EA	2	
285364347	OIL FILTER PN8N-9586	EA	1	
285364401	GASKET 8N-1589	EA	4	
285380046	GASKET OIL DRAIN 1S-4810	EA	5	
285382275	ROD PN6S-4454	EA	3	
285394583	INDICATOR 1W-4302	EA	6	
285394601	RING PISTON TAP 1W-9460	EA	7	
285394702	SEPARATOR 2W-4234	EA	1	
285394706	LINER CYLINDER 2W-6000	EA	1	
285394718	TUBE AS 2W6458	EA	1	
285394749	CONTACTOR ASSY 2W-8916	EA	1	
285395005	BEARING MAIN 4W-5492	EA	2	
285395016	ELEMENT PN4W-4840	EA	3	
285395056	AMMETER PN4W-8638	EA	1	
285395094	SEAL WATER (3E6772) 4W-1055	EA	72	
285395547	SEAL GROUP(7N1999) 7W-6130	EA	2	
285398341	FUSE 9Y-6027	EA	6	
285399509	O'RING 114-2687	EA	6	
285416201	CONTROL GROUP 1020050	EA	2	
285434165	GASKET MANIF.(7N8175) 1299452	EA	20	
285476816	REBUILT KIT(1054985) 1293069	EA	1	
285480808	SEAL-O-RING 1102220	EA	11	
285482201	SOCKET-CONN(3E7886) 1863736	EA	3	
285490004	VALVE EXHAU(1W3860) 1152367	EA	48	
285490005	VALVE INLET(1W3859) 1152368	EA	48	

#### 4.5 Protecciones de los equipos


Todas las protecciones de los equipos deben ser revisadas cada vez que se haya mantenimiento preventivo, es decir en el servicio menor que se realicea cada equipo a fin de verificar su funcionalidad y que puedan en algún momento evitar un daño mayor a los equipos.

Estas protecciones pueden ser ya sea sensores de temperatura, presión, velocidad, flipones eléctricos, contactores o guardamotores, dispositivos de parada de emergencia u otro que haya sido diseñado para evitar que el equipo se dañe por una falla inesperada y que pueda afectar el equipo completo o dejarlo inservible.

#### **4.5.1 Evaluación de las protecciones de los equipos**

La evaluación de las protecciones de los equipos debe realizarse de forma periódica dependiendo del uso al que esté sometido el equipo (por ejemplo semanalmente para equipos que están en operación las 24 horas) para verificar si en verdad funciona y cumpla con su objetivo, esta evaluación puede hacerse al momento que el equipo esta en mantenimiento y puede hacerse provocando deliberadamente una operación incorrecta del equipo, es decir, puede desconectarse a propósito un dispositivo de parada de emergencia para comprobar si en realidad el equipo se detendrá, etc. **(Ver figura 34).**

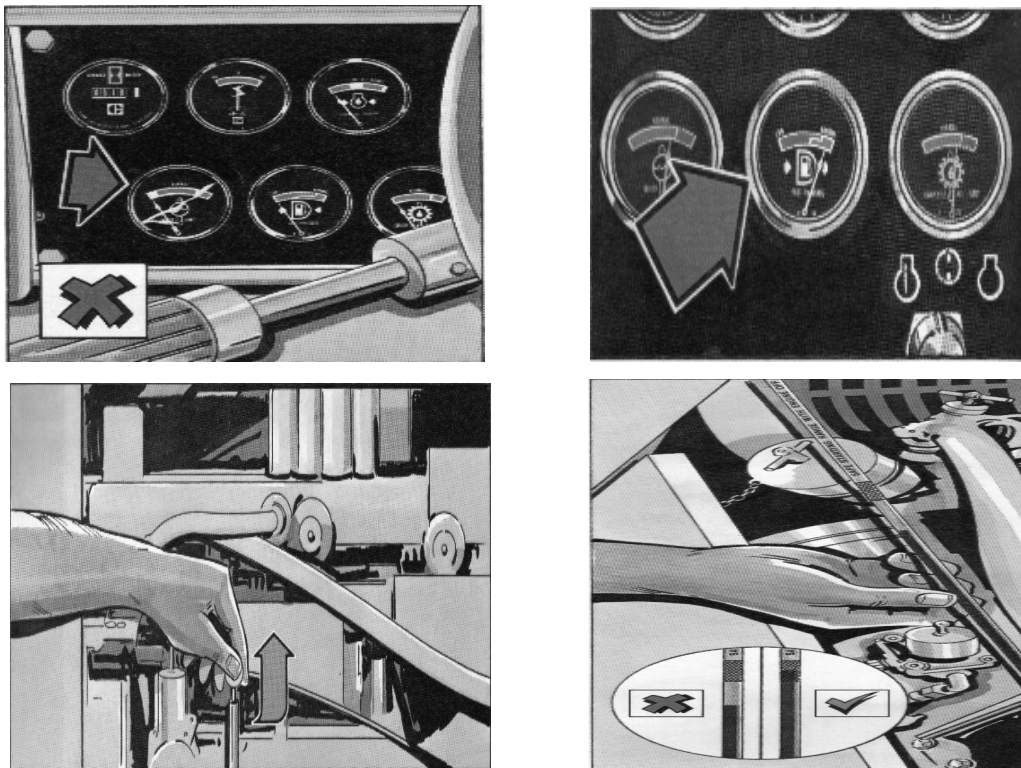
**Figura 34. Formato de evaluación de protecciones eléctricas de generadores**

<p><b>PERENCO GUATEMALA LIMITED</b>  <b>REFINERIA LIBERTAD</b>  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>  <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE</b>  <b>GENERADORES</b></p>						
<p><b><u>CUADRO DE PROTECCIONES DE LOS GENERADORES</u></b>  <b>AL 10/08/2004</b></p>						
	<b>GENERADOR 1</b>	<b>GENERADOR 2</b>	<b>GENERADOR 3</b>			
Potencia inversa	SI	SI	NO			
Sobrecarga	NO	SI	NO			
Sensor de perdida de refrigerante	SI	SI	SI			
Sensor de alta revolución	SI	SI	SI			
Sensor de sobrecalentamiento	SI	SI	SI			
Alto Voltaje	SI	SI	NO			
Sensores de baja presión de aceite	SI	SI	SI			
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>En el caso del generador 3 el problema se solucionaría con el cambio del breaker del panel de sincronización ya que el que está es un General Electric el cual no tiene la bobina de disparo y por ser un modelo antiguo no es recomendable repararlo.</p> <p>Se esta cotizando uno nuevo con la gente de Intek</p>						

#### 4.5.2 Identificación de sensores

Los sensores o indicadores de los equipos deben ser identificables fácilmente o deben ser colocados en donde sean visibles y etiquetarlos para saber que tipo de sensor es y cual es la función que desempeña, esto ayuda a que al encargado de realizar el mantenimiento no se le dificulte localizarlo o no lo pase por alto, en muchos casos el mantenimiento no se realiza de forma correcta debido a que el operador desconoce cuales son los sensores o se le dificulta demasiado localizarlo o inspeccionarlo. En el caso de los generadores se propone colocar y/o habilitar los indicadores y colocar diagramas o fotografías en estas áreas de manera que el operador sepa cuales son y pueda identificarlos. **Ver figura 35.**

**Figura 35. Identificación de sensores e indicadores**



**Fuente: Catalogo de indicadores de motores caterpillar**

### 4.5.3 Identificación de sensores defectuosos

Un sensor defectuoso es un peligro potencial para el equipo ya que este puede estar operando de manera incorrecta y por consiguiente fallar, al momento de detectar que un sensor está defectuoso y no es posible cambiarlo, se debe colocar una etiqueta en donde se indique que el sensor no funciona y que debe ser reemplazado a la mayor brevedad al momento de obtener uno nuevo, con esto estaríamos previniendo una falla en un futuro. Esta etiqueta debe ser de un color llamativo para que sea visible fácilmente (los colores mas comúnmente usados son el rojo y el amarillo fluorescente), y contener la información necesaria dando una advertencia o indicando el tipo de falla, además también debe incluir el nombre de la persona que la colocó, en algunos casos puede colocarse un candado para que el dispositivo no pueda ser accionado por accidente y causar una avería al equipo o lastimar al operador. Ver figura 36.

**Figura 36. Modelos de etiquetas para identificación de sensores equipo defectuoso**



Fuente: Página web etiquetas de seguridad industrial

#### **4.5.4 Cambio / reparación de sensores defectuosos**

Como se mencionó anteriormente, si un sensor está defectuoso se debe proceder a cambiarlo o repararlo, esto dependerá como ya se ha dicho, de la posibilidad de repararse, o de adquirir uno nuevo. Esta decisión debe tomarse con base a costo y expectativa de duración del mismo ya que pudiera ser que por su costo muy elevado sea muy difícil adquirir uno nuevo y se tenga que repararlo, o que tan confiable será este sensor si se repara. Muchos de los sensores de los equipos no pueden ser reparados ya que son electrónicos y requerirían de personal altamente calificado para realizar la reparación, o no existe repuesto en el mercado para repararlos.

#### **4.5.5 Pruebas de funcionamiento de las protecciones**

Si la operación lo permite, puede realizarse pruebas a los equipos para determinar si funcionan los dispositivos de protección de los mismos, como se dijo anteriormente, estas protecciones pueden ser sensores, contactores, flipones u otro dispositivo. Esto dará cierta seguridad de que todos los equipos están protegidos contra alguna avería y que si se llega a presentar una, ésta sea lo mas leve posible y afecte en lo mas mínimo al equipo.

#### **4.6 Programación de servicios**

Para aprovechar el tiempo y el personal disponible para los servicios de mantenimiento, se debe realizar una programación (**ver figura 37**) y trabajar con base a ésta y poder cubrir todas las tareas de mantenimiento de todo el equipo a nuestro cargo. De aquí que nosotros podamos cumplir con las tareas requeridas y poder cubrir aquellas eventualidades que pudieran presentarse.

#### **4.6.1 Programación cronológica de servicio menor de generadores**

##### **Servicio Menor**

##### **a) Servicio menor**

Se le denominará servicio menor al servicio de 150 horas o mantenimiento semanal ya que este lapso de tiempo se cumple en una semana debido a que los generadores operan de forma continua las 24 horas del día.

Según el fabricante se debe realizar el servicio menor a los generadores cada 250 horas de operación bajo condiciones normales, es decir, en un ambiente libre de impurezas en el aire, a temperaturas ambiente, usando combustibles con bajo porcentaje de azufre, etc. Los generadores operan en ambientes con presencia de gases corrosivos los cuales pueden acelerar el deterioro de las partes tanto internas como externas de los generadores, esto hace que sea necesario acortar el tiempo del servicio menor.

Otra de las razones por las que se realiza el servicio a las 150 horas es que estos generadores consumen mezcla de combustible, es decir, el combustible contiene un contenido de 1.5 % de azufre en promedio, lo cual es el máximo recomendado para utilizar en estos motores; el contenido promedio de azufre en el diesel comercial es de aproximadamente 0.5 % de azufre. En conclusión la mezcla que se utiliza en estos motores contiene 3 veces más el porcentaje de azufre que el diesel comercial o diesel limpio.



El azufre provoca que formen incrustaciones de carbón dentro del motor y disminuya su vida útil, además también puede formar ácido sulfúrico dentro del motor y como todos sabemos este ácido es altamente corrosivo y aceleraría el desgaste de ciertos componentes internos del motor tales como anillos, válvulas y camisas entre otros.

Podríamos enumerar muchas de las razones por las cuales el tiempo del servicio menor se disminuye, pero la razón principal es debido al contenido de azufre de la mezcla.

#### **b) Actividades del servicio menor**

Las actividades del servicio menor de los generadores se detallan a continuación:

- Inspección visual del sistema eléctrico
- Revisar nivel de electrolito de batería
- Cambiar aceite y filtros de aceite
- Cambiar de filtro de aire
- Cambiar filtros de combustible
- Limpiar trampa de agua
- Limpiar respiradero del cárter
- Realizar mediciones eléctricas en baterías
- Inspeccionar aditivo del refrigerante
- Revisar fajas mangueras y abrazaderas
- Revisar guardas y tornillos del ventilador
- Revisar y engrasar polea del ventilador
- Limpieza completa del exterior del radiador
- Inspeccionar aftercooler

Las actividades listadas anteriormente fueron tomadas de los manuales de operación y mantenimiento de los motores de los generadores y se adicionaron actividades que se consideran necesarias debido a las condiciones de operación y el ambiente circundante, estas modificaciones se hicieron en base a la experiencia del personal de mantenimiento de manera de que estas fueran lo mas apegado a la realidad posible.

**c) Tiempo estimado:**

El tiempo estimado para este tipo de servicio es de 25 a 30 minutos por cada generador, asumiendo que se cuenta con todos los elementos a cambiar y los lubricantes a utilizar.

Se debe tomar en cuenta también que estos generadores por operar en paralelo debe reducirse la carga eléctrica de la planta de forma gradual para poder dejar operando un solo generador y que pueda soportar la carga, de aquí se deriva de que depende del tiempo que se tome para disminuir la carga o de incrementarla, así será la rapidez para poder normalizar la operación de la planta.

Otro aspecto que debe ser tomado en cuenta es que estos generadores para poder ser apagados deben operar en vacío por un tiempo de 3 a 5 minutos con el fin de que la temperatura del motor disminuya y los turbocargadores que giran a altas revoluciones puedan disminuir su velocidad de manera que los cojinetes de los mismos no sufran daños por paradas repentinas.

Por ser necesario apagar equipo de la planta para disminuir la carga total, es recomendable que el servicio menor de los generadores se realice un día en específico, de esta forma tanto el personal de mantenimiento como el de operaciones sabrá cuando se hará el servicio menor.

**Figura 37. Cuadro de programación de servicio menor a generadores**

PERENCO GUATEMALA LIMITED						
REFINERIA LIBERTAD						
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES						
						
<b><u>PROGRAMACION DE SERVICIO MENOR A GENERADORES</u></b>						
<b>MES / FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>FORMATO A LLENAR</b>	<b>GEN. 1</b>	<b>GEN. 2</b>	<b>GEN.3</b>	<b>MECANICO</b>
<b><u>JUNIO</u></b>						
22	MARTES	QUINCENAL	-	X	X	J.M
29	MARTES	SEMANAL	-	X	X	J.M
<b><u>JULIO</u></b>						
7	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	C.M
14	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	C.M
21	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	C.M
28	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	C.M
<b><u>AGOSTO</u></b>						
4	MIERCOLES	QUINCENAL	X	X	X	J.M
11	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	J.M
18	MIERCOLES	QUINCENAL	X	X	X	J.M
25	MIERCOLES	SEMANAL	X	X	X	C.M
<b><u>SEPTIEMBRE</u></b>						
1	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	C.M
8	MIERCOLES	SEMANAL	X	-	X	J.M
15	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	C.M
22	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	C.M
29	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	J.M
<b><u>OCTUBRE</u></b>						
6	MIERCOLES	SEMANAL	X	-		C.M
13	MIERCOLES	QUINCENAL	X	X	-	C.M
20	MIERCOLES	SEMANAL	X	X	-	J.M
27	MIERCOLES	QUINCENAL	X	X	-	J.M
<b><u>NOVIEMBRE</u></b>						
3	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	C.M
10	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	J.M
17	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	J.M
24	MIERCOLES	QUINCENAL	X	X	-	C.M
<b><u>DICIEMBRE</u></b>						
1	MIERCOLES	SEMANAL	X	-	X	J.M
8	MIERCOLES	QUINCENAL	X	X	X	C.M
15	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	C.M
22	MIERCOLES	QUINCENAL	-	X	X	J.M
29	MIERCOLES	SEMANAL	-	X	X	C.M

#### 4.6.2 Programación de secuencia de operación de generadores

La secuencia de operación de generadores debe planificarse tomando en cuenta que debemos mantener una distancia entre los horómetros para evitar que estos alcancen el tiempo requerido para una reparación al mismo tiempo. En base a esto, se debe programar una secuencia de operación para decidir cuál de los tres generadores quedará en stand by, y cuales entran en operación. **Ver figura 38.**

**Figura 38. Cuadro de secuencia de operación de generadores**

PERENCO GUATEMALA LIMITED REFINERIA LIBERTAD DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES					
<b>SECUENCIA DE CAMBIO DE GENERADORES</b>					
<b>MES / FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>ENTRA</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>GEN. 1</b>	<b>GEN. 2</b>	<b>GEN.3</b>	
<b>JULIO</b>					
14	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
21	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
28	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
<b>AGOSTO</b>					
4	MIERCOLES	X	-	X	
11	MIERCOLES	-	X	X	
18	MIERCOLES	-	X	X	
25	MIERCOLES	-	X	X	
<b>SEPTIEMBRE</b>					
1	MIERCOLES	X	-	X	
8	MIERCOLES	-	X	X	
15	MIERCOLES	X	-	X	
22	MIERCOLES	-	X	X	
29	MIERCOLES	X	-	X	
<b>OCTUBRE</b>					
6	MIERCOLES	X	X	-	
13	MIERCOLES	-	X	X	
20	MIERCOLES	X	-	X	
27	MIERCOLES	X	X	-	
<b>NOVIEMBRE</b>					
3	MIERCOLES	-	X	X	
10	MIERCOLES	X	-	X	
17	MIERCOLES	X	X	-	
24	MIERCOLES	-	X	X	
<b>DICIEMBRE</b>					
1	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
8	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
15	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
22	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION
29	MIERCOLES	-	X	X	GEN. 1 EN REPARACION



### **4.6.3 Programación de servicios mayores de generadores**

El servicio mayor deberá programarse con anticipación y realizar todos los preparativos para la misma de manera que debemos elaborar un listado de los repuestos que se requerirán y elaborar las ordenes de compra respectivas, dependiendo del tipo de servicio mayor, ya se medio overhaul u overhaul completo, así será también el tiempo requerido por lo que debe de saberse el tiempo promedio para cada tipo de servicio y en base a esto realizar la programación. Debido a que la secuencia de operación de los generadores es intermitente, no se puede determinar con exactitud el tiempo promedio entre servicios ya que en ocasiones se debe operar los generadores de forma aleatoria. La mejor forma para saber este tiempo es basándose principalmente en el control de horómetros ya que este control lleva en cuenta regresiva los horómetros para el servicio de 5000 horas (medio overhaul) y servicio de 10000 horas (overhaul completo) Y realizar la orden de compra de repuestos cuando falten como mínimo 1000 horas de operación.

Los dos tipos de servicio mayor son los siguientes:

#### **➤ Top End Overhaul**

Este servicio se le llama también servicio de 5000 horas ya que se realiza cuando el motor ha alcanzado las 5000 horas de operación y es necesario reparar los componentes de la parte de arriba del motor (Top End).

Las partes del motor que deben ser reparadas a las 5000 horas son las siguientes:

- Culatas
- Turbos

- Bomba de inyección
- Líneas de combustible
- Otros

En este caso no se puede dar una lista detallada de cada una de las piezas ya que dependiendo de cuales han sido las condiciones de operación del motor se deberá también reparar algunas otras partes del motor que regularmente se reparan a un lapso de tiempo mayor.

Un ejemplo claro de esta situación es cuando el motor ha sufrido sobrecargas, lo cual provoca un torque muy alto y la película de aceite sobre la cual gira el cigüeñal del motor se rompe y haya contacto directo del cigüeñal y las tejas (cojinetes de deslizamiento) y esta fricción provoque ralladuras de las tejas o que el torque producido haga que se rompa una biela.

Es por esto que en base al historial del generador el supervisor de mantenimiento debe decidir conjuntamente con los mecánicos si es necesario realizar una inspección de estos componentes para determinar si pueden continuar hasta el próximo servicio mayor, de lo contrario es casi seguro que este motor no llegará al siguiente servicio programado.

Este tipo de servicios requieren que se programen con anticipación ya que se debe realizar una requisición de repuestos con anticipación y enviarla a gerencia para que ésta sea aprobada, luego de esto se debe contactar al proveedor para que el tiempo de entrega sea de acuerdo a la programación y poder contar con los repuestos al momento de llegar a la fecha programada.

### ➤ **Opciones de compra de repuestos**

Una opción para que el costo de la reparación del motor no sea muy elevado es adquirir componentes remanufacturados (Programa Reman) los cuales están garantizados por el fabricante y tienen un precio menor a que si se estuviera comprando un componente nuevo, en los manuales de partes de los motores de los generadores se puede localizar aquellos componentes que están disponibles remanufacturados y generalmente junto al código de la pieza aparece una letra "R" lo cual significa que también está disponible remanufacturada.

Este programa funciona de esta manera: se quitan las piezas que se van a cambiar y se envían al distribuidor Caterpillar en donde las piezas entran en calidad de depósito y ellos envían una pieza remanufacturada con garantía de fábrica. Este programa es una buena opción para disminuir costos y permite obtener los repuestos en un tiempo menor.

### ➤ **Tiempo estimado**

El tiempo promedio estimado para realizar este tipo de servicio es de una semana suponiendo que se cuenta con todos los repuestos y que no se realizará una revisión completa del motor para determinar si hay otros componentes dañados; en el caso de ser necesario una inspección del motor completo, este tiempo puede prolongarse hasta varias semanas ya que probablemente no se ha incluido en el listado de repuestos algún componente que resulte dañado y haya demora por falta de repuestos. Esta situación debe analizarse al momento de realizar la requisición de compra de repuestos para evitar que esto suceda.

### ➤ **Overhaul completo**

Este servicio se realiza cada 10000 horas de operación y como su nombre lo indica se le realiza una reparación completa al motor por lo que el costo de la reparación es bastante alto.

Algunas de las partes principales que se deben reparar o cambiar son las siguientes:

- Culatas
- Pistones
- Bielas
- Cilindros
- Anillos
- Turbocargadores
- Bomba de inyección
- Tejas centrales y de biela
- Válvulas
- Líneas de combustible
- Posenfriador
- Líneas de agua del sistema de enfriamiento
- Otros

Al igual que en el servicio de 5000 horas no se puede dar una lista específica de partes ya que algunas veces debe cambiarse algunos accesorios de costo relativamente menor además de la tortillería y kits de empaques. Este servicio representa un costo bastante elevado por lo que también puede recurrirse al programa reman para disminuir costos y realizar la programación del servicio con anticipación así como la requisición de repuestos.



### ➤ **Tiempo estimado**

Por ser una reparación mayor se requiere que el generador sea desmontado del área de generadores y sea trasladado hacia el taller mecánico para que este sea desarmado completamente.

El tiempo estimado para realizar este tipo de servicio es de 3 semanas de trabajo continuo, asumiendo que se cuenta con todos los repuestos y con el personal necesario para que no haya demoras.

#### **4.6.4 Programación de mantenimiento de calderas**

La programación del mantenimiento de calderas se realizará de la siguiente forma:

- Inspección diaria
- Inspección semanal
- Inspección mensual
- Inspección anual

#### **4.6.5 Programación de mantenimiento de compresores**

El mantenimiento de los compresores se realizará de forma diaria, semanal, mensual y semestral para lo cual se elaboraron los formatos de check list para compresores para cada mantenimiento de los mismos.

#### 4.6.6 Programación de mantenimiento de vehículos

El mantenimiento de vehículos se hará tomando como base un kilometraje estándar de 3000 Km. y lo realizará el personal de mantenimiento en las instalaciones del taller mecánico. Cada vez que se realice un servicio menor a un vehículo se deberá llenar un formato de check list en donde se indique cada uno de los componentes que debe reemplazarse y de aquellos otros que deberán inspeccionarse.

En este formato van incluidos los datos del vehículo así como el kilometraje del vehículo y el kilometraje para el próximo servicio. **Ver figura 39.**

**Figura 39. Formato de check list de mantenimiento de vehículos**

<p>PERENCO GUATEMALA LIMITED REFINERIA LIBERTAD DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</p>																													
<p><b>CHECK LIST</b> <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO 3000 KM</b></p>																													
<b><u>VEHÍCULOS</u></b>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>TIPO DE VEHICULO:</b></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>MARCA:</b></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>COLOR:</b></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>PLACAS:</b></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>KMS RECORRIDOS:</b></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>KMS PROXIMO SERVICIO:</b></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>			<b>TIPO DE VEHICULO:</b>			<b>MARCA:</b>			<b>COLOR:</b>			<b>PLACAS:</b>			<b>KMS RECORRIDOS:</b>			<b>KMS PROXIMO SERVICIO:</b>											
<b>TIPO DE VEHICULO:</b>																													
<b>MARCA:</b>																													
<b>COLOR:</b>																													
<b>PLACAS:</b>																													
<b>KMS RECORRIDOS:</b>																													
<b>KMS PROXIMO SERVICIO:</b>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">1</td> <td style="width: 85%;">Cambio de Aceite de motor</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Cambio de Filtro de Aceite</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Cambio / Limpieza de Filtro de Aire</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Cambio de Filtro de Combustible</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Cambio de Aceite de sistema de dirección hidráulica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Revisión de Niveles de Aceite de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Revisión de tensión en fajas del ventilador y alternador</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Revisión de Nivel de Refrigerante del motor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Revisar Faja de Tiempo</td> <td></td> </tr> </table>			1	Cambio de Aceite de motor		2	Cambio de Filtro de Aceite		3	Cambio / Limpieza de Filtro de Aire		4	Cambio de Filtro de Combustible		5	Cambio de Aceite de sistema de dirección hidráulica		6	Revisión de Niveles de Aceite de Transmisión		7	Revisión de tensión en fajas del ventilador y alternador		8	Revisión de Nivel de Refrigerante del motor		9	Revisar Faja de Tiempo	
1	Cambio de Aceite de motor																												
2	Cambio de Filtro de Aceite																												
3	Cambio / Limpieza de Filtro de Aire																												
4	Cambio de Filtro de Combustible																												
5	Cambio de Aceite de sistema de dirección hidráulica																												
6	Revisión de Niveles de Aceite de Transmisión																												
7	Revisión de tensión en fajas del ventilador y alternador																												
8	Revisión de Nivel de Refrigerante del motor																												
9	Revisar Faja de Tiempo																												
<p>OBSERVACIONES: _____</p> <p>_____</p>																													
<p>REALIZADO POR: _____ FIRMA: _____</p> <p>FECHA: _____</p>																													

- **Programación de mantenimiento de montacargas**

Al igual que con los vehículos de la refinería, se llevará un registro del mantenimiento del montacargas por medio de formatos de check list que deberán llenar los operadores según sea la frecuencia requerida en cada uno de los formatos.


El monitoreo se hará por medio de un check list diario que el operador deberá llenar antes de operar el montacargas y deberá ser entregado al supervisor de mantenimiento al final del día para que éste sea archivado, adicionalmente a esto se deberá llenar un formato de check list cada vez que se realice el servicio menor o de 300 horas.

Es importante mencionar que el uso del montacargas queda limitado a aquellas personas que tienen los conocimientos necesarios para operarlos y que estén autorizados para hacerlo.

Debido a que este es un vehículo para levantar objetos pesados y que tiene uniones flexibles, se debe mantener una lubricación permanente, y las mangueras del sistema hidráulico deben estar en óptimas condiciones para evitar que haya fugas de aceite o se pueda romper y causar daño al equipo o al operador de mismo. **Ver figuras 40 y 41.**

**Figura 40. Formato de check list diario montacargas**

*PERENCO GUATEMALA LIMITED*  
*REFINERIA LIBERTAD*  
*DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO*



**CHECK LIST**  
**MINI CARGADOR CASE 1845C**  
**DIARIAMENTE**  
**ANTES DE OPERAR EL MONTA CARGA:**

1	Limpia y engrasa pivotes para brazo de elevación y cuchara	
2	Engrasa cuñas para el acoplador	
3	Limpia enfriador de aceite hidráulico	
4	Verifica nivel de aceite del motor	
5	Verifica nivel de depósito del fluido hidráulico	
6	Verifica nivel del depósito del refrigerante del motor	
7	Verifica prefiltro para el filtro de aire	
8	Verifica válvula para absorción de polvo del filtro de aire	
9	Verificación visual del área del motor	
10	Verifica Nivel de Combustible	

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

**Figura 41. Formato de check list 300 horas montacargas**

*PERENCO GUATEMALA LIMITED*  
*REFINERIA LIBERTAD*  
*DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO*



**CHECK LIST**  
**SERVICIO 300 HORAS**  
**MINI CARGADOR CASE 1845C**

1	Cambio de aceite de motor	
2	Cambio de filtro de aceite del motor	
3	Cambio de filtro de combustible	
4	Engrasar pivotes del cerrojo del acoplador Case	
5	Engrasar pivote del eje de cruceta del cargador	
6	Engrasar rodamientos del grupo de engranajes	
7	Engrasar rodamientos del eje	
8	Engrasar eje de la cruceta de dirección	
9	Verificar nivel de electrolito de la batería	
10	Verificar nivel de refrigerante del radiador	
11	Verificar tensión de la cadena de transmisión	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
FECHA: \_\_\_\_\_

## **4.7 Procedimientos**

Los procedimientos son parte fundamental de un programa de mantenimiento ya aseguran que todo el personal esté enterado de la forma como se realizaran los servicios y proporcionan toda la información necesaria.

Estos se redactaron de manera que sea fácil de entenderlos y de que la información que contengan sea breve y precisa; los procedimientos deberán revisarse por lo menos cada 6 meses para que estén actualizados con el equipo que se tiene y anotar todas las modificaciones que haya sufrido el equipo o las condiciones de operación de los mismos.

### **4.7.1 Procedimiento de nivelación de aceite de motores**

Esta procedimiento indica las actividades a realizarse en las ocasiones en que se deba nivelar el aceite de los motores de los generadores los cuales casi siempre están en operación y solo salen de operación por períodos cortos cuando se les debe realizar un servicio menor o en este caso una nivelación de aceite lubricante. **Ver figura 42.**

**Figura 42. Procedimiento de nivelación de aceite a generadores**

<b>Título: PROCEDIMIENTO DE NIVELACION DE ACEITE A GENERADORES</b>		Departamento: <b>Refinería</b>
		Revisión No. Fecha: <b>Nov /04</b>
<b>Procedimiento detallado:</b>		
<p><b>INTRODUCCIÓN:</b>                  El presente procedimiento detalla las actividades a realizar en el momento de revisar niveles de aceite de los generadores de manera que el operador sepa la manera correcta de realizar las lecturas y nivelaciones de aceite y así evitar la posibilidad de una confusión y pensar que los generadores estén consumiendo aceite cuando en realidad no sea así. Si se opera el motor con el nivel de aceite por encima de la marca “LLENO” o “FULL” puede hacer que el cigüeñal se moje de aceite. Las burbujas de aire creadas al mojarse el cigüeñal reducen las características de lubricación del aceite y pueden producir una pérdida de potencia.</p> <p><b>ALCANCE:</b>                  El presente es de aplicación para los mecánicos encargados del mantenimiento de los motores de los generadores</p> <p><b>1. PROCEDIMIENTO :</b>                  Esta actividad puede realizarse de dos maneras siendo las siguientes:</p> <p><b>Caso 1. Estando el motor parado</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sacar la varilla de medición de aceite teniendo cuidado de leer sobre el lado donde aparece grabado ENGINE STOPPED. Ubicar la marca que deja el aceite, ésta debe estar dentro del área delimitada por las letras L que significa Bajo y la letra F que significa Full o lleno.</li> <li>2. Si es necesario agregar el aceite faltante cuidando de que no se pase de la cantidad deseada, esperar unos minutos para que el aceite baje para luego repetir el paso 1.</li> <li>3. Poner en marcha el motor</li> </ol> <p><b>Caso 2. Con el motor funcionando a bajas revoluciones</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sacar la varilla de medición de aceite teniendo cuidado de leer sobre el lado donde aparece grabado LOW IDLE Ubicar la marca que deja el aceite, ésta debe estar dentro del área delimitada por las letras L que significa Bajo y la letra F que significa Full o lleno</li> <li>2. Si es necesario agregar el aceite faltante cuidando de que no se pase de la cantidad deseada, esperar unos minutos para que el aceite baje para luego repetir el paso 1.</li> <li>3. Poner en marcha el motor</li> </ol>		
Revisado y aprobado por: nombre y firma		Título
Original firmado por:		Fecha
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		

#### 4.7.2 Procedimiento de servicio menor a motores

El procedimiento de servicio menor a motores indica a los mecánicos o a la persona que realizará el servicio, el procedimiento correcto para realizarlo de forma adecuada y de forma rápida y sencilla. **Ver figura 43.**

**Figura 43. Procedimiento de servicio menor a generadores**

<b>Título:</b> PROCEDIMIENTO DE SERVICIO MENOR A GENERADORES	<b>Departamento:</b> Refinería
	<b>Revisión No.</b>
	<b>Fecha:</b> Nov /04
<b>Procedimiento detallado:</b>	
<b>INTRODUCCIÓN :</b> El presente procedimiento detalla todas aquellas actividades que deben realizarse al momento de realizar el servicio menor a los generadores tomando en cuenta que este debe llevarse a cabo en un tiempo determinado que minimice el paro de ciertos equipos	
<b>PROCEDIMIENTO :</b> Luego que el departamento de producción ha terminado de bajar carga (REF. OPS 0018), el electricista da el visto bueno para que el generador pueda apagarse para realizar el servicio menor al generador para lo cual se procede de la siguiente manera:	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Poner el Switch de encendido/apagado en el panel del generador en la posición COLDDOWN STOP para que este pueda enfriarse lo suficiente y el apagado pueda efectuarse de manera segura.</li><li>2. Luego que el motor se apaga, poner el switch en la posición de OFF / RESET, bajar el flipon del generador, bloquear las líneas de combustible y sistema eléctrico (desconectando baterías o bloqueando el switch del sistema eléctrico)</li><li>3. Proceder a extraer el aceite usado del motor ya sea abriendo la llave de salida de la aceitera o accionando la bomba de drenado de aceite cuidando que éste no se derrame y desecharlo en el drenaje de la fosa API</li></ol>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><b>Nota: Antes de extraer el aceite del motor, tomar una muestra para el Análisis Periódico de Aceite y enviarla a bodega para su posterior envío a Gentrac</b></div>	
<ol style="list-style-type: none"><li>4. Reemplazar los filtros de aire</li><li>5. Limpiar la tasa de la trampa de agua y cambiar el filtro separador de agua cuando se considere necesario</li><li>6. Quitar los filtros de combustible, vaciar el combustible en un recipiente antes de desecharlos y colocar filtros nuevos en su lugar</li><li>7. Quitar los filtros de aceite teniendo cuidado de que el aceite que se encuentra dentro de los filtros no se derrame, vaciando el aceite de éstos en un recipiente para su posterior desecho en el drenaje del API. Colocando en su lugar filtros nuevos.</li><li>8. Agregar aceite nuevo de acuerdo a la capacidad del motor</li><li>9. Limpiar el respiradero del cárter</li><li>10. Inspeccionar el posenfriador (After Cooler)</li><li>11. Inspeccionar tensión en fajas del ventilador</li></ol>	
<b>Manual de Procedimientos</b>	<b>1/2</b>



12. Engrasar polea del ventilador
13. Revisar nivel de electrolito de la batería
14. Revisar nivelar nivel de refrigerante del motor
15. Inspeccionar / limpiar dispositivos de parada de emergencia (si amerita)
16. Lavado del radiador (Si amerita)
17. Limpiar el área y el exterior del generador por manchas de aceite y/o combustible
18. Verificar que el nivel de aceite este correcto
19. Abrir las líneas de combustible y accionar la bomba de cebado
20. Conectar las baterías del generador
21. Arrancar el generador y hacer una inspección visual alrededor del generador en búsqueda de fugas y dejarlo arrancado de tres a cinco minutos y luego avisar al electricista que el generador ya está en condiciones de operación nuevamente.

**Nota: Usar equipo de protección personal que debe incluir principalmente anteojos, guantes y orejeras.**

Revisado y aprobado por: nombre y firma	Título	Fecha
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		

### 4.7.3 Procedimiento de arranque y apagado de generadores en condiciones normales

En este formato se presenta el procedimiento correcto para encender o apagar los motores de los generadores para su operación normal. **Ver figura 44.**

**Figura 44. Procedimiento de encendido y apagado de generadores en condiciones normales**

<b>Título: PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO / APAGADO DE GENERADORES EN SITUACIONES NORMALES</b>	Departamento: <b>Refinería</b>  Revisión No. <b>1</b> Fecha: <b>Agosto/04</b>	
Procedimiento detallado:		
<p><b>PROCEDIMIENTO :</b></p> <p>Antes de proceder al arranque o apagado de un generador en condiciones normales se deben realizar los siguientes pasos para la operación correcta del mismo.</p> <p><b>Para encender el generador:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conectar el switch de corriente de las baterías</li> <li>2. Verificar la carga de las baterías</li> <li>3. Observar el nivel de refrigerante del motor</li> <li>4. Revisar el nivel de aceite del motor</li> <li>5. Revisar tensión en fajas del ventilador</li> <li>6. Abrir válvulas de combustible</li> <li>7. Girar el switch de encendido hacia la posición START</li> </ol> <p><b>Nota: en caso de que el generador no arranque, regresar al paso 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Dejar en operación el generador a baja carga durante 5 minutos y luego conectarlo al sistema</li> </ol> <p><b>Para apagar el generador:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sacar del sistema el generador</li> <li>2. Girar el switch a la posición COLD DOWN STOP y esperar durante 10 minutos para que el motor se enfríe y disminuya revoluciones</li> <li>3. Girar el switch a la posición STOP/RESET</li> <li>4. Bloquear las entradas de combustible</li> <li>5. Desconectar el switch de corriente de las baterías.</li> </ol>		
Revisado y aprobado por: nombre y firma	Título	Fecha
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		

#### 4.7.4 Procedimiento de encendido / apagado de generadores en situaciones de emergencia

Este procedimiento indica los pasos a seguir para el encendido o apagado de los motores de los generadores en situaciones donde deba pararse el equipo bruscamente por alguna falla o imprevisto.

**Figura 45. Procedimiento de encendido / apagado de generadores en situaciones de emergencia**

Título: <b>PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO / APAGADO DE GENERADORES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA</b>	Departamento: <b>Refinería</b>  Revisión No. <b>1</b> Fecha: <b>Agosto/04</b>	
Procedimiento detallado: <b>PROCEDIMIENTO :</b> Antes de proceder al arranque o apagado de un generador en condiciones de emergencia se deben realizar los siguientes pasos para la operación correcta del mismo.  <b>Para encender el generador:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Conectar el switch de corriente de las baterías</li> <li>2 Abrir válvulas de combustible</li> <li>3 Girar el switch de encendido hacia la posición START</li> </ol> <p><b>Nota: en caso de que el generador no arranque, regresar al paso 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4 Conectarlo al sistema</li> </ol> <b>5 Para apagar el generador:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Pulsar el interruptor de parada de emergencia en forma de hongo en el panel del generador</li> <li>2 Girar el switch a la posición STOP/RESET</li> <li>3 Bloquear las entradas de combustible</li> <li>4 Desconectar el switch de corriente de las baterías.</li> </ol>		
Revisado y aprobado por: nombre y firma	Título	Fecha
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		

#### 4.7.5 Procedimiento para cambio de generadores.

Este procedimiento indica a los electricistas los pasos a realizar en la operación de generadores cuando se debe sacar del paralelismo un generador para realizarle el servicio menor. **Ver figura 46.**

**Figura 46. Procedimiento para cambio de generadores**

Título: <b>CAMBIO DE GENERADORES</b>	Departamento: <b>Refinería</b> Revisión No. <b>1</b> Fecha: <b>Agosto/04</b>
<p>Procedimiento detallado:</p> <p><b>PROCEDIMIENTO :</b></p> <p>Cuando se tiene que hacer servicio a los generadores nos quedamos operando la planta solamente con uno y para el efecto debe seguirse los siguientes pasos para disminuir carga:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Bajar la carga de crudo procesando.</li><li>2. Arrancar la bomba acoplada al motor Perkins.</li><li>3. Operar con un solo ventilador de Air Cooler.</li><li>4. Parar los despachos tanto de asfaltos como de livianos.</li><li>5. Parar las bombas booster de la estación El Nance.</li><li>6. Parar las bombas del wetland y el aireador.</li><li>7. No usar las bombas de agua del API si no es necesario.</li><li>8. Parar la recirculación de tanques de asfalto, si la hay, y todo el sistema de calentamiento que incluye bombas y quemadores de homos C-103, C-104, C-105 y C-107.</li><li>9. Apagar la báscula.</li></ol> <p>La báscula debe ser apagada, antes de cortar la corriente para evitar que ésta se descalibre en el caso de que la energía almacenada en la UPS no sea suficiente para cubrir el tiempo estimado para el cambio de generadores</p> <p>10. Cortar la corriente al campamento desde el panel ubicado a la par del módulo A.</p>	

Poner en servicio las bombas acopladas a los motores mas pequeños en las torres de la planta de asfalto.

Si aun con las reducciones de consumo anteriores el amperaje del generador que se queda en servicio sigue alto (>500 amp), cortar la corriente a los desalinadores cortando previamente la inyección de agua de lavado de sales. En este caso acordarse de bloquear la FCV-109 de agua a los desalinadores para no contaminar el tanque 21 con crudo. También recordarse de incrementar la inyección de soda cáustica.

Los pasos descritos anteriormente para disminuir carga antes de sacar de línea un generador deben de realizarse en secuencia ya que de lo contrario un cambio brusco podría desbalancear las cargas de los generadores. Luego de que se ha ingresado de nuevo el generador al que se le realizó servicio, el electricista da la orden para que se empiece a aumentar carga siguiendo los pasos descritos anteriormente pero en sentido inverso.

Revisado y aprobado por: nombre y firma	Título	Fecha
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		
Original firmado por:		

#### 4.7.6 Procedimiento de cambio de refrigerante de generadores

Cuando el nivel de refrigerante de los generadores baje a un nivel mínimo se deberá proceder a agregarle refrigerante para obtener el nivel deseado para lo cual se redactó el procedimiento de cambio de refrigerante. **Ver figura 47.**

**Figura 47. Procedimiento de cambio de refrigerante de generadores**

<b>Título: PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE REFRIGERANTE A GENERADORES</b>		<b>Departamento: Refinería</b>
		<b>Revisión No.</b> <b>Fecha: Nov /04</b>
<b>Procedimiento detallado:</b>		
<p><b>INTRODUCCIÓN:</b>  El presente procedimiento detalla las actividades a realizar en el momento de realizar el cambio de refrigerante de los motores de los generadores luego de que este ha llegado al final de su vida útil</p> <p><b>ALCANCE:</b>  El presente es de aplicación para los mecánicos encargados del mantenimiento de los motores de los generadores</p> <p><b>1. PROCEDIMIENTO :</b></p> <p><b>Estando el motor parado:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quitar el tapón del radiador</li> <li>2. Abrir la llave del drene del radiador del motor teniendo cuidado de colocar un recipiente para que el refrigerante usado no se derrame en el piso y esperar hasta que el radiador haya quedado completamente vacío</li> <li>3. cerrar la válvula del drene del radiador del motor asegurándose de que esta quede bien cerrada y no presente fugas</li> <li>4. Agregar el refrigerante diluido en agua en una proporción de 50% de agua y 50% de refrigerante. En la mayoría de los casos este refrigerante ya viene diluido de fabrica y no necesita diluirse para realizar la mezcla</li> <li>5. Llenar el radiador cuidando que quede un espacio vacío en la parte superior del mismo, aproximadamente 3 pulgadas para que al expandirse el fluido no se derrame</li> <li>6. Asegurarse de que no haya fuga en ninguna de las conexiones de las mangueras del radiador hacia el motor</li> <li>7. Colocar el tapón del radiador</li> <li>8. Encender el motor y revisar por posibles fugas hasta estar completamente seguro de que no existen.</li> </ol>		
<b>Revisado y aprobado por: nombre y firma</b>		<b>Título</b>
<b>Original firmado por:</b>		<b>Fecha</b>
<b>Original firmado por:</b>		
<b>Original firmado por:</b>		
<b>Original firmado por:</b>		
<b>Original firmado por:</b>		

## **4.8 Administración del programa**

La administración del programa estará a cargo del supervisor de mantenimiento quien debe llevar el seguimiento del programa y velar por la implementación de los métodos y técnicas a utilizar para el desarrollo del programa. Si no hay interés de parte de la administración para que el programa se desarrolle, es casi seguro que no podrá implementarse, ya que se debe manejar la resistencia al cambio del personal quienes verán al programa como una herramienta para ponerles más trabajo del que ya tienen, es por esto que la parte administrativa juega un papel importante.

### **4.8.1 Designación de personal responsable de operaciones de mantenimiento**

Dependiendo del equipo que se tenga se debe asignar al personal responsable del mantenimiento de los equipos, es decir, si se trata de motores de combustión interna, el personal designado deberán ser los mecánicos diesel quienes tendrán que estar enterados de la nueva metodología del mantenimiento y la recopilación de información, igualmente con los electricistas y mecánicos industriales quienes tienen a su cargo el mantenimiento de el equipo eléctrico y de instrumentación y el mantenimiento de bombas respectivamente.

#### 4.8.2 Capacitación del personal

La capacitación del personal es vital para todas las empresas ya que deben tener personal calificado para realizar las tareas de mantenimiento de ciertos equipos. Esto se puede hacer de muchas formas tales como la creación de talleres de capacitación, congresos o mediante la contratación de una empresa de consultoría para que imparta un curso sobre un tema específico. Actualmente existen muchas casas distribuidoras de equipo quienes brindan cursos de capacitación a los empleados de sus clientes y al público en general.

- **Programación de la capacitación**

Las charlas se darán por separado en diferentes fechas las cuales deberán ser aprobadas por la gerencia de manera que todos los operadores, mecánicos, electricistas y ayudantes puedan asistir a ellas. Estas charlas deben impartirse en un salón de conferencias u otro lugar designado en donde se pueda contar con la ayuda de elementos audiovisuales y éstas sean bien asimiladas.

**Figura 48. Plan de capacitación propuesto**

Puesto	Actividad	Fecha	Impartido por
Mecánicos, electricistas, soldadores	Charla sobre seguridad industrial: uso de equipo de protección personal	09/10/04	Luis Gil
Mecánicos, electricistas, soldadores	Charla de manejo de herramienta y equipo	18/10/04	Luis Gil
Mecánicos, electricistas, soldadores	Charla de presentación de procedimientos	15/11/04	Luis Gil
Mecánicos	Solicitud a gerencia de aprobación para asistencia del personal al curso básico de motores utilizados en la industria petrolera	23/09/04	Gentrac



### **4.8.3 Visitas técnicas de proveedores**

En nuestro medio existe un buen número de proveedores de maquinaria y equipo quienes tienen equipos de ventas especializados en ciertos productos, los cuales realizan visitas a las empresas de sus clientes con el fin de presentarles información de equipo nuevo y actualizaciones de equipo y software.

## **4.9 Informes**

Los informes tienen como objetivo informar a la gerencia de los trabajos realizados y darle una descripción general de lo que esa está realizando. La información que se de detalla en estos debe ser muy breve y concisa ya que de lo contrario se tardaría mucho tiempo para leerlos con la consiguiente pérdida de tiempo, limitando otras actividades propias de la gerencia.


### **4.9.1 Contenido de los informes**

Los informes deben contener información general tal como el departamento al que corresponde, descripción del equipo del que se está informando, fecha de realización, descripción de los trabajos realizados, repuestos que se utilizaron, fallas encontradas y nombre de la persona que está informando. Ver figura 49.

### **4.9.2 Período de envío de informes**

El tiempo para envío de informes depende del tipo de equipo y de la frecuencia de los servicios de mantenimiento, un informe puede ser enviado de forma semanal quincenal o mensual, por ejemplo, en el caso de generadores quienes reciben mantenimiento preventivo cada semana, conviene redactar un informe semanal a gerencia como el que se muestra a continuación:

**Figura 49. Cuadro de informe semanal de servicio de generadores**

<b>PERENCO GUATEMALA LIMITED</b> <b>REFINERIA LA LIBERTAD</b> <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b> <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GENERADORES</b>						
<u>INFORME SEMANAL DE GENERADORES</u>						
<b>SERVICIOS</b>						
		<b>GENERADOR</b>			<b>FECHA</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>SERVICIO</b>	
<b>SE REALIZO SERVICIO MENOR A</b>		-	X	X	28/10/2004	
<b>SE QUEDAN OPERANDO</b>		-	X	X	28/10/2004	
<b>HOROMETROS</b>						
		<b>HOROMETRO ACTUAL</b>	<b>HOROMETRO ULTIMO OVERHAUL</b>	<b>HORAS DESPUES OVERHAUL</b>	<b>HORAS PARA SERVICIO 5000 HORAS</b>	<b>HORAS PARA SERVICIO 10000 HORAS</b>
<b>GENERADOR 1</b>		33502	28783	4719	-281	-5281
<b>GENERADOR 2</b>		3691	0	3691	-1309	-6309
<b>GENERADOR 3</b>		32589	29334	3255	-1745	-6745
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>						
<b>FECHA</b>	<b>TOTAL GALONES</b>	<b>PROM. GALONES / HORA POR GENERADOR</b>		<b>PROMEDIO Kwh. GENERADOS</b>	<b>NUMERO GENERADOR</b>	
21/10/2004	1028	21.4		14736	2 Y 3	
22/10/2004	1143	23.8		12521	2 Y 3	
23/10/2004	1047	21.8		13645	2 Y 3	
24/10/2004	1130	23.5		13796	2 Y 3	
25/10/2004	1085	22.6		12564	2 Y 3	
26/10/2004	1151	24.0		13978	2 Y 3	
27/10/2004	1025	21.4		NO DISPONIBLE	1 Y 3	
<b>Promedio General</b>		<b>22.6</b>				
<b>FALLAS REGISTRADAS:</b>						
<b>REPARACIONES REALIZADAS:</b>						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
Se adjunta Gráficas de Consumo de Combustible, Comportamiento de Distribución de Cargas y Documento de Análisis de la Semana						
<b>ELABORADO POR:</b>			<b>LUIS GIL</b>			
<b>FECHA:</b>			28-Oct-04			



## **5. COSTOS**

Los costos son determinantes para todo tipo de actividad del departamento de mantenimiento ya que en la mayoría de los casos, las decisiones son tomadas en base a estos y siempre nos veremos limitados por el gasto que representa realizar algún servicio de mantenimiento o una reparación de un determinado equipo. La persona a cargo del departamento de mantenimiento debe tratar de reducir al mínimo los gastos teniendo en cuenta de que en muchas ocasiones no se cuenta con el dinero suficiente para realizar todas las reparaciones y mucho menos para realizar la compra de un equipo nuevo. En este caso en particular, nos interesa el gasto relacionado al mantenimiento.

### **5.1 Costo de mantenimiento**

El costo de mantenimiento es el aquel gasto en que incurrimos para poder darle el mantenimiento al equipo para que permanezca en condiciones de operación y no se deteriore prematuramente y afecte la operación de la planta o del proceso. Para determinar este gasto se desglosará en cada uno de los insumos utilizados, combustibles, lubricantes, repuestos y mano de obra para finalmente encontrar el costo de mantenimiento. Los insumos se detallan a continuación:

#### **5.1.1 Insumos utilizados para el mantenimiento**

Los insumos son todos aquellos materiales utilizados para darle el servicio de mantenimiento, combustibles, lubricantes, las partes de intercambio y la mano de obra entre otros. Para entenderlos mejor se desglosan cada uno por separado como sigue:

### 5.1.1.1 Combustibles

Todos los equipos que son movidos por motores de combustión interna ya sea para generar energía eléctrica o mecánica, además de los hornos y calderas entre otros. El diesel para uso en los generadores, se produce como parte de la destilación de petróleo en la planta de asfalto.

Este diesel tiene un alto porcentaje de azufre y debe ser mezclado con diesel comercial o diesel limpio que se compra en el mercado nacional para rebajarlo hasta un 1.5 % de contenido de azufre para evitar daños en los motores.

En el informe semanal de generadores está indicado el consumo de combustible de dichos equipos y con base a esto se puede encontrar el costo del consumo de combustible de generadores.

Como se mencionó anteriormente el combustible utilizado por los generadores es una mezcla de combustible diesel comercial con el combustible producido en la planta de refinación de asfalto, por lo que su costo es menor que el costo del diesel comercial puramente. El costo de consumo de combustible se puede calcular de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} &\text{Costo combustibles utilizados en los generadores} \\ &= \text{Consumo total del mes} * \text{Precio por galon} \\ &= 32400 \text{ gal} * \text{Q.11.41} \\ &= \text{Q.369,684.00} \end{aligned}$$

### **5.1.1.2 Lubricantes**

Se entiende por lubricantes todos aquellos aceites, grasas y aditivos diseñados para la lubricación de ciertas partes de los motores o equipos y evitar el desgaste.

En el caso de los generadores, el aceite a utilizar debe cumplir con ciertas características para que los motores no sufran daño por el alto contenido de azufre en los combustibles. Para neutralizar el azufre dentro de los combustibles, el aceite debe tener una base alcalina que no permita la formación de ácidos compuestos por azufre que causarían corrosión y desgaste dentro del motor.

El aceite recomendado para este tipo de combustible con 1.5 % de azufre debe tener un número de base total (NBT) diez veces mayor para poder neutralizar los ácidos que pudieran producirse, estos aceites son sintéticos y existen en diferentes marcas con la variante de que tienen un costo mayor al de la mayoría de aceites en el mercado.

Costo mensual lubricantes utilizados en los generadores

$$\begin{aligned} &= \text{Consumo del mes} * \text{precio por galon} \\ &= 128 \text{ Gal.} * \text{Q.34.44} \\ &= \text{Q.4408.58} \end{aligned}$$

### **5.1.1.3 Repuestos**

Los repuestos son todas aquellas partes de intercambio que utilizaremos para realizar el mantenimiento o las reparaciones de los equipos.

Estos repuestos podrían ser filtros de aire, filtros de aceite, filtros de combustible, fajas, mangueras, sensores, etc. En fin, todas aquellas partes de intercambio que pueden ser necesarias para el mantenimiento.

Estos repuestos son todos aquellos que deben mantenerse en stock ya que deben cambiarse cada cierto tiempo. **Ver tabla III.**

**Tabla III. Insumos requeridos para el servicio menor**

INSUMOS REQUERIDOS CADA MES PARA EL SERVICIO MENOR					
CODIGO	DESCRIPCION	DOLARES	QUETZALES	CANTIDAD	TOTAL
1R- 0716	FILTER OIL	15.92	127.36	16 Unidades	2037.76
1R-0749	FILTER FUEL	14.61	116.88	16 Unidades	1870.08
6L-4714	FILTER AIR CLEANER	66.7	533.6	16 Unidades	8537.6
	ACEITE 40		34.44203704	128 Gal	4408.580741

Tipo de cambio Q.8.00 por 1 Dólar

## 5.2 Mano de obra

La mano de obra no es más que el sueldo del personal de mantenimiento y otro personal adicional que se requerirá para realizar el mantenimiento del equipo, es decir, es el sueldo de los mecánicos, soldadores, electricistas, ayudantes, etc. **Ver tabla IV.**

**Tabla IV. Cuadro de costo de mano de obra mensual**

	Cantidad	Sueldo	Total
Mecánicos diesel	2	Q6,000.00	Q12,000.00
Mecánicos industriales	3	Q5,300.00	Q15,900.00
Electricistas/instrumentistas	3	Q5,700.00	Q17,100.00
Soldadores	3	Q6,000.00	Q18,000.00
Ayudantes	4	Q2,800.00	Q11,200.00
		<b>Total mano de obra</b>	<b>Q74,200.00</b>

### 5.3 Costo de generación

La empresa como se mencionó anteriormente cuenta con generadores de energía propios para poder abastecerse, el costo de generación no es más que el gasto que nos representa contar con los insumos necesarios para darle el mantenimiento a los generadores. Este gasto para que sea rentable para la empresa debe ser menor al costo de la energía en el mercado. En este caso el insumo que representa un gasto mayor es el de combustibles. **Ver Tabla V.**

**Tabla V. Cuadro de costo de generación y/o mantenimiento**

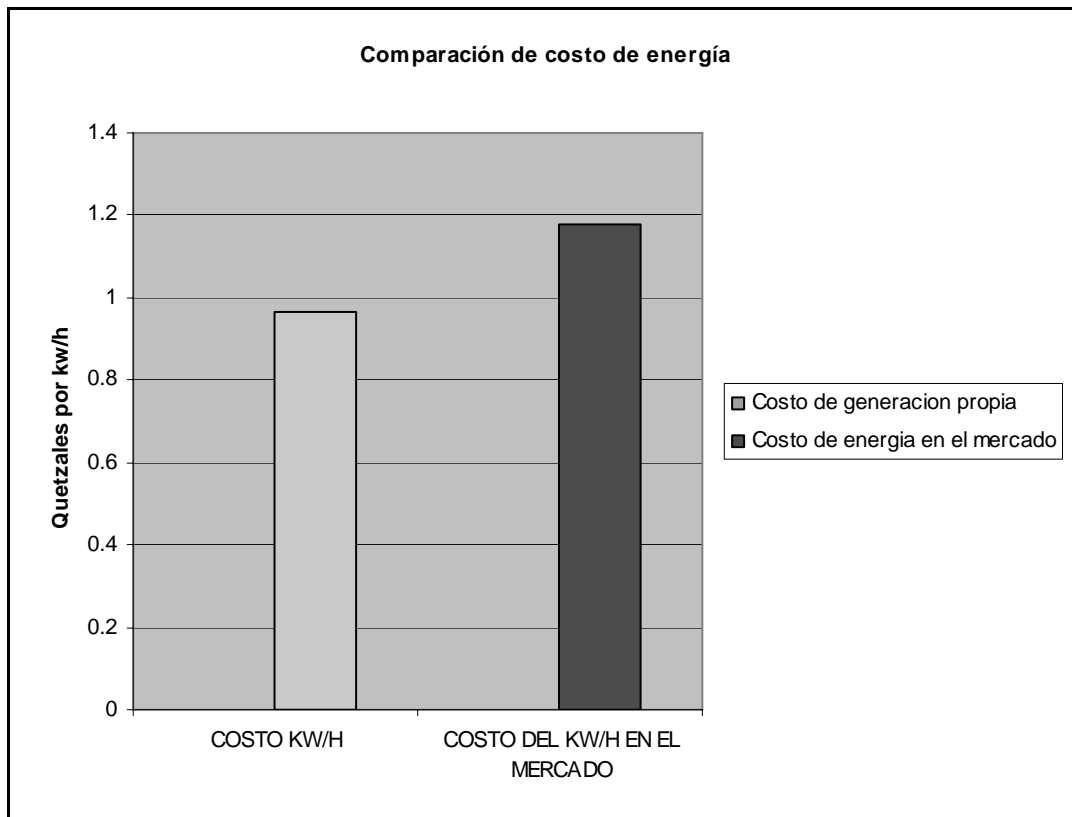
<b><i>COSTO DE GENERACION MENSUAL DE GENERADORES</i></b>					
<b>INSUMOS REQUERIDOS PARA EL SERVICIO DE 2 GENERADORES</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>DOLARES</b>	<b>QUETZALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
1R- 0716	FILTER OIL	15.92	127.36	16 Unidades	2037.76
1R-0749	FILTER FUEL	14.61	116.88	16 Unidades	1870.08
6L-4714	FILTER AIR CLEANER	66.7	533.6	16 Unidades	8537.6
	COMBUSTIBLE MEZCLA		11.41	32400 Gal	369684
	ACEITE 40		34.44203704	128 Gal	4408.580741
	MANO DE OBRA		6000	1 Mecánico	6000
			<b>TOTAL DEL MES</b>		<b>392,538.02</b>
<b>TOTAL KW/H GENERADOS EN 1 MES</b>		406200		Aprox.	
<b>COSTO KW/H</b>			<b>Q0.97</b>		
<b>COSTO DEL KW/H EN EL MERCADO</b>			<b>Q1.18</b>		

Tipo de cambio Q.8.00 por 1 Dólar

Si se grafica estos datos podemos observar claramente la diferencia entre generar energía con equipo propio Vs. Comprar energía de la empresa de distribución local. **Ver figura 50.**



**Figura 50. Gráfica de comparación de costo de generación vs. Costo de energía en el mercado**



#### **5.4 Comparación de costos de generación con generadores propios vs. costo por compra de energía eléctrica**

El costo de generación de energía con equipo propio es mucho menor a que si tuviéramos que comprar energía de la empresa de distribución de energía de la región significando una disminución de los costos del proceso, además de esta forma tenemos la certeza que las fallas del suministro de energía se verán limitadas a las ocasiones en que un equipo pueda fallar lo cual se tratará de evitar mediante la implementación del programa de mantenimiento preventivo.

En la gráfica anterior podemos observar el costo de generación propia (Q.097) contra el costo de energía en el mercado (Q.1.18), resultando mas barato generar la energía con equipo de generación propio que comprarla a la empresa de distribución de energía de la región. Además de esto con generadores propios podemos tener la calidad de energía necesaria para los equipos.



## **6. PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS ÁREAS DE GENERADORES Y BOMBAS**

### **6.1 Estudio de ruido**

El estudio de ruido tiene como finalidad determinar aquellas áreas en donde se produce ruido por la presencia de algún equipo en funcionamiento.

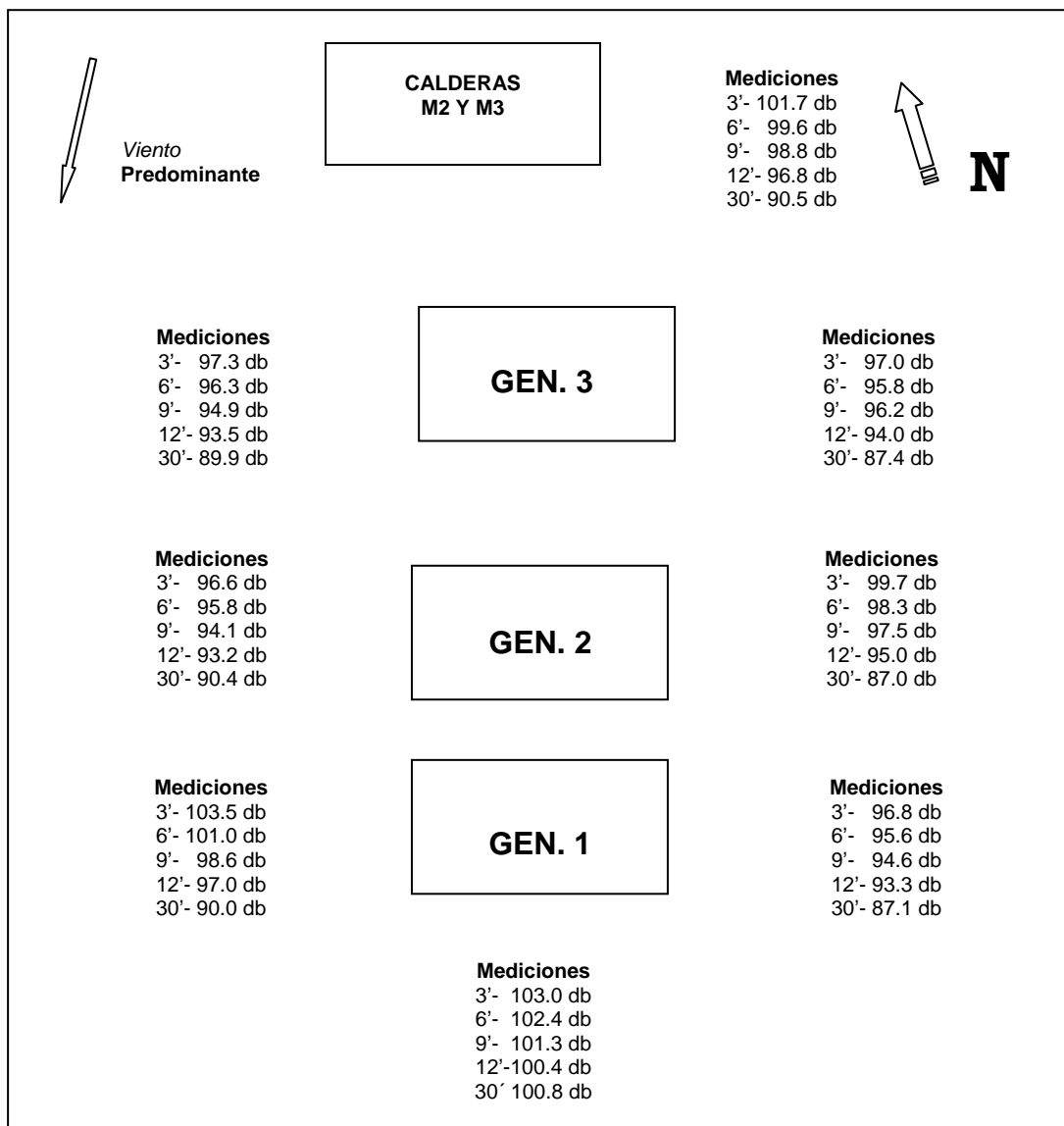
Dentro de las instalaciones de la planta se realizaron mediciones en las diferentes áreas para determinar los niveles de ruido producido por lo equipos y se encontró que las áreas que más producen ruido son el área de generadores y el área de calderas situándose una junto a la otra con un nivel de sonido que sobrepasa el nivel máximo permitido para una exposición de 8 horas diarias.

Para el estudio se utilizó un medidor de nivel de ruido (decibelímetro) electrónico y se procedió de la siguiente manera:

1. delimitación de las áreas en donde se realizarían las mediciones.
2. se procedió a tomar las lecturas colocando el decibelímetro a la altura del hombro por 30 segundos y se tomó la lectura, repitiéndose el procedimiento por 5 veces cada 3 minutos.
3. se tomó como lectura final el valor promedio de las 5 lecturas.
4. se colocó el valor correspondiente a la lectura en el mapa de localización.

Estos niveles de ruido se compararon en una tabla de referencia del ruido **Ver Anexo 1** y se encontró que las lecturas efectuadas están en el rango de los equipos que producen mayor cantidad de ruido.

**Figura 51. Diagrama de mediciones de ruido en área de generadores y calderas**



De la figura anterior se puede concluir que es obligatorio para los operadores el uso de equipo de protección auditiva en esta área ya que se puede observar el nivel de ruido sobrepasa los 95 decibeles y a estos niveles de ruido se corre el riesgo de sufrir daños en el sistema auditivo del operador.

### **6.1.1 Uso de equipo de protección auditiva**

El uso de equipo de protección auditiva reducirá el riesgo de enfermedades por contaminación de ruido en los empleados ya que como todos sabemos la sordera aparece gradualmente cuando una persona ha sido expuesta a ruidos extremos por largos períodos de tiempo.

#### **6.1.1.1 Tapones**

Los tapones se recomiendan para que sean utilizados por los operadores en las áreas que producen ruido levemente por encima del límite máximo permisible ya que estos tienen un nivel bajo de mitigación del ruido y por lo tanto no pueden proteger al trabajador de forma correcta en un área en donde el ruido es muy alto. Estos tapones son fabricados con espuma u otro material que no permite que el oído reciba toda la cantidad de ruido que hay en el ambiente.

Los tapones de oídos pueden ser utilizados en todas las áreas de la planta y se recomienda que sean usados por todo el personal que trabaje en cualquiera de las áreas que tengan por encima del límite establecido de 85 decibeles. **Ver figura 52.**

**Figura 52. Tapones de oídos con correa**



**Fuente: Pagina web 3M**

#### **6.1.1.2 Orejeras**

Las orejeras proveen una protección mayor contra el ruido ya que cubren completamente la oreja y tienen una capacidad de mitigación mucho mayor que los tapones de espuma u otro tipo de tapón.

Se recomienda que las orejeras sean usadas por los operadores de planta que tienen a su cargo los generadores, compresores y calderas ya que estos aparatos producen ruido por encima de los 95 decibeles y es donde mayor riesgo se corre de sufrir enfermedades auditivas.

Las orejeras tienen un promedio de absorción de 20 a 25 decibeles, es decir, con el uso de orejeras, la cantidad de ruido que percibe el oído será de 70 decibeles, cantidad que se considera aceptable par períodos de exposición largos sin riesgo a sufrir lesiones. **Ver figura 53.**

**Figura 53. Orejeras montables para casco de seguridad**



Fuente: Página web productos peltor

### 6.1.2 Costos de implementación

El costo de la implementación del uso de equipo de seguridad consiste en la compra del equipo necesario para el personal de la planta tomando en cuenta solo a los operadores de las áreas descritas anteriormente en donde el nivel de ruido es muy alto. **Ver tabla VI.**

**Tabla VI. Costo de implementación de equipo de protección auditiva**

<b><u>COSTO DE IMPLEMENTACION USO DE EQUIPO DE PROTECCION AUDITIVA</u></b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
36	Orejeras para casco	US\$18.50	US\$666.00
50	Tapones de oídos	US\$1.00	US\$50.00
Costo total de implementación en dólares			<b>US\$716.00</b>
Costo total de implementación en Quetzales			<b>Q5,584.80*</b>
* Tipo de cambio Q7.80 por un dólar			



El costo de implementación del uso de equipo de protección auditiva tiene un costo relativamente bajo si se toma en consideración el costo que representa para la empresa el pago de indemnización por daños a la salud de sus operadores.

## **6.2 Señalización y codificación de equipos**

La señalización y codificación de los equipos de la refinería ayudará a que todo el personal pueda identificar plenamente cada equipo además de permitir a la administración llevar un registro de cada uno de ellos, esto facilitaría también la programación de las actividades de mantenimiento.

### **6.2.1 Numeración y codificación de bombas**

- **Procedimiento**

Por ser un número bastante grande de bombas de diferentes marcas y tamaños se hizo un listado general y se agruparon por tipo, tamaño, marca y aplicación.

- **Tipo de codificación**

Luego de que se ha levantado toda la información se asignó un número de código con el objetivo de que sea fácil identificarlas y ubicarlas, esta codificación se realizó de acuerdo al tipo de producto que se está bombeando y así en base al número de código saber que tipo de bomba es o que tipo de producto bombea, por ejemplo si hay más de una bomba para un tipo de producto se debe asignarles una letra en orden alfabético de esta forma: B-1, B-1<sup>a</sup>, B-1B, B-1C, B-1D, etc.

La letra que antepone al numeral corresponde al tipo de equipo, en este caso, la letra B corresponde a una bomba. Las letras A, B, C, y D corresponden en este caso a otras bombas dentro de la misma área que bombean el mismo producto. **Ver tabla VII.**

La información sobre el tipo de impulsor, números de cojinetes y sellos mecánicos, se ingresó en el control de bombas para luego verificar en bodega si hay existencia. Esto evitará quedarse a cero el inventario lo cual representaría demoras en las reparaciones.

**Tabla VII. Listado de codificación de bombas de refinería**

PERENCO GUATEMALA LIMITED					
REFINERIA LIBERTAD					
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
CONTROL DE BOMBAS					
				TIPO	
CODIGO	MARCA	MODELO	TAMAÑO	BOMBA	SERVICIO
B - 1 A	ING.RAND	HOC 2	3X1.5X10	CENTRIFUGA	ANTIGUA CARGA DE CRUDO A LA PLANTA
B - 1 B	ING.RAND	HOC 2	3X1.5X10	CENTRIFUGA	ANTIGUA CARGA DE CRUDO A LA PLANTA
B - 1 C	DURCO	MARK II	3X1 ½-13/106	CENTRIFUGA	CRUDO A PLANTA
B - 1 D	IMO			TORNILLOS	CRUDO A PLANTA / CALENTAMIENTO DE CRUDO
B - 1 E	IMO			TORNILLOS	CRUDO A PLANTA / CALENTAMIENTO DE CRUDO
B - 2 A	ING.RAND	HOC 2	1.5x1x6	CENTRIFUGA	REFLUJO T-10
B - 2 B	ING.RAND	HOC 2	1.5x1x6	CENTRIFUGA	REFLUJO T-10
B - 3 A	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	KEROSINA ALMACEN
B - 3 B	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	KERO/DIESEL/ALMACEN
B - 4	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	DIESEL ALMACEN
B - 5 A	DEAN	R 434	1.5x3x13.5	CENTRIFUGA	ASFALTO FONDO T-9
B - 5 B	DEAN	R 434	1.5x3x13.5	CENTRIFUGA	ASFALTO FONDO T-9
B - 6 A	ING.RAND	HOC 2	1.5x1x6	CENTRIFUGA	REFLUJO T-17
B - 6 B	ING.RAND	HOC 2	1.5x1x6	CENTRIFUGA	REFLUJO T-17
B - 7 A	DEAN	R 434	1.5x3x10	CENTRIFUGA	FONDO T-17
B - 7 B	DEAN	R 434	1.5x3x10	CENTRIFUGA	FONDO T-17
B - 8 A	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	FONDO T-10
B - 8 B	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	FONDO T-10
B - 9 A	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	SALIDA VGO
B - 9 B	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	SALIDA VGO
B - 10					NO TIENE BOMBA ASIGNADA
B - 11 A	ING.DRESSER	HOC 2	2X1X10	CENTRIFUGA	ENTRADA AGUA DESALINADORES TK 21
B - 11 B	ING. DRESSER	HOC 2	2X1X10	CENTRIFUGA	ENTRADA AGUA DESALINADORES TK 21
B - 11 C	ING. DRESSER	HOC 3	1.5X1X8	CENTRIFUGA	SALIDA AGUA DESALINADORES
B - 11 D	ING. DRESSER	HOC 3	1.5X1X8	CENTRIFUGA	SALIDA AGUA DESALINADORES
B - 12	BLACKMER	GX3E		PALETAS	CARGA DE MEZCLA TK'S 602, 603
B - 13	BLACKMER	GX3E		PALETAS	CARGA DE MEZCLA TK'S 602, 603
B - 14	BLACKMER	GX3E		PALETAS	CARGA LIVIANO "D" TK 600
B - 15					NO TIENE BOMBA ASIGNADA
B - 16 A	BLACKMER	NPJ4		PALETAS	DESPACHO DE ASFALTO
B - 16 B	BLACKMER	NPJ4		PALETAS	DESPACHO DE ASFALTO
B - 16 C	BLACKMER	NPJ4		PALETAS	DESPACHO DE ASFALTO
B - 16 D	BLACKMER	NPJ4		PALETAS	DESPACHO DE ASFALTO
B - 16 E	BLACKMER	NPJ4		PALETAS	DESPACHO DE ASFALTO
B - 16 F	BLACKMER	NP4E	4X4	PALETAS	BOMBAS ASFALTO TK 6 Y 7
B - 16 G	BLACKMER	NP4E	4X4	PALETAS	BOMBAS ASFALTO TK 6 Y 7
B - 17 A	DEAN	R 434	1X3X8 ½	CENTRIFUGA	RECIRCULA ACEITE TERMICO HORNO 103 Y 104
B - 17 B	DEAN	R 434	1 ½ X3X10	CENTRIFUGA	RECIRCULA ACEITE TERMICO HORNO 103 Y 104

## Continuación

B – 18 A	AURORA	IX4-121 <sup>a</sup>	1.5X1.5	CENTRIFUGA	ALIMENTACION AGUA CALDERAS M1 Y M2
B – 18 B	AURORA	IX4-121 <sup>a</sup>	1.5X1.5	CENTRIFUGA	ALIMENTACION AGUA CALDERAS M1 Y M2
B – 18 C	AURORA	IX4-121 <sup>a</sup>	1.5X1.5	CENTRIFUGA	ALIMENTACION AGUA CALDERAS M1 Y M2
B – 18 D	GRUNDFOS	CR8		CENTRIFUGA	ALIMENTACION AGUA CALDERA M3
B – 18 E	GRUNDFOS	CR8		CENTRIFUGA	ALIMENTACION AGUA CALDERA M3
B – 19 A	ING. DRESSER	HOC 3	8X6X15	CENTRIFUGA	TORRE DE ENFRIAMIENTO
B – 19 B	UNITED			CENTRIFUGA	TORRE DE ENFRIAMIENTO
B – 19 C	ING. RAND	HOC 2	8X6X15	CENTRIFUGA	TORRE DE ENFRIAMIENTO
B – 20 A	ING. DRESSER	3 GAUM		CENTRIFUGA	COMBUSTIBLE PARA HORNOS C-102, C-103, C-104 TK 502
B – 20 B	ING. DRESSER	3 GASMIDO		CENTRIFUGA	COMBUSTIBLE PARA HORNOS C-102, C-103, C-104 TK 502
B – 20 C	ING. DRESSER	3 GASMIDO		CENTRIFUGA	COMBUSTIBLE PARA HORNO C-106 TK 505
B – 20 D	ING. DRESSER	2 GASMIDO		CENTRIFUGA	COMBUSTIBLE PARA HORNO C-106 TK 505
B – 21 A	BERKELEY			CENTRIFUGA	POZO 1
B – 21 B	BERKELEY	6 AH		CENTRIFUGA	POZO 2
B – 21 C	BERKELEY			CENTRIFUGA	POZO 3
B – 22					NO TIENE BOMBA ASIGNADA
B – 23 A	DURCO			CENTRIFUGA	TK 30
B – 23 B	DURCO			CENTRIFUGA	TK 30
B – 24	ITT MARLOW		2 <sup>a</sup> D-STTS	NEUMATICA	V-11
B – 25 A	BLACKMER	OX3E		PALETAS	DESPACHO DE LIVIANO "D"
B – 25 B	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	DESPACHO DE LIVIANO "D"
B – 26 A	GOULDS PUMP	3700	1X2-9N	CENTRIFUGA	RECIRCULA ACEITE TERMICO HORNO 105 Y 107
B – 26 B	GOULDS PUMP	3700	1X2-9N	CENTRIFUGA	RECIRCULA ACEITE TERMICO HORNO 105 Y 107
B – 27 A	TUTHILL	3C1G-C		CENTRIFUGA	ALIMENTACION COMBUSTIBLE CALDERAS M1 Y M2
B – 27 B	TUTHILL	3C1G-C		CENTRIFUGA	ALIMENTACION COMBUSTIBLE CALDERAS M1 Y M2
B – 27 C	TUTHILL	3C1G-C		CENTRIFUGA	ALIMENTACION COMBUSTIBLE CALDERAS M1 Y M2
B – 27 D	TUTHILL	3C1G		CENTRIFUGA	ALIMENTACION COMBUSTIBLE CALDERA M3
B – 27 E	TUTHILL	3C1G		CENTRIFUGA	ALIMENTACION COMBUSTIBLE CALDERA M3
B – 28 A	DURCO	MK3		CENTRIFUGA	FOSA API AGUA HACIA WETLAND
B – 28 B	DURCO	MK3		CENTRIFUGA	FOSA API AGUA HACIA WETLAND
B – 29 A	DEAN	R 434	1x3x8 ½	CENTRIFUGA	CARGA DE VGO TK 200
B – 29 B	ROPER			PALETAS	CARGA DE VGO TK 200
B – 30 A	GOULDS PUMP			CENTRIFUGA	FOSA API RECUPERACION LIVIANO HACIA TK 30
B – 30 B	ROPER			PALETAS	FOSA API RECUPERACION LIVIANO HACIA TK 30
B – 31	GOULDS PUMP	3796	1.50*1.50-8	CENTRIFUGA	API TK 7 HACIA API DE LA PLANTA
B – 32	GOULDS PUMP	3796	1.50*1.50-8	CENTRIFUGA	API TK'S 600 HACIA API DE LA PLANTA
B – 33	GOULDS PUMP	3796	1.50*1.50-8	CENTRIFUGA	API TK 200 HACIA API DE LA PLANTA
B – 34	HARRISBURG	250	3413 MS	CENTRIFUGA	WETLAND
B – 35 A	ROPER			PALETAS	CARGA DE Kerosina, NAFTA
B – 35 B	DURCO			CENTRIFUGA	CARGA DE Kerosina, NAFTA
B – 36 A	VIKING			PALETAS	CARGA DE MC 70
B – 36 B	ROPER			PALETAS	CARGA DE MC 70
B – 37	ROPER			PALETAS	TRASIEGO DE CRUDO V-5, V-30, V-31

## 6.2.2 Limpieza y pintura de bombas

La limpieza y pintura de bombas se propone hacerla luego de que se ha realizado la codificación de las bombas, se debe proceder a limpiar para luego pintarlas con su respectivo código. Esto además de darle una identificación, también servirá para proteger el equipo contra la corrosión y evitar así el deterioro de las mismas. Esta labor debe realizarse dependiendo de las condiciones de operación de los equipos o definiendo un período de tiempo específico para esta tarea.

## 6.2.3 Costos de implementación

El costo por la implementación de las actividades de limpieza es relativamente bajo ya que se puede realizar con una sola persona que realizará primero la limpieza y luego pintará el equipo.

Los insumos necesarios son:

- 40 galones de pintura de aceite.
- mano de obra del personal para la limpieza y pintura de las bombas por un período de tiempo de aproximadamente un mes. **Ver Tabla VIII.**

**Tabla VIII. Costo de implementación de codificación de equipos**

<b>COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS</b>			
Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Total
40	Galones pintura de aceite	Q80.00	Q3,200.00
1	Mano de obra de 1 pintor	Q2,800.00	Q2,800.00
Costo total de implementación			<b>Q6,000.00</b>

## CONCLUSIONES

- 1 Las rutinas de mantenimiento, los procedimientos de mantenimiento de los equipos y la capacitación del personal permiten mantener los equipos en condiciones de operación, siempre y cuando el personal involucrado en estas tareas tengan sólidos los conceptos respecto de la importancia del mantenimiento, ya que, se pudo observar en un principio que, aún existiendo las rutinas, hubo algunas fallas por falta de atención del personal que las realiza, por lo que hubo que reforzar la capacitación y promover el involucramiento del personal de todo el departamento lo cual fue vital para alcanzar los objetivos planteados.
- 2 Los mecanismos para el monitoreo y control que se implementaron para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo son, principalmente, los formatos tipo check list para las rutinas de inspección y mantenimiento, ya que, estos pueden ser llenados, fácilmente, en un tiempo corto haciendo que el operador no pierda tiempo redactando un informe acerca de la inspección realizada, esto permite tener un reporte de las actividades realizadas en un equipo y poder guardar la información para utilizarse en un futuro, además, se elaboraron bases de datos para guardar registros sobre los servicios realizados y el historial de fallas de cada uno de los equipos y con base a estos poder detectar tendencias y realizar la programación del mantenimiento.

- 3 Se pudo observar que hubo una reducción notable en la ocurrencia de fallas, especialmente en los generadores los cuales al inicio del desarrollo del programa eran muy frecuentes llegando en algunos casos a ocurrir en más de una ocasión por semana, éstas pudieron reducirse de tal manera que las fallas ocurridas luego del inicio de la implementación del sistema, se redujeron a una sola falla luego de tres meses y medio de operación del equipo. En el resto de los equipos, los resultados esperados estarán a mediano y largo plazo siempre y cuando el programa continúe de acuerdo a lo planeado al inicio del programa. Estas disminuciones del período entre fallas se traducen en una disminución de costos y aumento de la eficiencia de los equipos y de los procesos logrando los objetivos planteados.
  
- 4 Para realizar la programación de los servicios de mantenimiento debe determinarse la frecuencia de las actividades del mantenimiento preventivo de los equipos, para poder lograrlo se debe partir de los manuales de operación y mantenimiento, analizar las condiciones de operación del equipo y diseñar las rutinas de mantenimiento de acuerdo a las condiciones de operación. En algunos casos, los períodos para la realización de las rutinas y los servicios de mantenimiento deben modificarse de las propuestas por el fabricante de los equipos en los manuales de operación y mantenimiento, debido a que éstos pueden operar bajo condiciones de operación diferentes y en ambientes, los cuales pueden acelerar el deterioro de la maquinaria y el equipo.

## RECOMENDACIONES

1. Para que el programa de mantenimiento preventivo pueda cumplir con su objetivo, al igual que en todo proyecto, es necesario que haya un seguimiento continuo, ya que, muchos de los resultados esperados serán visibles o medibles a mediano y largo plazo, de lo contrario, el programa fracasará y no logrará alcanzar los objetivos propuestos. El éxito del programa dependerá del seguimiento que se le haga y de que éste sea flexible y se adapte a las nuevas necesidades de los equipos, según vayan cambiando sus condiciones de operación; en resumen, el éxito del programa dependerá de la mejora continua.
2. Los formatos de mantenimiento, los procedimientos y las rutinas deben de ser revisados y actualizados cada 6 meses, cualquier otra actividad que no esté contemplada en cada uno de los formatos de mantenimiento y check list debe ser agregada si las condiciones de operación varían o si hay equipo diferente al que se tenía al momento de la realización de los formatos. Esta revisión debe ser realizada por el supervisor, asegurándose de que participe en ella el personal que realiza el mantenimiento, pues son ellos quienes trabajan, directamente, en el mantenimiento de los equipos y pueden aportar información muy valiosa.



3. Cualquier falla que se presente, luego de un tiempo prolongado, sin la presencia de éstas es un indicativo de que el programa no está cumpliendo su objetivo, se debe realizar siempre una investigación para determinar la causa raíz de la falla y realizar los cambios que sean necesarios para evitar que se presente nuevamente.
  
4. El supervisor de mantenimiento es la persona encargada de realizar la programación de los servicios y la asignación de tareas a los mecánicos, electricistas, ayudantes especializados u otro, quienes deben llenar cada uno de los formatos del servicio y entregarlo, luego de finalizado el trabajo, a su supervisor, para que éstos sean archivados o ingresados a las bitácoras de los equipos, así, llevar un registro y control de servicios de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. E.T. Newbrough. Administración de Mantenimiento Industrial. Editorial Diana. Mexico.
2. Solo mantenimiento.  
[http://www.solomantenimiento.com/m\\_preventivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm). Septiembre de 2005.
3. Caterpillar. SSBU7125-01, Manual de Operación y Mantenimiento. Motor para Grupos Electrógenos 3412C. Enero de 1998.
4. El prisma.  
<http://www.elprisma.com>. Octubre de 2005.
5. Goulds Pumps. Installation, Operation and Maintenance Manual, ANSI Family Form No. ANSIFAM IOM 99, ITT Industries,
6. Flowserve Pump Division. Installation, Operation and Maintenance Manual, Bulletin P-10-502e, August 2000
7. Oscar Maldonado de la Roca. Manual de prácticas de laboratorio para el curso de Ingeniería de Plantas. Tesis Facultad de Ingeniería.
8. Grimaldi. Seguridad Industrial. Segunda Edición. México. Editorial Cesca. 1999



## ANEXOS

**Tabla IX. Tabla de referencia de emisiones de ruido por ambientes**

<b>DECIBELES</b>	<b>FUENTE EMISORA</b>
0	Umbral del oído humano
10	Campo Tranquilo
20	Habitación ocupada
30	Biblioteca
40	Dormitorio, área suburbana
50	Sala de estar
60	Conversación corriente
70	Aspiradora
80	Calle con tránsito
90	Interior de un autobús
100	Interior de un tren
110	Máquina textil
120	Martillo neumático
130	Música Rock
150	Avión a reacción