



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL  
MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA  
CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS DE GENTRAC**

**Mario David Navas Nájera**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL  
MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA  
CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS DE GENTRAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARIO DAVID NAVAS NÁJERA**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Coronado Noj
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Raúl Guillermo Izaguirre Noriega
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS GENTRAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 25 de octubre de 2010.



**Mario David Navas Nájera**



Guatemala, 16 de noviembre de 2012  
REF.EPS.DOC.1522.11.12.

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León De de León.

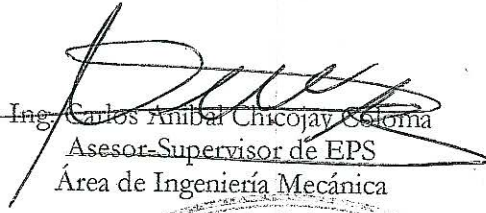
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Mario David Navas Nájera** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200220098, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS DE GENTRAC"**.

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

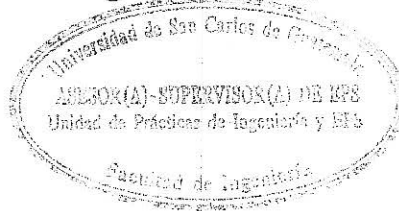
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra





Guatemala, 16 de noviembre de 2012  
REF.EPS.D.982.11.2012

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS DE GENTRAC"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Mario David Navas Nájera** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Sigrid Alicia Calderón de León de León  
Directora Unidad de EPS



SACde LDdL/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS DE GENTRAC** del estudiante **Mario David Navas Nájera**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, noviembre de 2012

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y ADAPTACIONES APLICADOS AL MONITOREO DE CONDICIONES DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, MARCA CATERPILLAR EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER DE SERVICIOS DE GENTRAC**, presentado por el estudiante universitario: **Mario David Navas Nájera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, abril de 2013





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser la fuerza que me impulsa a seguir.
- Mis padres** Sara Eluvia Nájera Saavedra y Abel Francisco Navas García (q.e.p.d.), por brindarme el ejemplo necesario para forjar la persona que ahora soy.
- Mi esposa** Loida Saraí, quien es la fuente de inspiración que me impulsa a seguir adelante. Sin su amor y apoyo incondicional, no seguiría alcanzando mis metas. Gracias por complementarme.
- Mis hermanos** Rosa Patricia, Abel Francisco y Josué Fernando Navas Nájera con amor sincero.
- Y** Todos aquellos que de una u otra forma me brindaron el apoyo necesario para culminar esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>GENTRAC</b>	Por brindarme la oportunidad de realizar este informe.
<b>Equipo SPM</b>	Por su apoyo y colaboración.
<b>Equipo de servicios GENTRAC</b>	Por brindar una valiosa información para la redacción de este informe.
<b>Supervisor de CSA</b>	Por su asesoramiento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Aspectos generales .....	1
1.1.1. Maquinaria CATERPILLAR .....	3
1.1.1.1. Recomendación del fabricante .....	3
1.1.1.2. Inversión contra costos de operación .....	3
1.1.1.3. Adaptación y rechazo.....	4
1.1.1.4. Respaldo y disponibilidad.....	4
1.2. Condiciones ideales de trabajo de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR.....	5
1.2.1. Ubicación .....	7
1.2.2. Montaje .....	8
1.2.3. Aislamiento contra vibraciones.....	8
1.2.4. Ventilación .....	10
1.2.4.1. Circulación .....	11
1.2.4.2. Ventiladores .....	11
1.2.5. Tubería de escape del motor y aislamiento.....	14
1.2.6. Secciones flexibles .....	16
1.2.7. Reducción de ruido .....	17
1.2.7.1. Atenuación del ruido.....	19

1.2.8.	Método de refrigeración del motor .....	20
1.2.9.	Tamaño y ubicación del tanque de combustible .....	21
1.2.9.1.	Ubicación del tanque de combustible...	22
1.2.10.	Regulaciones Nacionales de Seguridad, Manejo Energético y Emisiones de Gases .....	22
1.2.11.	Normas de Seguridad Industrial .....	23
1.3.	Componentes de maquinaria CATERPILLAR .....	26
1.3.1.	Filtros y sistemas de filtración .....	26
1.3.2.	Eficiencia de los sistemas de filtración.....	28
1.3.2.1.	Aplicación de sistemas de filtración en sistemas de combustibles .....	29
1.3.2.2.	Índice de desgaste de los sistemas de filtración .....	30
1.3.2.3.	Eficiencia de los sistemas de filtración de aire .....	31
1.3.3.	Separadores de agua .....	32
1.3.3.1.	Separadores de agua y purificadores del combustible.....	33
1.3.4.	Refrigerantes.....	35
1.3.4.1.	Función del sistema de enfriamiento de los motores de combustión interna .....	36
1.3.4.2.	Componentes y operación .....	37
1.3.4.3.	Funcionamiento .....	37
1.3.4.4.	Temperaturas del sistema de enfriamiento.....	40
1.3.4.5.	Propiedades del refrigerante.....	42
1.3.4.6.	Contenido de agua .....	42
1.3.4.7.	Aditivo refrigerante suplementario .....	44

1.3.4.8.	Erosión por cavitación y picadura.....	46
1.3.4.9.	Herrumbre.....	47
1.3.4.10.	Relación inapropiada de acidez y alcalinidad.....	47
1.3.4.11.	Corrosión galvánica y electrolítica.....	48
1.3.4.12.	Escamillas y depósitos.....	49
1.3.4.13.	Aeración.....	50
1.3.5.	Fallas relacionadas con el refrigerante.....	50
1.3.5.1.	Culatas rajadas o deformadas.....	51
1.3.5.2.	Bloque motor.....	51
1.3.5.3.	Atascamiento de los pistones.....	51
1.3.5.4.	Bajas temperaturas de operación.....	52
1.3.6.	Reciclaje del refrigerante del motor.....	52
1.3.6.1.	Mantenimiento periódico.....	53
1.3.7.	Baterías.....	55
1.3.7.1.	Terminología de la batería.....	55
1.3.7.2.	Acumuladores secos.....	59
1.3.7.3.	Acumuladores llenos libres de mantenimiento.....	59
1.3.7.4.	Fallas comunes en los acumuladores ..	59
1.3.7.5.	Componentes del acumulador.....	60
1.3.7.6.	Pruebas de durabilidad.....	62
1.3.8.	Aceite lubricante.....	64
1.3.8.1.	Las funciones de un aceite lubricante ..	65
1.3.8.2.	Formulación del lubricante de motor ....	65
1.3.8.3.	Numero de base total.....	68
1.3.8.4.	Viscosidad.....	68
1.3.8.5.	Limpieza.....	69
1.3.8.6.	Sistema lubricante.....	69



	1.3.8.7.	Turbocompresores.....	70
	1.3.8.8.	Válvulas.....	70
1.4.		Análisis de riesgos en el Departamento de Mantenimiento de la Institución .....	71
	1.4.1.	Tipos de riesgos .....	71
	1.4.2.	Análisis de riesgos.....	71
	1.4.3.	Riesgo en mantenimiento o reparación de la maquinaria.....	73
		1.4.3.1. Instalación, manipulación y remolque ..	73
		1.4.3.2. Incendio o explosión .....	73
		1.4.3.3. Derrames de fluidos.....	75
		1.4.3.4. Lesiones .....	75
		1.4.3.5. Atrapamiento .....	76
		1.4.3.6. Quemaduras.....	76
		1.4.3.7. Descarga eléctrica .....	77
		1.4.3.8. Intoxicación.....	77
	1.4.4.	Equipo de protección personal y seguridad industrial.....	77
	1.4.5.	Propuesta de la mitigación de riesgo.....	78
2.		FASE TÉCNICO PROFESIONAL .....	79
	2.1.	Reparaciones más comunes realizadas en los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR .....	79
		2.1.1. Servicios de 250 horas (servicio mayor) .....	80
		2.1.2. Reemplazo de batería .....	81
		2.1.3. Reemplazo del cargador de batería.....	82
		2.1.4. Reemplazo de calentador de agua .....	82
		2.1.5. Reemplazo de mangueras del calentador de agua .....	83

2.1.6.	Reemplazo de termostato del calentador de agua.....	84
2.1.7.	Reemplazo de uniones del radiador.....	84
2.1.8.	Reemplazo del tapón del radiador .....	85
2.1.9.	Instalación de trampa de agua o separadores de agua.....	86
2.1.10.	Limpieza interna del radiador .....	87
2.1.11.	Reemplazo de la bomba de agua .....	89
2.1.12.	Reemplazo de regulador de voltaje.....	90
2.1.13.	Reemplazo de fajas V-Belts.....	91
2.2.	Estandarización de mano de obra y consumibles para equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR .....	93
2.2.1.	Estandarización de mano de obra.....	93
2.2.2.	Costos de adquisición de consumibles .....	96
2.3.	Implementación de mejoras para el diseño de equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR.....	98
2.3.1.	Rediseño del tanque de combustible .....	99
2.3.2.	Instalación de válvulas de paso en las mangueras del calentador de agua .....	104
2.3.3.	Instalación de doble banco de baterías.....	105
2.3.4.	Instalación de catalizador.....	106
2.3.4.1.	Características y beneficios.....	106
2.3.4.2.	Forma de mantenimiento .....	108
2.3.5.	Actualización del panel de control.....	109
2.3.5.1.	Comunicación remota .....	110
2.3.5.2.	Componentes del sistema de comunicación remota .....	111
2.3.5.3.	Modo de funcionamiento .....	112

3.	FASE ENSEÑANZA APRENDIZAJE .....	115
3.1.	Desarrollo del plan de correcciones .....	115
	CONCLUSIONES .....	117
	RECOMENDACIONES .....	119
	BIBLIOGRAFÍA .....	121
	APÉNDICE.....	123

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Vista de una planta eléctrica y sus componentes básicos .....	6
2.	Diagrama de equipo para aislamiento de vibraciones .....	9
3.	Ventilación: entrada y salida de aire para varios equipos .....	12
4.	Ventilación: entrada y salida de aire para un solo equipo.....	13
5.	Diagrama de instalación múltiple de escape .....	16
6.	Instalación insonora de la tubería de escape .....	18
7.	Formas de instalación del catalizador .....	108
8.	Diagrama de comunicación inalámbrica remota.....	113

### TABLAS

I.	Clasificación de filtros CATERPILLAR .....	28
II.	Parámetros de sistemas de filtración.....	30
III.	Análisis de purificadores de combustible.....	34
IV.	Propiedades físicas de los refrigerantes.....	36
V.	Punto de ebullición del refrigerante a diversas concentraciones .....	41
VI.	Características del agua para sistemas de enfriamiento .....	43
VII.	Concentraciones de anticongelante y protección correspondiente .....	46
VIII.	Escala de pH para mezclas de refrigerante de 1 a 14 .....	48
IX.	Modelos de maquinaria CATERPILLAR.....	79
X.	Estandarización de mano de obra de reparaciones comunes en equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR .....	94
XI.	Costo promedio de consumibles para maquinaria CATERPILLAR.....	97





## GLOSARIO

<b>Alarma activa</b>	Es una señal (luz roja en el panel) que indica irregularidad ocupacional y deshabilita al equipo en forma automática como una medida de protección para evitar fallas más severas.
<b>Alarma inactiva</b>	Para equipos que poseen paneles de control digital, es una señal (luz amarilla en el panel) que indica una irregularidad en los parámetros de funcionamiento normal del equipo, pero que no es capaz de deshabilitar el mismo.
<b>Calentador de agua</b>	Es un componente de los motores de combustión interna, que tiene la función de mantener a temperatura ideal de operación los equipos de generación eléctrica y facilitar al mismo tiempo el arranque programado o de emergencia.
<b>Control de Contaminación</b>	Normas internas establecidas por CATERPILLAR, <i>para</i> realizar una correcta práctica de las reparaciones de maquinarias.
<b>Diagnóstico</b>	Acción de determinar el grado crítico de funcionamiento. También se le puede definir como el proceso de búsqueda de soluciones que se requieran para que un equipo trabaje óptima y eficientemente.

<b>Informe SPM</b>	Es un documento en donde se recopilan todos los parámetros de funcionamiento de los equipos de generación eléctrica al momento de realizar la vista de inspección de mantenimiento preventivo (inspección ocular del funcionamiento). Su formato está basado en información obtenida en los manuales del fabricante.
<b>Informe de servicios</b>	Es un documento especial que se utiliza únicamente para recopilar información al momento de realizar un diagnóstico, reparación o servicio de mantenimiento preventivo. El objetivo es reportar en forma resumida las operaciones realizadas al momento de ejecutar la orden de trabajo.
<b>Inspección</b>	Es una parte inicial de mantenimiento preventivo y consiste en realizar visualmente una revisión periódica del estado de funcionamiento de los dispositivos que componen a un equipo o maquinaria industrial.
<b>Mano de obra</b>	Parte de un segmento en una orden de trabajo que define el tiempo estándar del técnico responsable de determinada reparación.
<b>Misceláneos</b>	Es la parte de un segmento donde se contemplan los gastos en relación a elementos que deben utilizarse en la ejecución de una reparación. Estos pueden ser productos consumibles o de limpieza.

<b>Orden de trabajo</b>	Es un documento que contiene detalladamente la información general del trabajo que debe realizarse de forma ordenada y explícita.
<b>Panel de control</b>	Es un dispositivo eléctrico conectado a sensores que se encuentran colocados estratégicamente en la máquina. Tiene la función de registrar la magnitud de los parámetros de operación de la máquina. Los hay de dos tipos los analógicos y digitales para equipos más modernos.
<b>Partes o repuestos</b>	Tercer y último elemento que compone a un segmento de una orden de trabajo y donde se muestra el número de parte del o los repuestos que se están utilizando, según la instrucción del segmento.
<b>Prueba con carga</b>	Cuando el equipo que se mantiene en marcha, es el principal suministro eléctrico de la red eléctrica donde se encuentra instalado el equipo.
<b>Prueba de vacío</b>	Arranque realizado en la inspección, para determinar el comportamiento de un equipo de generación eléctrica y toma de datos de dimensiones eléctricas, temperatura y tiempo.
<b>Reparación</b>	Ejercicio que se requiera para realizar el reemplazo o reparación de componentes de un equipo o planta eléctrica, posterior al diagnóstico.

<b>Segmento</b>	Es la parte de una orden de trabajo que indica la acción que se deba tomar. Una orden de trabajo puede tener múltiples segmentos.
<b>Servicio SPM</b>	El español se define como Servicio de Mantenimiento Preventivo y es una división del taller de servicios de GENTRAC, involucrada con atención exclusiva a generación de potencia.
<b>Tanque de combustible</b>	Depósito de forma simétrica en donde se almacena el combustible de las plantas eléctricas. Estos pueden ser externos o internos.

## RESUMEN

En el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó un análisis de todas las posibles adaptaciones mecánicas y agregados de componentes que ayudan a mejorar el funcionamiento operacional y el rendimiento de los equipos y que así mismo, facilitan el mantenimiento o las reparaciones necesarias en un determinado momento.

Se realizó un listado detallado de los repuestos utilizados para las reparaciones correspondientes al servicio de mantenimiento de 250 horas en plantas eléctricas, incluyendo estimaciones del tiempo que se requiere para la completación de los mismos en el caso necesario de importarlos, además se tomó en consideración el tiempo en que es posible estandarizar el reemplazo de los mismos. También se determinó el tiempo de vida útil de las reparaciones generales antes mencionadas y se realizó un diagnóstico, explicando las razones por las cuales se producen estos desperfectos o fallas.

Asímismo, se realizó un listado de conceptos relacionados con el monitoreo de condiciones a través de la señal inalámbrica, también se enumeraron las piezas que componen al sistema inalámbrico, se dio una breve explicación del funcionamiento normal de dicho sistema, se estimaron los costos de adquisición de dichos elementos y se definió en qué equipos puede utilizarse este sistema.



Finalmente se recopiló toda la información adquirida en el transcurso del proyecto, se organizaron en formatos digitales y físicos para poseer la información adecuada y mejorar el diseño original de las máquinas, incrementando el rendimiento de las mismas y facilitar las reparaciones.

# OBJETIVOS

## General

Aplicar y enriquecer los conocimientos adquiridos dentro de la carrera de Ingeniería Mecánica, a través del planteamiento, ejecución, supervisión y evaluación del diseño de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR.

## Específicos

1. Recopilar la información relacionada con la tecnología básica de las plantas eléctricas.
2. Definir las condiciones ideales a las que se encuentran sometidos los equipos de generación eléctrica, en los lugares donde se encuentran ubicados.
3. Realizar un inventario de repuestos en general, que la maquinaria debe utilizar al momento de prestarle servicio de mantenimiento.
4. Calcular tiempos estándar de mano de obra, para la realización de las reparaciones más comunes aplicadas en equipos electrógenos.
5. Diseñar adaptaciones mecánicas e implementar mejoras que puedan ser compatibles y utilizables con equipos que aún utilizan instrumentación análoga o de comunicación por panel de control sin respuesta remota.



## INTRODUCCIÓN

Las plantas eléctricas representan una útil solución a la necesidad de obtención de energía eléctrica, tanto para la vida cotidiana, como para procesos industriales bastante complejos. Por lo tanto, la respuesta de esta máquina de generación eléctrica debe ser inmediata y segura para los equipos que se encuentren conectados al sistema eléctrico que alimenta.

El mantenimiento de las plantas eléctricas, prolonga la vida útil y mantiene el funcionamiento normal al momento que se requiera la intervención de las mismas. Lamentablemente en el diseño original de los equipos se asume que las condiciones de operación son idealizadas y se dejan de tomar en cuenta condiciones de importancia que pueden producir el deterioro o desgaste acelerado de los componentes de la maquinaria o hasta incluso la completa deshabilitación de toda la máquina y los costos de mantenimiento constante pueden ser aún más elevados que las reparaciones mismas.

Hoy en día, la manera más común de ejecutar un mantenimiento preventivo, es realizando una inspección de la operación del equipo y determinar que los rangos de funcionamiento sean aceptables según el manual de operación del fabricante. Si hubiera alguna irregularidad se deberá inspeccionar más minuciosamente el componente en su funcionamiento y diagnosticar la avería, con el objetivo de evitar que más adelante pueda presentarse algún funcionamiento crítico del equipo e incluso una falla irreparable.

Pero esta actividad requiere que constantemente se invierta el tiempo necesario para realizar dicha acción, además se debe contar con mano de obra tecnificada y calificada para el caso, lo cual incrementa aún más los costos de mantenimiento.

Normalmente no se puede invertir tanto tiempo en desarrollar esta inspección constante y los dueños de estos equipos generalmente adquieren los mismos para garantizar que sus procesos de trabajo no sufran ningún tipo de interrupción. Las mejoras aplicadas al monitoreo de condiciones permiten definir las variables de operación que deben mantener los equipos de generación eléctrica, para ser consideradas como de funcionamiento normal. También permiten identificar las condiciones que no se tomaron en cuenta al momento del diseño original del mismo. Siendo estas el punto de partida para el diseño de una adaptación que permita controlar mejor la operación del equipo y su rendimiento, garantizando la longevidad del mismo y reduciendo los costos de operación y mantenimiento.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Aspectos generales**

Hacia 1999 GENTRAC era una institución estrictamente dedicada al servicio de maquinaria de construcción y el área de generación de potencia no era una prioridad, en este momento para las grandes compañías ubicadas en la ciudad de Guatemala.

La adquisición de plantas eléctricas es casi exclusiva para aquellas empresas con poder adquisitivo extraordinario y el concepto de mantenimiento es una cultura industrial en pleno desarrollo. Los pocos equipos adquiridos por empresarios son solicitados vía aérea a los Estados Unidos (a la planta CATERPILLAR), tomando en cuenta condiciones idealizadas para el entorno Norteamericano. Cuando estos equipos son instalados en Guatemala sufren algunas alteraciones con el objetivo de ser utilizados sin tener ningún inconveniente en su operación normal de trabajo.

Actualmente, el área de Servicio de Mantenimiento Preventivo (SPM), cuenta con un técnico encargado de realizar las visitas de inspección de mantenimiento y de las gestiones de modificación y reparación de los equipos que cuentan con convenios de mantenimiento preventivo (aproximadamente 30 equipos registrados).

Los recursos para el desarrollo de esta actividad son escasos no por causas económicas; sino más bien porque aún no se cuenta con una definición de lo que se requiere para efectuar el mantenimiento preventivo de una manera óptima. Teniéndose a la mano únicamente aquellos elementos básicos para determinar los parámetros de funcionamiento normales y bajo los criterios técnicos del inspector se comienzan a realizar rediseños y adaptaciones especiales de los equipos para facilitar los trabajos más habituales aplicados a los equipos de generación eléctrica (prueba y error).

Más adelante se formulan nuevas estrategias para mejorar el mantenimiento, tales como: el análisis de falla, análisis de lubricante y refrigerante, informes de inspección SPM con información más detallada, adquisición de herramienta y equipo más sofisticado, facilidad de recursos y de información tecnológica de los equipos de generación eléctrica, para realizar una mejor práctica del mantenimiento. A su vez se incrementa la venta de equipos y convenios de mantenimiento, lo cual permite la contratación de técnicos que realicen esta tarea a una mayor cantidad de plantas eléctricas.

Pese a todos los cambios realizados se demuestra que las plantas eléctricas marca CATERPILLAR son de costo elevado para la empresa relativamente común, por esta razón Gentrac comienza la venta de equipos de una marca nueva: Olympian, con potencias regularmente menores y costos menores a los de CATERPILLAR.

El rendimiento de estos nuevos equipos despierta un especial interés en la inspección de mantenimiento preventivo y se comienzan a realizar un análisis comparativo para encontrar nuevas adaptaciones a los equipos CATERPILLAR, que permitan el mejoramiento de la operación de la planta eléctrica y la modernización de los mismos.

Actualmente, el desarrollo del mejoramiento del monitoreo de condiciones continua y se mantiene en la búsqueda de nuevas opciones de adaptaciones y rediseño, que mantengan a las plantas eléctricas marca CATERPILLAR como un equipo líder en la generación de potencia.

### **1.1.1. Maquinaria CATERPILLAR**

GENTRAC es una empresa dedicada exclusivamente a la venta de maquinaria y sus respectivos repuestos, también incluye la venta de equipos de generación de potencia y otros, por su diseño existen varias condiciones que se deben tomar en cuenta para determinar la importancia de utilizar productos y consumibles CATERPILLAR, para equipos de generación eléctrica de la misma marca, las cuales se describen a continuación:

#### **1.1.1.1. Recomendación del fabricante**

Inicialmente se debe entender que para que un equipo de generación eléctrica prolongue su tiempo de vida útil, es indispensable que se tome al pie de la letra, todas las recomendaciones del fabricante, indicadas en el manual de mantenimiento del equipo.

#### **1.1.1.2. Inversión contra costos de operación**

En los casos de los servicios de mantenimiento preventivo se ha determinado que la inversión económica que es necesario realizar para reemplazar los filtros de aire, combustible y lubricante, representa una mínima parte de lo que representaría una reparación en un momento inesperado.



Esto sin mencionar los costos de producción que representa para la empresa o compañía que ha depositado su confianza en el respaldo del equipo que momentáneamente quedaría inoperable en el caso de una falla inminente.

#### **1.1.1.3. Adaptación y rechazo**

También es importante mencionar que en la mayoría de los casos, todos los consumibles provenientes de otras marcas o también los llamados genéricos, están diseñados para equipos que trabajan bajo parámetros de funcionamiento estándar, sin embargo, en la búsqueda de la eficiencia por encima de otras marcas, CATERPILLAR busca destacar cambiando sus parámetros de funcionamiento y mejorándolos significativamente, lo que puede provocar el rechazo de los consumibles genéricos. Ya que los consumibles de la marca oficial pueden adaptarse sin ningún inconveniente debido a su diseño.

#### **1.1.1.4. Respaldo y disponibilidad**

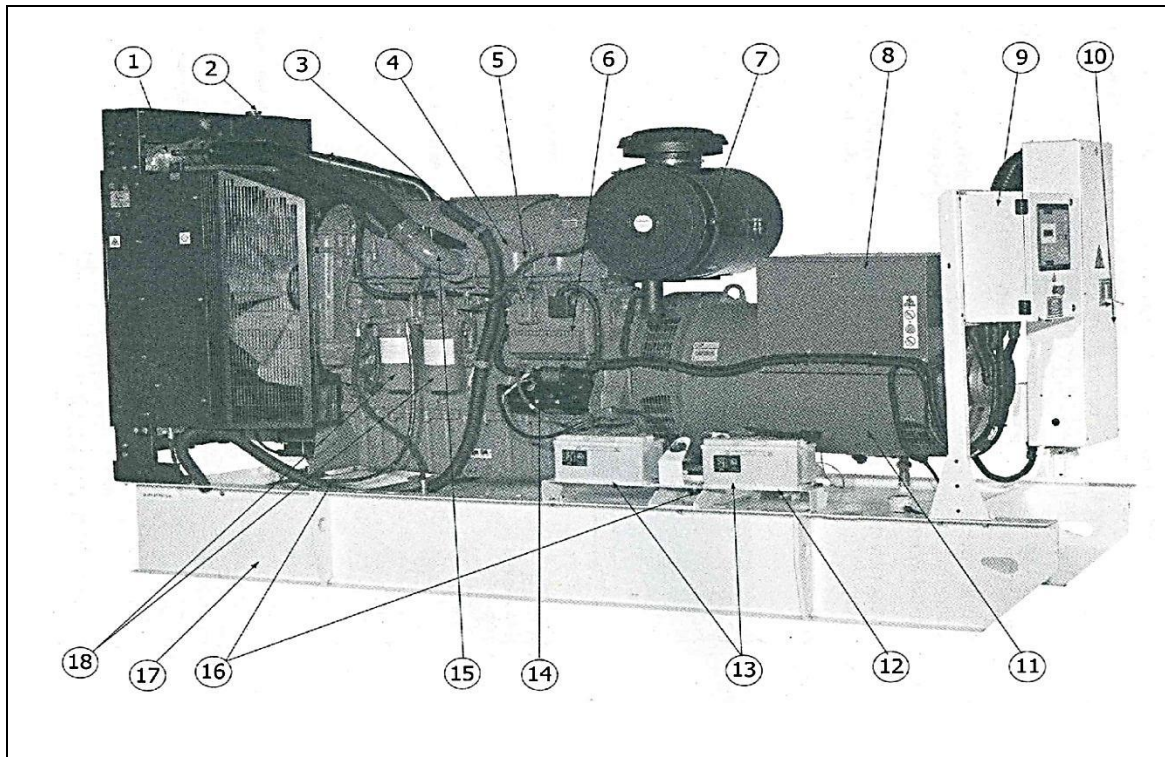
Una institución que adquiere un equipo de generación eléctrica para respaldar sus operaciones de trabajo, debe contar con disponibilidad de los repuestos, en los momentos en los que a través de las inspecciones de rutina sea necesario recomendar antes de que ocurra una falla que pueda desfavorecer el funcionamiento del equipo. Para este caso el taller de servicio en conjunto con el Departamento de Repuestos de GENTRAC están comprometidos a respaldar la operación de los equipos de generación eléctrica surtiendo los repuestos que sean necesarios reemplazar en un corto plazo.

Además, se debe agregar que todos los repuestos son elaborados bajo estrictas normas de calidad y cualquier inconveniente con la utilización comprobada de repuestos defectuosos será garantizada al 100% de su valor total y cubierta por la representación de CATERPILLAR en Guatemala, que para este caso es GENTRAC.

## **1.2. Condiciones ideales de trabajo de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR**

Este es un tema importante para los equipos de generación eléctrica, que abarca desde la selección del equipo, trasladado, hasta las condiciones de instalación del mismo. En esta sección se hará énfasis en las condiciones de trabajo propiamente de donde se encuentre ubicado el equipo. A continuación, se presenta un diagrama de una planta eléctrica y sus componentes básicos:

Figura 1. Vista de una planta eléctrica y sus componentes básicos



1.	Radiador	10.	Cortacircuitos
2.	Tapón del radiador	11.	Generador
3.	Motor de ventilación	12.	Base de batería
4.	Cargador de batería	13.	Baterías
5.	Motor de combustión diesel	14.	Motor arrancador
6.	ECM (computadora)	15.	Turbocargador
7.	Filtro de aire	16.	Aislador de vibraciones
8.	Caja de terminales del generador	17.	Tanque de combustible
9.	Panel del control	18.	Filtro de combustible

Fuente: HERNÁNDEZ, A. Manual Técnico de Operación y Mantenimiento CATERPILLAR.  
p. 23.

Factores de instalación:

- Acceso y ubicación para el mantenimiento y reparaciones.
- Vibración.
- Ventilación del área.
- Tubería de escape y aislamiento.
- Reducción de ruido.
- Método de refrigeración del motor.
- Tamaño y ubicación del tanque de combustible.
- Regulaciones nacionales de seguridad y emisiones de gases.
- Normas de Seguridad Industrial.

### **1.2.1. Ubicación**

Por lo general, los equipos de generación eléctrica se encuentran en los sótanos de los edificios, en algunos casos en niveles intermedios del edificio, en balcones, en áticos, en el techo o incluso en un edificio separado. El área del generador debe ser lo suficientemente grande como para proporcionar adecuada ventilación y un amplio espacio de trabajo para realizar reparaciones y trabajos de mantenimiento.

Cuando el edificio no cuenta con espacio suficiente para la instalación, se puede considerar la opción de ubicar al equipo en una construcción vecina o remolque, en forma temporal o definitiva, pero debe estar protegido de la intemperie (el ingreso de agua en los componentes eléctricos puede dañarlos significativamente).

### **1.2.2. Montaje**

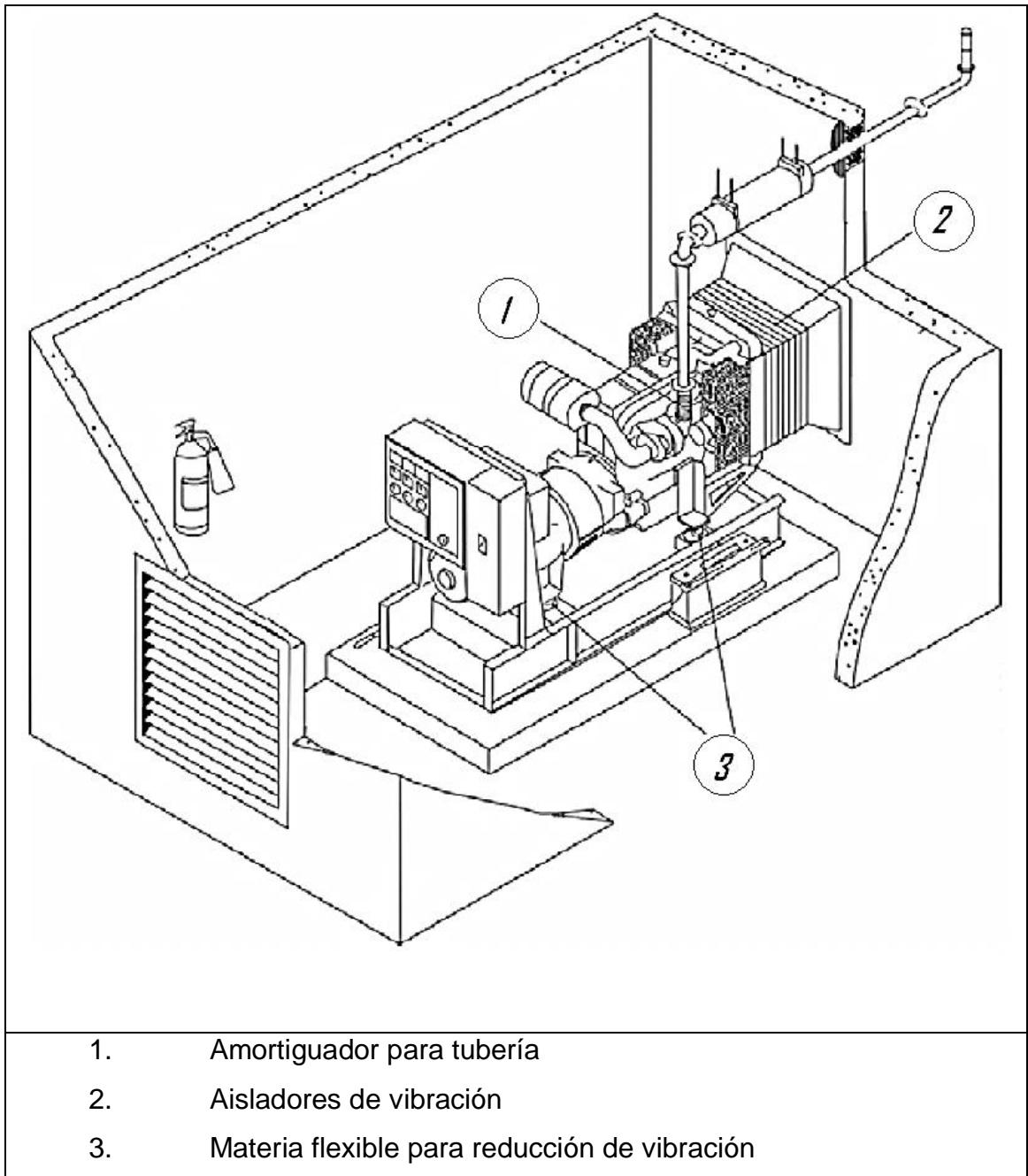
Durante la instalación del equipo se debe tener especial cuidado en que el mismo quede nivelado a ras del suelo. Ninguna parte puede quedar a desnivel ya que al inicio de la marcha se pueden producir efectos nocivos a causa de la vibración.

### **1.2.3. Aislamiento contra vibraciones**

A partir de los motores modelo 3 208, se recomienda el uso de amortiguadores en la base de la planta eléctrica para tratar de minimizar la vibración producida por el motor de combustión interna, tal y como se observa en la figura 2.

Un amortiguador es un elemento que generalmente viene fabricado con materiales resistentes a las vibraciones perjudiciales. Estos materiales son aplicados a la base del generador.

Figura 2. Diagrama de equipo para aislamiento de vibraciones



Fuente: SAMPIERI, J. Manual Técnico de Instalación de Equipo CATERPILLAR. p. 45.

#### **1.2.4. Ventilación**

Todos los motores de combustión interna requieren de una generosa cantidad de aire fresco y limpio para producir su proceso de combustión. Si esta ventilación es densa y tiene una temperatura más alta que la temperatura ambiente, el motor no podrá producir su potencia nominal.

La temperatura producida por el motor juntamente con el generador aumentará la temperatura del área del equipo si no existe una adecuada y necesaria ventilación.

Cuando el motor es enfriado por convección forzada, el ventilador del radiador debe mover grandes cantidades de aire a través del núcleo del radiador. Debe haber diferencia de temperatura suficiente entre el aire y el agua en el radiador para enfriarla suficientemente antes de que recircule a través del motor. La temperatura del aire a la entrada del radiador depende del aumento de la temperatura del aire que fluye a través de la habitación desde el ventilador. El ventilador del radiador ayuda a mantener la temperatura ambiente en el rango deseable.

El principal objetivo de la ventilación es mantener el aire de la habitación a una temperatura agradable para una operación eficiente y completa energía disponible, pero no debe ser tan frío en invierno para que el motor no sufra un arranque lento.

#### **1.2.4.1. Circulación**

La ventilación debe ser adecuada y para esto se requiere un gran flujo de aire fuera del ambiente y la libre circulación dentro del mismo en interior del área. Por lo tanto, la habitación debe ser de tamaño suficiente para permitir la libre circulación de aire.

El grupo electrógeno debe estar ubicado de modo que la admisión del motor extraiga aire del enfriador. Si hay dos o más generadores juntos, hay que evitar la ubicación cercana de estos, para que el aire caliente que sale del radiador de un conjunto no fluya hacia la admisión del radiador del motor adyacente.

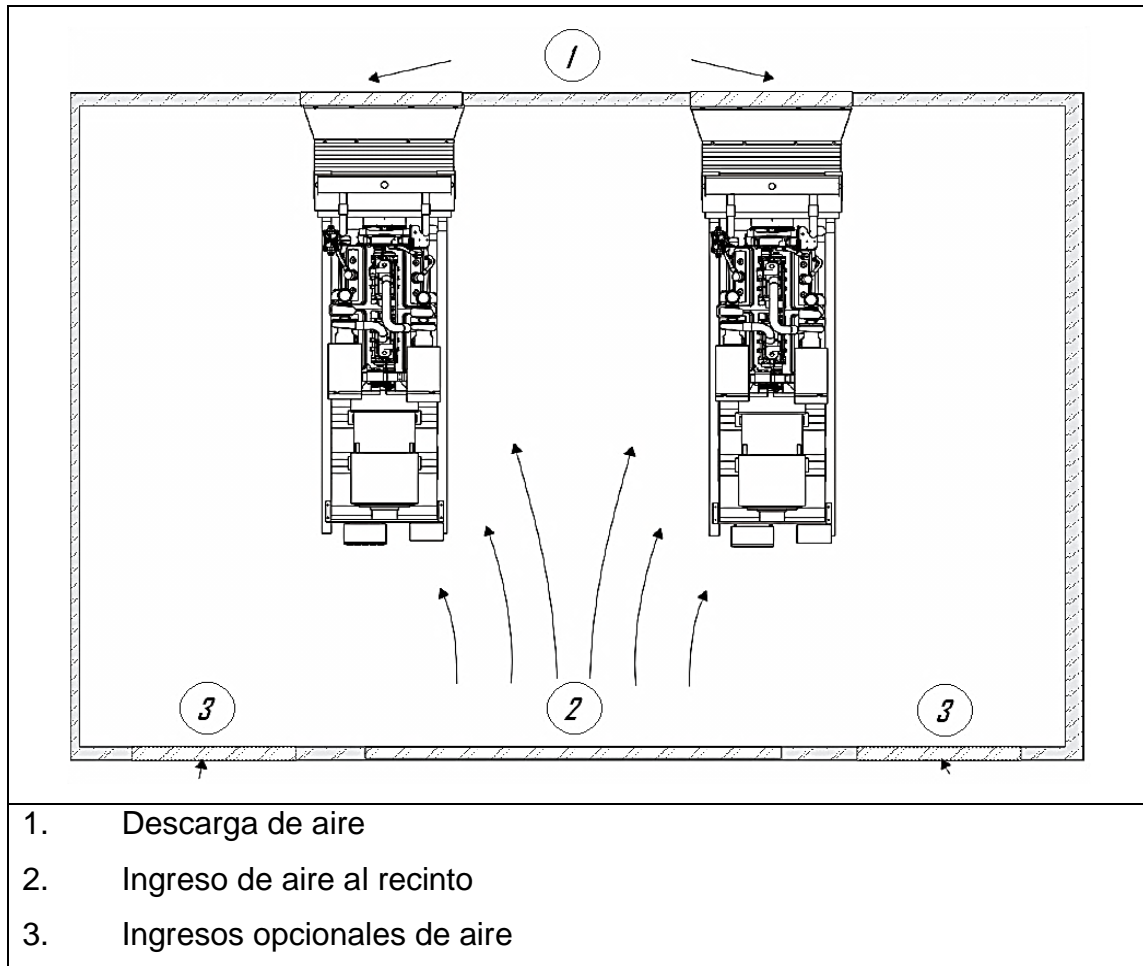
#### **1.2.4.2. Ventiladores**

Para que entre aire fresco a la habitación, debe haber una entrada del exterior o por lo menos una apertura al extremo del inicio de la planta eléctrica (ver figuras 3 y 4). En habitaciones más pequeñas, los conductos se pueden usar para llevar aire fresco a la habitación o directamente a la toma de aire del motor. Además, la abertura del ventilador de salida debe ser situada en la pared exterior opuesta.

Tanto la entrada como la salida deben tener ventiladores y rejillas de protección contra la intemperie. Estos pueden ser fijos, pero preferentemente deben ser móviles en climas fríos. Para los grupos electrógenos de arranque automático, si las persianas son móviles, deben ser operadas automáticamente y debe ser programado para abrir inmediatamente al arrancar el motor.

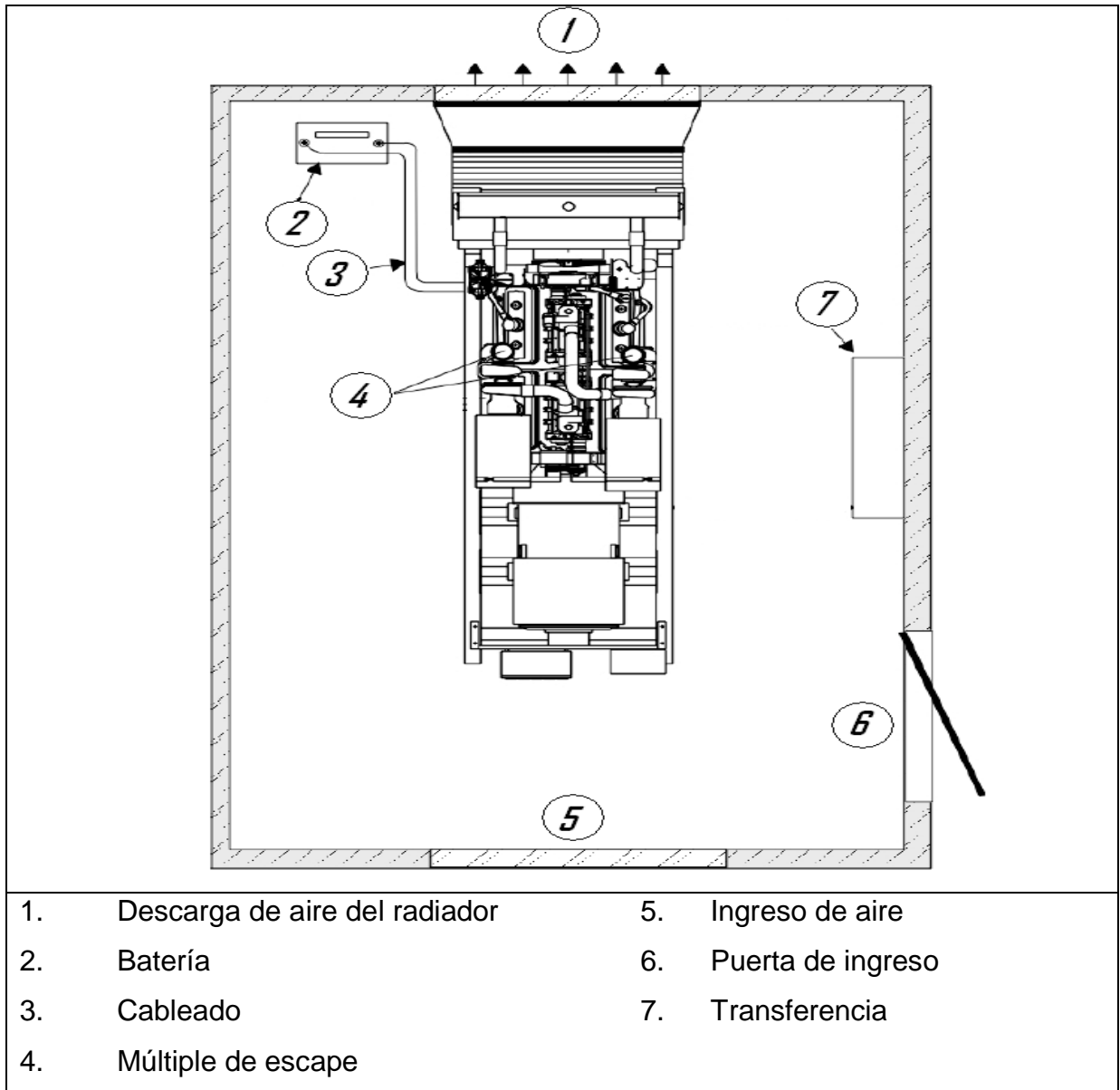


Figura 3. **Ventilación: entrada y salida de aire para varios equipos**



Fuente: SAMPIERI, J. Manual Técnico de Instalación de Equipo CATERPILLAR. p.33.

Figura 4. **Ventilación: entrada y salida de aire para un solo equipo**



Fuente: SAMPIERI, J. Manual Técnico de Instalación de Equipo CATERPILLAR. p. 34.

### **1.2.5. Tubería de escape del motor y aislamiento**

El escape del motor debe estar dirigido hacia el exterior del ambiente donde se ubica la planta eléctrica de manera adecuada para que no genere una contrapresión excesiva en el motor. El sistema involucra a las tuberías de escape con aislamiento para reducir la radiación de calor. El extremo exterior de la tubería debe estar equipado con una tapa para lluvia o un corte a 60 grados con la horizontal para evitar que la lluvia entre en el sistema de escape. El agua de lluvia cae caprichosamente por lo que siempre es capaz de ingresar, por esa razón es necesario agregar al sistema de escape un drene que deje fluir el exceso de condensado.

Si las instalaciones del edificio están equipadas con un sistema de detección de humo, los gases de escape deben estar dirigidos de manera que no active alarma de detección de humo. Asimismo, antes de realizar la instalación de la tubería de escape, se recomienda realizar un estudio de análisis del fluido de aire externo para determinar su comportamiento y las direcciones que toma para evitar que los gases de escape se queden recirculando alrededor del edificio indefinidamente.

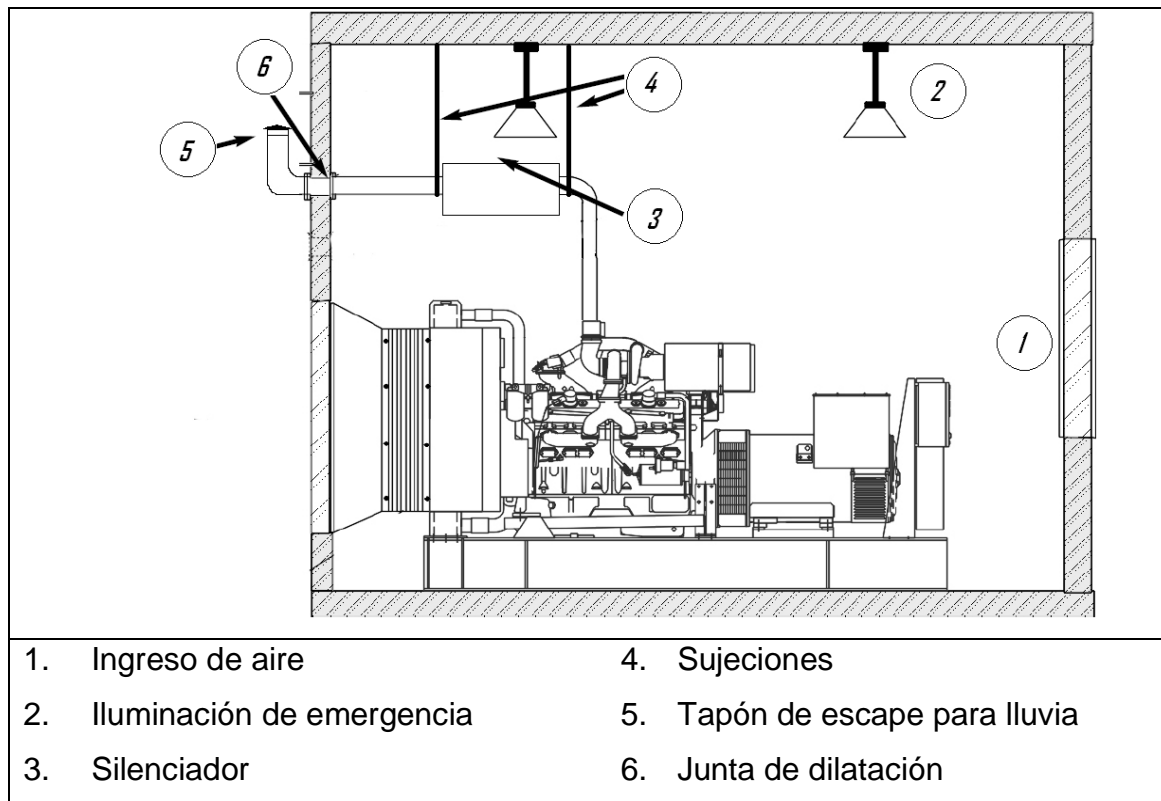
Por motivo de economía en la instalación de la tubería de escape y para no afectar la eficiencia del motor, debe evitarse el uso de múltiples conexiones o instalación de accesorios. Los sistemas de tuberías de escape vienen especialmente diseñados con materiales y formas particulares (Secciones flexibles) que evitan los efectos de la contracción y dilatación del material por efecto térmico y además reducen la vibración.

No se recomienda que el sistema de escape de un motor se comparta con algún otro sistema de escape adyacente. Ya que existirán inconvenientes en que la presión ejercida por un motor, produzca una sobrepresión en dirección contraria al sistema del otro motor que está conectado.

Sólo en el caso, que por espacio o por regulaciones de construcción en la infraestructura del lugar donde se encuentre instalado el equipo eléctrico, sea necesario realizar este tipo de trabajo se deberá rediseñar el sistema de escapes múltiples para que no se produzca este efecto. (Ver figura 5).

En algunos casos el gas de escape puede ser dirigido a la salida de descarga del radiador y puede ser insonorizada de manera que ambos gases se mezclan y salen por el mismo espacio hacia el exterior del ambiente donde se encuentra ubicada la planta eléctrica, auxiliado por un sistema de ventilación adicional al ventilador del radiador.

Figura 5. **Diagrama de instalación múltiple de escape**



Fuente: SAMPIERI, J. Manual Técnico de Instalación de Equipo CATERPILLAR. p. 12.

### 1.2.6. Secciones flexibles

Generalmente, están instalados entre el tubo de escape y el colector para prevenir la formación de vibraciones originadas por la combustión del motor. Además de prevenir los efectos de fractura por la vibración también reduce los efectos de la dilatación por aumento de temperatura, porque si las juntas fuesen planas en una instalación en particular, debido al efecto de la vibración, se agrietaría la tubería o se deformaría.

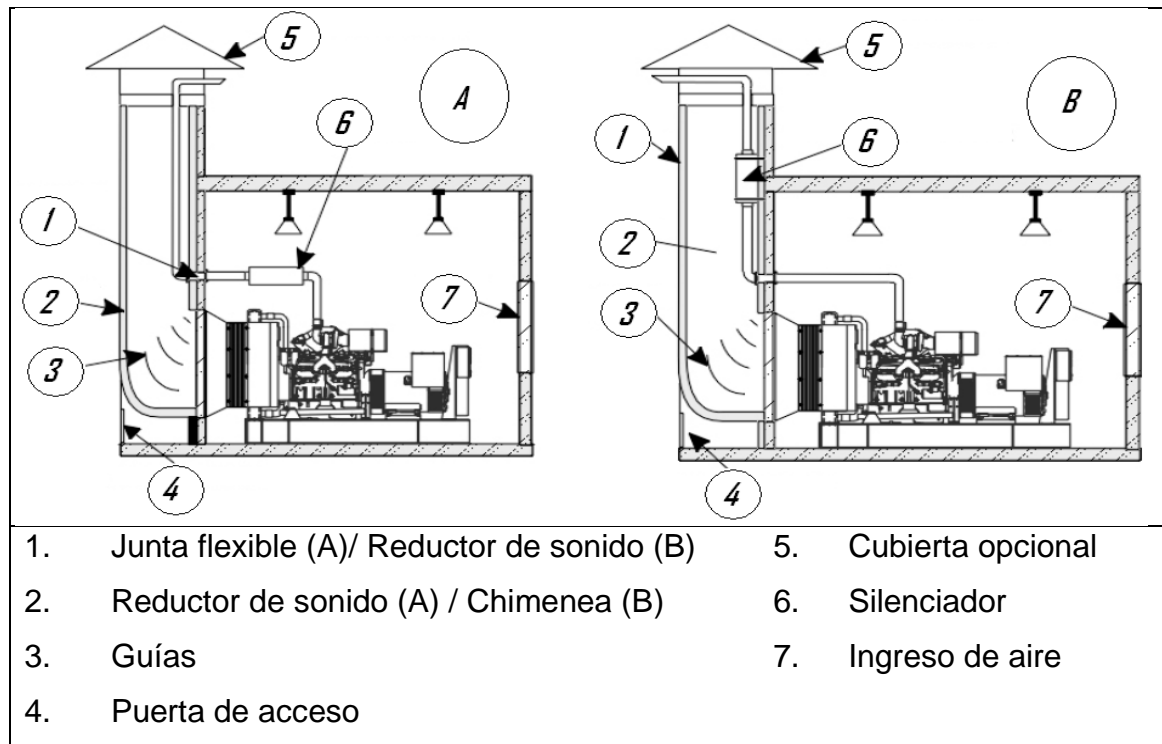
Hay que tomar en cuenta que la tubería de escape debe estar alejada de materiales inflamables, aislada y señalizada como un ducto que alcanza una alta temperatura para protección de los operarios. La obstrucción de los gases de escape, afecta seriamente la potencia del motor, reduce su durabilidad, aumenta el consumo de combustible y su temperatura normal de trabajo. Por lo general, la restricción al paso de los gases de escape es producida por las siguientes razones:

- Diámetro delgado de la tubería de escape
- Tubería de escape demasiado larga
- Demasiados accesorios en el sistema de tuberías
- Silenciador ubicado a una altura elevada

#### **1.2.7. Reducción de ruido**

El ruido excesivo es indeseable en la mayoría de lugares. Dado que una gran parte del ruido del generador es producido en el escape del motor, este ruido puede ser reducido a un nivel aceptable mediante el uso de un silenciador de escape (ver figura 6). El grado requerido de aislamiento de sonido, depende de la localización y puede ser regulado por la ley. Por ejemplo, el ruido de un motor es indeseable en un área hospitalaria, pero generalmente no es tan importante en una planta de producción o en una estación de bombeo.

Figura 6. **Instalación insonora de la tubería de escape**



Fuente: SAMPIERI, J. Manual Técnico de Instalación de Equipo CATERPILLAR. p. 18.

El silenciador reduce el ruido en el sistema de escape por disipación de energía en las cámaras y tubos deflectores y mediante la eliminación de la reflexión de onda que provoca la resonancia.

El silenciador se selecciona de acuerdo al grado de atenuación requerida por las condiciones del sitio y los reglamentos. El tamaño de la tubería de escape y silenciador debe mantener una contrapresión de escape dentro de los límites recomendados por el fabricante del motor.

Los silenciadores se clasifican de acuerdo a su grado de reducción del ruido y comúnmente estos términos son conocidos como residencial, crítico y supercrítico.

- Nivel 1: silenciador del sistema residencial: adecuado para zonas industriales donde el nivel de ruido de fondo es relativamente alto o para las áreas remotas donde el ruido es admisible.
- Nivel 2: silenciador del sistema crítico: reduce el ruido de escape a un nivel aceptable en lugares donde se requiere ruido moderado de fondo y que generalmente siempre se encuentra presente.
- Nivel 3: silenciador del sistema supercrítico: proporciona reducción del ruido máximo para aplicaciones hospitalarias, hoteles, escuelas, tiendas, construcción de viviendas y otras áreas donde el nivel de ruido de fondo es bajo y el ruido del grupo electrógeno debe mantenerse al mínimo.

#### **1.2.7.1. Atenuación del ruido**

El recinto debe estar diseñado para atenuar el ruido generado por el motor de combustión interna. Los medios para lograrlo pueden ser bastante costosos, pero al mismo tiempo efectivos. Para lograr llevar a cabo este objetivo, las paredes de la sala de generación deben ser insonorizadas. Esto significa que los muros deben ser forrados con un material que pueda absorber las ondas sonoras que chocan a lo largo del ambiente.

En la mayoría de los casos es necesario para la toma de aire y aberturas de descarga de aire utilizar atenuadores de sonido.



Para proteger al personal operativo del ruido, los controles e instrumentación deben ser situados en una sala de control separada e insonorizada.

#### **1.2.8. Método de refrigeración del motor**

Escasamente hay algunos motores que son refrigerados por aire, pero la mayoría son enfriados mediante la circulación de un refrigerante líquido a través del radiador y conductos del bloque del motor.

Comúnmente el sistema de enfriamiento de la planta eléctrica posee un radiador directamente acoplado al motor y ubicado en el interior del recinto, el cual logra exitosamente el enfriamiento. Sólo es necesario tomar en cuenta las dimensiones del recinto para realizar reparaciones comunes, mantenimientos de rutina, limpiezas periódicas y la libre circulación del aire en cuanto al diseño de la ventilación del recinto.

En algunos casos el sistema de refrigeración de una planta eléctrica consta de torres de enfriamiento o depósitos externos, ubicados a distancia del recinto, a diferencia de los radiadores estos componentes abarcan mayor espacio y el costo de adquisición, instalación, operación y mantenimiento es mucho más elevado, pero sumamente eficiente.

La calidad de aire que ingresa al recinto debe estar libre de partículas que no obstruya el núcleo del radiador, ya que el aire que ingresa es el que utiliza el ventilador del sistema de enfriamiento y circula por los ductos panel del radiador. Si el aire carece de esta calidad, es necesario realizar inspecciones y limpiezas externas constantemente.

Por economía del uso de material para instalar el ducto flexible, se recomienda que el radiador esté lo más cerca posible de la pared externa por donde se descarga el aire caliente, esto también beneficia la circulación con la que el aire caliente abandona el recinto, ya que entre más corto sea el segmento de ducto flexible mayor será la libertad con la que fluya el aire caliente hacia afuera.

El ducto flexible está fabricado de caucho o de fibra resistente y está ubicado entre el ducto de descarga y el radiador con el objetivo de aislar las vibraciones y asegurar la libertad de movimiento entre el equipo electrógeno y el conducto fijo de salida.

### **1.2.9. Tamaño y ubicación del tanque de combustible**

Un sistema de suministro de combustible confiable debe asegurar en cualquier instante, la disponibilidad de combustible para facilitar el arranque y mantener en funcionamiento el motor. Esto requiere, como mínimo, un tanque pequeño, usualmente incorporado en la bancada o base del grupo electrógeno. Este tanque es a menudo respaldado por un sistema auxiliar de combustible a granel ajeno al grupo electrógeno, con una mayor capacidad de almacenamiento y en algunas instalaciones consta de bombas adicionales al sistema de inyección.

Para este tipo de instalación, debe considerarse una remota estación de servicio para despachar el combustible e ingresarlo al tanque externo. Esto proveerá mayor seguridad con el uso de fluidos peligrosos, sin interrumpir el ingreso de combustible cuando el equipo se encuentre en plena operación.

### **1.2.9.1. Ubicación del tanque de combustible**

El tanque debe estar ubicado lo más cerca del grupo electrógeno, como sea posible. Normalmente es seguro almacenar el combustible diésel en la misma habitación con el generador porque hay menos peligro de incendio o de humo con diésel que con gasolina. Por lo tanto, si los códigos de construcción lo permiten se puede situar el tanque cerca de la planta eléctrica y se colocarán las indicaciones de uso y normativos de actividades de emergencia contra incendios en el mismo recinto.

Cuando un sistema de combustible remoto va a ser instalado con un almacenamiento a granel de tanque, este puede estar situado fuera del edificio donde será conveniente para los trabajos de rutina, llenado, limpieza e inspección de mantenimiento. En el caso exclusivo de ciertos países, el tanque de combustible a granel, no debería estar expuesto a temperaturas bajo cero, porque el flujo de combustible se restringirá a medida que aumenta la viscosidad con la temperatura fría. En general y para estos casos en particular, el depósito puede estar situado ya sea por encima o por debajo del nivel del suelo.

### **1.2.10. Regulaciones Nacionales de Seguridad, Manejo Energético y Emisiones de Gases**

Todas las normas relacionadas al diseño, instalación y manejo energético de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR, están subordinadas a los requerimientos establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) y las normas de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

Aunque para el manejo de emisiones de gases aún no se cuenta con una plataforma legal que obligue al propietario de un equipo electrógeno a diseñar instalaciones de sistemas de escape o a adquirir equipos de inyección más modernos y así mismo más amigables con el ambiente.

Parte de esta situación radica en las condiciones y la calidad del combustible que se vende en Guatemala. Estos equipos de mayor complejidad, al utilizar combustible de mala o baja calidad reducen su eficiencia, vida útil y resultan siendo más contaminantes aún.

#### **1.2.11. Normas de Seguridad Industrial**

Para todo trabajo relacionado con el manejo de equipos de generación eléctrica es necesario tomar en cuenta todas las actividades relacionadas para garantizar la seguridad del operario o el técnico inspector de mantenimiento.

Se deben tomar las siguientes indicaciones:

- Rotulación y señalamiento: es importante e indispensable colocar normas de seguridad dentro del área de generación, para que cada persona que se encuentre involucrada con el manejo del equipo de generación eléctrica conozca y ponga en práctica, antes de realizar su trabajo.

Una forma de señalamiento que se debe observar dentro del recinto es la restricción de paso. Este es un conjunto de líneas trazadas en el suelo, que guían al operario a mantenerse en un espacio seguro fuera del alcance de algún mecanismo en movimiento del motor o de superficies calientes.

También deben observarse los trabajos de pintura en tuberías de escape para señalar con un color de la gama utilizada por las Normas de Seguridad Industrial, que tiene una alta temperatura. También se debe realizar este mismo trabajo en el tanque de combustible y las líneas que conducen el combustible cuando existe en la instalación un tanque de combustible a granel o remoto.

- Iluminación de emergencia: es necesario instalar lámparas de reacción de emergencia, las cuales deben iluminar al momento de registrar alguna irregularidad en el suministro eléctrico nacional. Son de utilidad al momento en que sorpresivamente ocurre un corte en el suministro eléctrico y la planta demora en encender o para cualquier otro inconveniente que se presente en ese momento.

La cantidad de lámparas a instalar, dependerá del espacio y la claridad que se requiera. Pero hay que tomar en cuenta que este conjunto de lámparas funcionará el tiempo que le tome a la planta respaldar nuevamente la red a la cual ha sido conectada.

- Sistema de detección de humo y extintores: un equipo de generación eléctrica es susceptible a problemas de sobrecalentamiento por combustión interna del motor o por irregularidades en sus conexiones eléctricas. Si aún bajo las condiciones de ventilación y circulación de aire que debe tener el recinto que ocupa la planta, existe excesivo calor, es cuestionable que el equipo se encuentre en sus parámetros de funcionamiento normal.

Por esta razón la instalación de sistemas de alarma contra incendios son ideales para asegurar el bienestar de la infraestructura y para rescatar al equipo en caso de un siniestro. Estos deben activarse en el momento en que se detecta una temperatura irregular y pueden ser calibrados en un rango de temperatura proporcionado por el manual del fabricante del sistema en conjunto con el rango de temperatura aceptable del equipo electrógeno.

Adicionalmente, la planta cuenta con materiales especiales que se utilizan para envolver a la tubería de escape y algunos otros componentes que elevan su temperatura mientras el equipo se encuentra en plena marcha. Estos aisladores reducen la transmisión de calor al recinto y evitan la detección prematura de la alarma contra incendios.

Para respaldar la seguridad del equipo y los operarios involucrados con el mantenimiento de la planta eléctrica, es prudente colocar uno o varios extintores en el recinto, debidamente señalizados para que sea fácil encontrarlo y utilizarlo en caso de ser necesario. Adicionalmente, se deberá llevar un estricto control de llenado del mismo cuando caduque el contenido de cada extintor.

En algunos casos el recinto donde se encuentra el equipo electrógeno cuenta con sofisticados sistemas contra incendios el cual es una red de tuberías, colocada estratégicamente por encima de la planta y en cada nodo se encuentra una válvula especial, que apertura cuando detecta calor y da paso a un volumen considerable de agua a alta presión. Por lo general, se utiliza en lugares donde se instala un tanque de combustible a granel.

### **1.3. Componentes de maquinaria CATERPILLAR**

Antes de determinar las principales fallas encontradas en la maquinaria CATERPILLAR, es necesario conocer los principales componentes de los mismos, los cuales se describen a continuación:

#### **1.3.1. Filtros y sistemas de filtración**

La filtración se puede definir como la eliminación mecánica de un contaminante sólido o semisólido a partir de una corriente de flujo. Para el tema de filtración de fluidos utilizados en motores de combustión interna con aplicación a generación de potencia, las formas más comunes son las siguientes: tamizado, impactación y difusión.

Los filtros utilizados para motores de aplicación de generación de potencia, deben cumplir con una fabricación altamente integral, que destaque por sobre las demás marcas de sistemas de filtración que existan.

Según la Norma ISO 16889, un sistema de filtración de fluido hidráulico debe tener cierto grado de complejidad para la separación o remoción de partículas sin afectar las cualidades con las que el fluido debe permanecer en todo el sistema. Al mencionar las cualidades se debe tomar en cuenta el tipo de fluido que existirá en el sistema, la temperatura a la que se someterá, la viscosidad, los tipos de contaminantes a los que deberá enfrentar, etcétera.

Un filtro de alta calidad debe ser evaluado a través de pruebas de laboratorio de impulso y fatiga del elemento filtrante. Los avanzados sistemas de filtración se componen de las siguientes partes:

- Placas superiores de metal: que en este caso se utiliza el aluminio para evitar la formación de la corrosión y proporciona al embase mayor soporte estructural.
- Collar de resina horneada: mantiene firmes y separadas a una distancia equidistante, las hojas del material filtrante, a pesar del uso. Al mismo tiempo maximiza la superficie de filtración.
- Cubierta o exterior de lámina de acero para uso pesado: protege al elemento filtrante contra golpes, vibración, alta temperatura y variaciones en la presión interna.
- Tapas de poliuretano moldeado: generalmente elaboradas con caucho moldeado o inyectado y se utiliza para proporcionar mejor ajuste del filtro para evitar fugas de lubricante, combustible o aire.
- Espiral: aumenta la retención de la contaminación y el área de filtración.
- Tubo Central: ayuda a mantener estructuralmente el filtro y está fabricado de materiales no metálicos para evitar la corrosión en el interior.

Dependiendo de la aplicación a la que se someterá el sistema de filtración, debe considerarse que los filtros CATERPILLAR se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla:



Tabla I. **Clasificación de filtros CATERPILLAR**

Opción de Filtración	Aceite Lubricante	Separador de agua	Combustible	Aire	Otros
Estándar	30-40 $\mu\text{m}$	> 20 $\mu\text{m}$	> 10 $\mu\text{m}$	Min. 99,6% $\mu\text{m}$	> 50 $\mu\text{m}$
Avanzados	15-30 $\mu\text{m}$	10-20 $\mu\text{m}$	04-10 $\mu\text{m}$	N/A	10-50 $\mu\text{m}$
Ultra Superiores	< 15 $\mu\text{m}$	< 10 $\mu\text{m}$	< 4 $\mu\text{m}$	Min. 99,9% $\mu\text{m}$	< 10 $\mu\text{m}$

Nota: es necesario tomar en cuenta que no todos los equipos cuentan con separadores de agua o accesorios extras (otros), como aparece en la tabla anterior. Esto dependerá del tipo de arreglo de motor - Generador.

Fuente: elaboración propia.

### 1.3.2. **Eficiencia de los sistemas de filtración**

La eficiencia en los sistemas de filtración, inicialmente depende de qué tan hermético sea un sistema y qué tanto se logre mantener alejado de los contaminantes comunes.

Una de las estrategias que debe tomarse en cuenta es la de instalar en conjunto filtros de lubricante, combustible y aire en el proceso de ensamble y fabricación del motor. La razón es porque el sistema de producción de muchas industrias automotrices cumple con un estricto control de calidad y del control de la contaminación. Este es el momento ideal para descartar la contaminación de los sistemas del motor y en sus primeras horas de trabajo el desgaste será mínimo.

Otra forma de alcanzar y mantener la eficiencia de un sistema de filtración es la de respetar los intervalos de servicio marcados por las horas de trabajo cumplidas, recomendadas en la guía del fabricante o manual del operario del equipo. Cuando un sistema de filtración es reemplazado a destiempo o desorganizadamente, la capacidad de retención de partículas contaminantes, disminuye. Los efectos no son distinguidos inmediatamente, pero con el tiempo estos suelen ser nocivos para el equipo.

Por lo general, la guía del fabricante recomienda el reemplazo de los sistemas de filtración, en ciertos intervalos basados en antecedentes históricos de varias máquinas, pero del mismo modelo, que actúan bajo el efecto de condiciones similares. Sin embargo, no todos los equipos se comportan de la misma manera y las condiciones ambientales pueden producir efectos de desgaste severo. Es por esta razón que aunque se cuente con las recomendaciones del fabricante, también es importante contar con el análisis SOS, que no es más, que el análisis de laboratorio específico para el lubricante y el refrigerante del motor.

Este es un método más preciso para determinar si es o no imprescindible realizar el reemplazo de los sistemas de filtración o si es posible prolongar el funcionamiento de los mismos, en el equipo.

#### **1.3.2.1. Aplicación de sistemas de filtración en sistemas de combustibles**

Los sistemas de filtración, específicos de los sistemas de combustible de los motores con aplicación a generación de potencia, experimentan las mismas condiciones de operación que los motores que se utilizan en cualquier otra aplicación, bajo los siguientes parámetros:

Tabla II. **Parámetros de sistemas de filtración**

<b>Presión de Inyección</b>	<b>EUI</b>	<b>CR</b>
Tiempo de sellado de la presión de inyección	5%	95%
Temperatura del combustible (sistemas diésel)	200 °F	275 °F – 300 °F
Relación de aire combustible	4:1	0
Tamaño crítico de la partícula	6-7µm	2-3µm
Tolerancia al agua.	1 000 ppm	200-300 ppm
Expectativa de vida útil	Según fabricante	N/A
Alarma de fallo	Días	Ninguno

Fuente: elaboración propia.

### **1.3.2.2. Índice de desgaste de los sistemas de filtración**

El índice de desgaste de los sistemas de filtración, es una identidad numérica representada por los parámetros de desgaste que se obtienen a través de la operación del equipo evaluado constantemente en forma experimental y medida a través de la simulación del funcionamiento de los filtros dentro de un banco de pruebas o medida en forma real a través del uso de motor en plena marcha.

Suele ser utilizada para descubrir el tamaño de las partículas encontradas en el combustible comprimido en los inyectores del motor, que hacen que estos pierdan la presión con la cual inyecta el combustible al momento de la operación y expone el grado de desgaste que tiene cada inyector.

Una evaluación, en convenio con otras marcas ha permitido demostrar que 0,4 es el índice de desgaste que se obtiene después de poner a prueba el rendimiento de los sistemas de filtración de consumibles CATERPILLAR, siendo este el más bajo y en conclusión el mejor de todas las marcas, mientras que 86 el número obtenido por consumibles de otras marcas de muy baja calidad. Este último representa que hay posibles fugas en las juntas y tapas de los elementos filtrantes.

#### **1.3.2.3. Eficiencia de los sistemas de filtración de aire**

A diferencia de los demás sistemas de filtración (hidráulico y de combustible), observar un filtro de aire bastante sucio es un buen indicio del funcionamiento de este repuesto, ya que indica que el mismo está cumpliendo con su trabajo de una manera óptima. Por lo general, están fabricados de celulosa con capacidad de retener partículas entre 2 y 5 micras.

El máximo enemigo de los filtros de aire es la humedad. Cuando pequeñas partículas de agua son retenidas entre las fibras del elemento filtrante, se comienza a reducir el ingreso de aire al motor y como consecuencia podría existir una variación en la relación aire/combustible del sistema de inyección, sin mencionar que la presencia de agua en piezas metálicas produce el efecto de la corrosión.

Las válvulas de vacío son dispositivos que permiten incrementar la vida útil del elemento filtrante y restringir la presencia de condensado en el sistema de filtración de aire. Su funcionamiento reacciona con las pulsaciones del motor cuando este se encuentra en plena operación, la válvula se abre y cierra constantemente y finalmente descarga cuando el motor está apagado.

Otra forma de supervisar que el sistema de filtración de aire se encuentre trabajando bajo sus parámetros de funcionamiento normales, es a través del uso de los indicadores de servicio para filtros de aire. Estos dispositivos son precisos y de fácil lectura, permiten conocer las condiciones en las que se encuentra el elemento filtrante (determinan el porcentaje o cantidad de polvo que satura al filtro) e implícitamente reduce el número de veces que el elemento filtrante, debe ser reemplazado, lo cual se traduce como una forma de ahorro en los costos de mantenimiento.

### **1.3.3. Separadores de agua**

Es el elemento filtrante utilizado como único medio que permite el paso libre de la fase continua (diésel) y puede ser tratada para repeler la fase discontinua (agua). La dirección del flujo viene desde afuera hacia adentro del elemento separador.

Existen tres tipos de elementos separadores entre los cuales se pueden mencionar: el de papel plisado, el cual se fabrica de un papel especial (celulosa tratado con silicón), los separadores de teflón, que están compuestos de una malla de alambre de acero inoxidable recubierta de teflón y los separadores sintéticos, que están fabricados de una malla de nailon sintético hidrofóbico.

Estos tres tipos de separadores no reaccionan químicamente con el combustible y al mismo tiempo no pierden su forma estructural al estar en contacto directo o humedecido con dicho fluido.

#### **1.3.3.1. Separadores de agua y purificadores del combustible**

Existen dispositivos que adicional a la función de separación del condensado del combustible, también poseen la capacidad de retener contaminantes comunes (tierra, polvo, óxido y partículas de metal), que puedan afectar al sistema de combustión del motor, reduciendo su vida útil y su rendimiento.

Estos dispositivos ayudan a reducir los problemas ocasionados a los motores a causa de la contaminación presente en el combustible. Y los más especializados, son capaces de retener el 99% de condensado y elementos sólidos de hasta 10 micras. Esto ayuda a prevenir y reducir la formación de ácido sulfúrico, óxidos y humos contaminantes tales como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Los purificadores de combustible son complementos de los sistemas de filtración ya que puede aumentar la vida útil no sólo de los componentes internos del motor, tales como: la bomba de inyección o inyectores, si no también la de los filtros. A continuación, se presenta una tabla de ventajas y desventajas de los purificadores de combustible.

Tabla III. **Análisis de purificadores de combustible**

No.	Ventajas	Desventajas
1.	Captura partículas sólidas de gran tamaño y gran volumen de condensado. Además, reduce la contaminación del combustible, aumentando la vida útil del motor y evitando desajustes en el sistema de combustión e inyección, reduciendo los costos de reparaciones y mantenimientos preventivos del motor.	Se recomienda que trabaje únicamente por gravedad. El fluido deberá ingresar al filtro sin que sea succionado por la bomba de combustible ya que podrían existir variaciones significativas en la presión, que puedan afectar el funcionamiento normal del sistema de inyección.
2.	El sistema de purificación, puede ser instalado en los tanques de almacenamiento del combustible a granel y en equipos de generación eléctrica (sin descuidar que el combustible fluya a favor de la gravedad).	Tiene un alto costo de adquisición y dependiendo de la aplicación también en ocasiones es importante agregar sensores y demás accesorios que permitan la automatización del sistema.
3.	Con el mantenimiento y la supervisión adecuada pueden llegar a tener una vida útil de trabajo sumamente prolongada (10 años), sin necesidad de reemplazar componentes o accesorios del sistema de purificación.	Requiere una inspección minuciosa y periódica, también debe ser drenado en forma manual o en forma automatizada y esta actividad se debe realizar constantemente. La automatización es una opción que aumenta los costos de adquisición.
4.	Un sistema de purificación puede trabajar sin dificultades bajo condiciones hostiles. Su grado de confiabilidad es alto.	

Fuente: elaboración propia.

#### **1.3.4. Refrigerantes**

Este es un fluido utilizado para remover el calor del motor, como medio de transmisión de calor. En los motores de combustión interna antiguamente se utilizaba agua como refrigerante, pero sus propiedades no son las adecuadas para contrarrestar los efectos del aumento de calor en el motor, producido por la combustión y la fricción. Entre los cuales se puede mencionar baja temperatura de ebullición (100 grados Centígrados), formación de óxido y herrumbre.

Los refrigerantes por otra parte son sustancias que contienen glicol, etilenglicol, propilenglicol, glicerina y propanodiol, los cuales son importantes para evitar los problemas de congelación, ebullición, formaciones de herrumbre, corrosión y otros daños producidos al sistema de enfriamiento. Algunos de ellos son altamente tóxicos. Un refrigerante o anticongelante está compuesto de: mezcla de agua + aditivos + fluido base.

El uso del refrigerante no puede ser utilizado para cualquier aplicación; aunque las propiedades sean particularmente buenas, específicamente para un tipo de motor, no necesariamente seguirá siendo una buena opción para algún otro tipo de motor, distinto al que se menciona inicialmente. Para ello, se tiene una serie de mezclas de refrigerantes adecuadas, las más comunes son:



Tabla IV. **Propiedades físicas de los refrigerantes**

<b>Fluido Base</b>	<b>Freeze Protección contra la congelación</b>	<b>Punto de Ebullición msn (Atm).</b>	<b>Punto de Ebullición nsm con presión de 15 PSI.</b>
<b>Agua</b>	0 °C	100 °C	121 °C
<b>Etilenglicol, 50%</b>	-37 °C	107 °C	129 °C
<b>Propilenglicol 50%</b>	-32 °C	108 °C	131 °C

msn: metros sobre nivel del mar.

Fuente: elaboración propia.

#### **1.3.4.1. Función del sistema de enfriamiento de los motores de combustión interna**

En los motores con aplicación de generación de potencia la temperatura de operación por combustión puede llegar a alcanzar los 1 927 grados centígrados, sin embargo, sólo un 30% de este calor es energía útil para la conversión de movimiento a energía eléctrica, otro 30% se descarga en forma de gas de escape, 10% por conducción del motor hacia la atmósfera y el restante 30% es disipado por el sistema de enfriamiento.

Dependiendo de la complejidad del diseño del motor de combustión interna, en algunos casos el 30% de calor disipado por el sistema de enfriamiento puede aumentar debido a que no enfría únicamente al radiador, sino que también a algunos otros componentes, entre los cuales se pueden mencionar:

Enfriadores de aceite de la transmisión, enfriadores de aceite hidráulico, postenfriadores, múltiples de escape, cajas y protectores de turbocargadores, enfriadores de aceite de transmisiones marinas, enfriadores de transmisión de par y algunas otras aplicaciones que pueden surgir del rediseño y dependiendo de la aplicación.

#### **1.3.4.2. Componentes y operación**

Los componentes básicos de un sistema de enfriamiento son: radiador, ventilador, refrigerante, bomba de agua, enfriador de aceite del motor y regulador de temperatura del agua.

#### **1.3.4.3. Funcionamiento**

Básicamente, el flujo del refrigerante inicia en la bomba de agua, la cual es la parte que dirige al refrigerante hacia el interior del motor para absorber la mayor cantidad de calor. Primero el refrigerante fluye al enfriador de aceite del motor y luego se dirige al bloque del motor donde a través de pequeños conductos atraviesa y absorbe el calor de la culata y los cilindros, para terminar su recorrido en el radiador. Finalmente el ciclo vuelve a iniciar cuando la bomba de agua succiona e impulsa el refrigerante nuevamente al motor.

Durante la operación normal, el ventilador extrae el calor a través de las aletas del radiador y de los conductos que vienen desde la parte superior del panel hasta la parte inferior del mismo. Cuando al comienzo de la operación el motor tiene una baja temperatura, los termostatos restringen el paso del fluido hacia el radiador y cuando el motor aumenta su temperatura, los termostatos comienzan a abrirse lentamente hasta que el motor llega a su temperatura ideal de trabajo.

A pesar de la complejidad de algunos diseños de sistemas de refrigeración, como los que utilizan intercambiadores de calor, tanques de expansión, torres de enfriamiento y enfriador de quilla (para aplicaciones marinas) todos tienen básicamente la misma función, que es la de forzar el enfriamiento del refrigerante.

Un refrigerante debe cumplir estrictamente con ciertas funciones, las cuales se indican a continuación:

- Excelente transferencia de calor: sólo el 30% del calor producido por la marcha de un motor es aprovechado como energía.
- Previene la congelación: un motor que se encuentra inactivo bajo condiciones de temperatura externa relativamente bajas, puede sufrir de la congelación de la sustancia utilizada como refrigerante o el inicio de la congelación del mismo, por lo cual, se necesita que el fluido pueda ser bombeado a todo el sistema de enfriamiento.
- Previene la ebullición: gracias a los aditivos de los que está compuesto el refrigerante, este puede mantener su estado líquido a pesar del aumento de temperatura, mucho mayor al punto de ebullición del agua, siempre y cuando se encuentre dentro de un sistema cerrado.
- Es anticorrosivo: desafortunadamente el contacto entre agua y metal produce la formación de la corrosión; pero, con el refrigerante este efecto nocivo puede reducirse o eliminarse.

- Protege las piezas internas del motor contra la cavitación: el paso del refrigerante a través de los conductos internos del motor ocasiona turbulencia y al mismo tiempo el efecto de la cavitación, el cual a su vez inicia un tipo especial de desgaste en las piezas móviles del motor, al momento de su operación.
- Evitan la formación de herrumbre o los efectos de la oclusión de tubos: los refrigerantes comunes poseen silicatos los cuales con el tiempo de uso en el interior del sistema de enfriamiento forman capas. Un refrigerante debe poseer Inhibidores Carboxilados para evitar este efecto.
- Prolongan el tiempo de duración entre reemplazos de refrigerante: los refrigerantes deben mantener sus propiedades químicas durante un largo período de trabajo. Para refrigerantes CATERPILLAR la duración se prolonga hasta 12 000 horas de trabajo o lo equivalente a 6 años en promedio.

Cuando se realiza el reemplazo del refrigerante, inicialmente es necesario realizar una limpieza previa al interior del radiador, utilizando agentes limpiadores que remuevan las capas de partículas sólidas y óxidos que posiblemente se hayan formado con el refrigerante anterior. Este limpiador también removerá cualquier residuo de refrigerante que haya quedado alojado en el sistema; pero, es importante drenar todo el sistema y que no queden residuos antes de ingresar el nuevo refrigerante.

La tecnología actual, permite prolongar la vida útil de un refrigerante a través de agentes reactivadores. Básicamente es una sustancia que se agrega al refrigerante cuando el análisis de SOS CATERPILLAR para refrigerante determina que ha perdido sus propiedades.

Este se agrega a la mezcla existente sin necesidad de realizar limpiezas internas del radiador o el reemplazo del refrigerante. Los resultados de los análisis SOS CATERPILLAR, son una herramienta para determinar el estado del refrigerante, son obtenidos a través de mediciones por medio del uso del refractómetro. Este dispositivo mide el porcentaje de inhibidores encontrados en la muestra.

Es importante reconocer que algunas marcas reconocidas de motores no previenen en sus diseños, utilizar refrigerantes con alto contenido de glicol (a pesar de los beneficios), debido a que estos refrigerantes afectan y deterioran la superficie metálica interna de las tuberías del radiador e incluso los sellos ubicados en algunas juntas de tuberías. Esto a su vez produce fugas o derrames. Algunas guías para el uso del refrigerante, recomiendan entre 30% y 50% de glicol contenido en el refrigerante cuando en el sistema de enfriamiento existe un subsistema de pos enfriamiento de aire.

#### **1.3.4.4. Temperaturas del sistema de enfriamiento**

En un sistema de enfriamiento la temperatura del refrigerante debe ser alta para que el motor funcione eficazmente, pero al mismo tiempo, debe mantener una temperatura baja para que el refrigerante no hierva o comience a evaporar en el interior del radiador.

La velocidad con la que ocurre la transferencia de calor del motor al refrigerante y luego forzado al aire del ambiente, se le conoce como régimen de transferencia de calor, el cual depende de la diferencia de temperatura que exista entre el aire del ambiente y el calor absorbido por el refrigerante. Cuando aumenta esta diferencia aumenta el régimen de transferencia y viceversa cuando disminuye.

Si el refrigerante comienza a hervir e incluso a evaporarse en el interior del radiador, la sobrepresión saldrá por la válvula de alivio de presión del radiador. Esto reduce el nivel de refrigerante y aumenta el recalentamiento del motor, empeorando las condiciones de trabajo. La temperatura a la cual el refrigerante comienza a hervir, depende de los siguientes factores: la presión y la altitud a la cual funciona el sistema de enfriamiento, la cantidad y el tipo de anticongelante en la mezcla de refrigerante. Por lo tanto, el punto de ebullición es más alto a presiones altas y este punto de ebullición es más bajo a presiones bajas.

Tabla V. **Punto de ebullición del refrigerante a diversas concentraciones**

% Concentración	Temperatura a la cual hierve el refrigerante con etilenglicol (snm)
<b>20</b>	103 °C (217 °F)
<b>30</b>	104 °C (219 °F)
<b>40</b>	106 °C (222 °F)
<b>50</b>	108 °C (226 °F)
<b>60 (Se recomienda no exceder)</b>	111 °C (231 °F)

snm: sobre nivel del mar.

Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia una altura y presión constante, el punto de ebullición, también puede variar dependiendo de la concentración de anticongelante en la mezcla de refrigerante. El punto de ebullición será más alto a mayor concentración de anticongelante, sin embargo, el anticongelante es menos eficaz en la transferencia de calor que el agua.

#### **1.3.4.5. Propiedades del refrigerante**

La mezcla de refrigerante consta de agua + aditivo (también conocido como acondicionador del sistema de enfriamiento) y anticongelante. El tipo de refrigerante que se seleccione, influirá directamente en la eficacia del motor.

#### **1.3.4.6. Contenido de agua**

Se utiliza agua en la mezcla, ya que este es el mejor agente de transferencia de calor más eficiente, sin embargo, sus contaminantes pueden ser nocivos para el sistema de enfriamiento. El agua debe cumplir con los niveles establecidos de compuestos y características de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla VI. **Características del agua para sistemas de enfriamiento**

Características (gr/gal (ppm))	Limites	Métodos de prueba ASTM
<b>Cloruro (CL)</b>	2,4 (40) máx	D512b, D512b, D4327
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub>)</b>	5,9 (100) máx	D516b, D516b, D4327
<b>Dureza total</b>	10 (170) máx	D1126b
<b>Sólidos Totales</b>	20 (340) máx	D1888a
<b>PH</b>	5,5 – 9,0	D1293

Fuente: elaboración propia.

Es bastante difícil encontrar agua bajo las condiciones anteriores y los análisis de laboratorio pueden incurrir en elevados costos, pero necesarios. Por eso también es recomendable utilizar agua destilada o desionizada con el objetivo de reducir los efectos nocivos del agua común en el sistema de enfriamiento.

Advertencias:

- Nunca debe utilizarse agua salada.
- Para hacer uso de algún tipo de agua, debe hacerse un análisis de laboratorio de la misma.
- No utilizar únicamente agua como refrigerante.



#### **1.3.4.7. Aditivo refrigerante suplementario**

Este es un compuesto que se agrega al agua que posee las condiciones aceptables, también es conocido como acondicionador de sistemas de enfriamiento. El aditivo de refrigerante suplementario, impide la formación de herrumbre, escamilla, erosión por cavitación y picaduras, relación inapropiada de acidez/alcalinidad, corrosión galvánica y electrolítica, depósitos de minerales y aeración. Protege a los metales incluso al aluminio de la corrosión. No afecta las empaquetaduras ni las mangueras. Pero, sí la concentración es muy alta se pueden formar sales insolubles que producen desgaste en la superficie de los sellos de la bomba de agua y daños al motor.

A pesar del uso correcto del refrigerante y sus aditivos es importante conocer y respetar el período de tiempo de vida útil que este pueda llegar a tener dentro del sistema. Cuando un motor tiene un alto contenido de aluminio, el aditivo refrigerante suplementario, debe someterse a las siguientes pruebas:

- ASTM D1384: prueba de corrosión de vidrio.
- ASTM D2809: erosión por cavitación de aluminio.
- ASTM D4340: corrosión de superficie caliente del aluminio.

Además de las pruebas anteriores debe realizarse una inspección a las picaduras y la erosión por cavitación del bloque y de la camisa del cilindro de hierro fundido. A pesar de que los sistemas de refrigeración de los motores de combustión interna son sistemas cerrados, la concentración y el nivel de refrigerante y de aditivos suplementarios se reduce. Esto ocurre porque los aditivos se desintegran al cubrir las superficies metálicas y al neutralizar constantemente los ácidos producidos en el sistema.

Es por esta razón que es necesario estar agregando conforme a la operación del equipo la cantidad de aditivo recomendado por el fabricante o por los resultados de los análisis de laboratorio en cuanto al estado del refrigerante.

Uno de los propósitos del anticongelante en motores de combustión interna, es evitar el congelamiento interno del refrigerante en el sistema de enfriamiento, además eleva el punto de ebullición del agua, evitando de esta manera que el mismo hierva o evapore y también que exista cavitación en la bomba de agua. El agente anticongelante utilizado es el etilenglicol, sin embargo, en equipos muy modernos los inhibidores del anticongelante se separan como compuestos sólidos insolubles, provocando una reducción de la transferencia de calor y fugas prematuras en los sellos de las bombas de agua.

Estas fallas se atribuyen a la formación de silicatos y de gel de sílice originados por exceso del uso de los inhibidores. Para evitar estas fallas hay que tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar anticongelantes con bajo contenido de silicatos.
- Respetar las recomendaciones del fabricante en cuanto al uso de la cantidad de inhibidores que debe utilizarse en la mezcla de refrigerante.
- Realizar pruebas a la mezcla para verificar que se encuentre en los rangos aceptables de operación.
- No utilizar un porcentaje mayor de anticongelante, que el que recomienda el fabricante (no mayor al 60%).

- Siempre que se agregue anticongelante al sistema, hay que ingresarlo en forma diluida.
- Utilizar agua que cumpla con los requerimientos necesarios para evitar posibles fallas.

Tabla VII. **Concentraciones de anticongelante y protección correspondiente**

Protección	Concentraciones de anticongelante etilenglicol
<b>-15 °C (5 °F)</b>	30% anticongelante, 70% agua
<b>-24 °C (-12 °F)</b>	40% anticongelante, 60% agua
<b>-37 °C (-34 °F)</b>	50% anticongelante, 50% agua
<b>-52 °C (-62 °F)</b>	60% anticongelante, 40% agua

Fuente: elaboración propia.

#### **1.3.4.8. Erosión por cavitación y picadura**

El flujo de electricidad en un punto determinado, causa picaduras y esto causa los mayores daños en los motores, más que cualquier otro tipo de corrosión. Como dato importante se puede mencionar que el flujo eléctrico de un amperio aplicado durante 30 horas puede eliminar una onza de hierro. Es por esta razón que este tipo de corrosión es altamente destructivo.

La cavitación es un tipo de corrosión provocada por la erosión y esta se origina a través de procesos mecánicos, químicos y electroquímicos. Las áreas más vulnerables a la cavitación son las paredes de los cilindros.

La cavitación en esta área, se inicia cuando a través de la combustión se flexiona y vibra la pared del cilindro, lo cual produce el burbujeo del refrigerante al otro lado de la pared del cilindro.

Cuando la burbuja revienta, ataca la película de protección contra el óxido que tiene la superficie metálica, iniciando de esta manera picaduras que con el tiempo podrán atravesar la pared del cilindro. Cuando la picadura finalmente ha atravesado por completo la pared, llega a tener contacto con el aceite lubricante, provocando la emulsión.

#### **1.3.4.9. Herrumbre**

Este es el resultado de la oxidación dentro del sistema de enfriamiento. La combinación de calor y aire húmedo aceleran este proceso. La herrumbre deja depósitos de escamillas que pueden obstruir el sistema de enfriamiento, lo cual causa desgaste acelerado (picaduras) y reduce la eficiencia en cuanto a la transferencia de calor.

#### **1.3.4.10. Relación inapropiada de acidez y alcalinidad**

La forma de medición de la acidez y la alcalinidad de un refrigerante es a través de su pH (potencial de hidrogeno). Este potencial puede variar en la escala de 1 a 14.

Tabla VIII. **Escala de pH para mezclas de refrigerante de 1 a 14**

Nivel de Acidez/Alcalinidad (pH)	Efectos
<b>&lt; 7</b>	El refrigerante se torna ácido y daña a los materiales ferrosos.
<b>8,5 a 10,5</b>	Refrigerante se encuentra en equilibrio y en esta escala ocurre la menor corrosión del sistema.
<b>&gt; 11,0</b>	Mezcla de refrigerante inadecuada. El refrigerante ataca el aluminio y el cobre y los materiales no ferrosos.

Fuente: elaboración propia.

#### **1.3.4.11. Corrosión galvánica y electrolítica**

Las corrientes eléctricas que fluyen por el refrigerante entre dos metales diferentes causan la corrosión galvánica. El refrigerante sirve de conductor entre los metales. Una fuerza electromotriz o un voltaje potencial que existe entre dos metales diferentes, permite el flujo de electricidad. La corrosión galvánica ocurre en metal que tenga menor resistencia.

Para evitar que este tipo de corrosión continúe afectando al sistema de enfriamiento, inicialmente se debe tratar de encontrar la fuente que da origen a la corriente eléctrica y tratar de aislarla o de rediseñar el sistema eléctrico del motor para que no imponga potenciales eléctricos sobre los componentes internos del motor.

Típicamente la resistencia medida entre un componente eléctrico del motor y el negativo de la batería debe ser de menos de 0,3 ohmios. Todas las conexiones de masa deben estar libres de corrosión y estar firmemente instaladas.

Las piezas de aluminio son altamente vulnerables al efecto de la corrosión electrolítica, requiere sólo aproximadamente la mitad del potencial eléctrico que el hierro para producir el mismo efecto dañino.

Es por esta razón que es necesario asegurar las conexiones a masa para evitar las diferencias del potencial eléctrico. Aunque es extremadamente difícil encontrar las zonas donde se desarrolla este efecto.

#### **1.3.4.12. Escamillas y depósitos**

Este efecto está íntimamente relacionado con la calidad del agua y con sus características: pH, dureza y temperatura. Los tipos de escamillas que se encuentran frecuentemente en el sistema de enfriamiento son los siguientes: carbonato y sulfato de calcio, hierro, cobre, sílice y plomo.

La presencia de escamillas reduce la eficacia del sistema de enfriamiento ya que actúa como una barrera que impide la transferencia de calor. Apenas 1/16" de escamilla tiene la capacidad aislante de 4" de hierro, que para el caso en particular representa la pérdida de transferencia de calor de hasta un 40%.

#### **1.3.4.13. Aeración**

Está representado por fugas de aire en el sistema de enfriamiento que resulta en la formación de espuma en el refrigerante. La espuma conduce a picaduras, especialmente en el impulsor de la bomba de agua y este efecto se puede contrarrestar agregando aditivos antiespumantes o supresores de espuma a la mezcla de refrigerante.

#### **1.3.5. Fallas relacionadas con el refrigerante**

Debido a la función primordial que tiene el sistema de enfriamiento en regular la temperatura, problemas relacionados con el refrigerante, tales como, la corrosión o la aeración, pueden conducir a la falla del motor. A menudo, el recalentamiento produce grietas en las culatas y los bloques de motor y atascamiento de los pistones. Las temperaturas de operación excesivamente bajas conducen a otros problemas, tales como, la formación de sedimento y la acumulación de carbón. El recalentamiento puede provenir de muchas fuentes diferentes:

- Bajo nivel de refrigerante
- Radiador taponado
- Mangueras rotas o con fugas de refrigerante
- Correas de ventilador flojas
- Carga excesiva en el motor
- Fallas del regulador de temperatura de agua o de la bomba de agua
- Restricción del flujo de aire de admisión o del escape
- Motor que funciona sin regulador de temperatura
- Sistema de enfriamiento defectuoso o demasiado pequeño

Muchas de las causas citadas están relacionadas con el refrigerante. Algunos ejemplos son: culatas rajadas o deformadas, bloques de motor dañados, pistones atascados y bajas temperaturas de operación.

#### **1.3.5.1. Culatas rajadas o deformadas**

Cuando se recalienta el motor, se aumentan los esfuerzos de tensión de culata, lo cual puede resultar en una culata deformada o rajada y a su vez permitir el ingreso de agua del sistema de enfriamiento al sistema de inyección, lo cual ocasiona la emulsión del aceite, desgaste prematuro y daños permanentes e irreparables (fundición del motor).

#### **1.3.5.2. Bloque motor**

El bloque motor es otro lugar potencialmente vulnerable. A menudo las picaduras y la erosión son resultado del mantenimiento inapropiado del sistema de enfriamiento y se pueden evitar si se agrega al sistema de enfriamiento, un aditivo refrigerante suplementario.

#### **1.3.5.3. Atascamiento de los pistones**

Otro resultado común del recalentamiento son los pistones dañados. Por lo general, los daños más severos se producen en los pistones de uno o más de los cilindros traseros. En los motores de inyección directa, la mayoría de los daños por atascamiento causados por el enfriamiento inadecuado de los cilindros comienzan en el faldón del pistón. En cambio en los motores con sistemas de precombustión, el atascamiento comienza en el resalto superior.



#### **1.3.5.4. Bajas temperaturas de operación**

El exceso de enfriamiento puede dañar un motor al igual que el recalentamiento. La temperatura de operación apropiada influye grandemente en el desempeño del motor. El motor debe alcanzar su temperatura de operación correspondiente para funcionar eficazmente y evitar fallas.

La operación continúa del motor a bajas temperaturas puede resultar en la formación de sedimento en el cárter. El sedimento puede causar el atascamiento de los levantaválvulas, vástagos, pistones y anillos del pistón. Además, al usar combustibles con alto contenido de azufre, el ácido sulfúrico puede producirse más fácilmente y acelerar la corrosión.

Las bajas temperaturas de operación pueden conducir también a la acumulación de carbón, la cual es resultado de un exceso de lubricación o de operación del motor en frío. Las temperaturas de operación apropiadas reducen la formación de depósitos de carbón en las válvulas.

#### **1.3.6. Reciclaje del refrigerante del motor**

Debido a la reciente escasez y al costo más alto de los anticongelantes y a los posibles problemas en desechar el refrigerante de motor usado, hay mucho interés en reciclar el refrigerante. Entre los métodos figuran diversos procesos de filtración y destilación completa del agua y del etilenglicol del refrigerante.

El procedimiento de destilación completa es el único método aprobado por CATERPILLAR para recuperar el refrigerante usado. Durante la vida normal de un refrigerante de motor diésel, se le agregan inhibidores suplementarios de corrosión, periódicamente.

Estos compuestos químicos se disuelven en el agua de la mezcla del refrigerante. Durante la vida normal de la mezcla de refrigerante, el agua seguirá manteniendo estos compuestos químicos en solución hasta que alcance el punto de saturación. Al alcanzar este punto, se debe reemplazar el refrigerante.

Los métodos de filtración utilizados para recuperar el refrigerante usado no reducen el nivel de compuestos químicos en el agua. El agua ya saturada con compuestos químicos se devuelve al motor. A medida que se agrega nuevo inhibidor de corrosión al agua ya saturada con compuestos químicos, el inhibidor no puede entrar en solución con el agua.

El inhibidor de corrosión permanecerá en estado sólido, lo cual tiene efectos dañinos porque se producen depósitos en las superficies de disipación de calor, que obstruyen los pasajes de aceite y se acumulan entre las superficies de los sellos de la bomba de agua.

#### **1.3.6.1. Mantenimiento periódico**

El mantenimiento periódico es necesario para que el sistema de enfriamiento funcione eficazmente. Los procedimientos son los siguientes:

##### Llenado inicial

- Use el agua, el aditivo refrigerante y el anticongelante apropiado.
- Antes de llenar el sistema de enfriamiento, cierre todos los tapones de drenaje.
- Siempre mezcle de antemano el agua, el aditivo y el anticongelante antes de agregar la mezcla al sistema de enfriamiento.

- Llene el sistema de enfriamiento a un régimen máximo de 19 litros por minuto.
- Después de llenar el sistema de enfriamiento, haga funcionar el motor durante varios minutos con la tapa del radiador afuera. Instale la tapa y haga funcionar el motor a velocidad baja en vacío hasta que se caliente el refrigerante.
- Inspeccione el nivel de refrigerante en el tanque superior. Agregue refrigerante de ser necesario e instale la tapa del radiador. Examine todos los componentes del sistema de enfriamiento para comprobar fugas. Si no hay, el motor está listo para trabajar.

#### Comprobación diaria

- Inspeccione el nivel del refrigerante en el tanque superior.
- Saque cualquier basura o tierra de la superficie exterior del radiador.

#### Intervalos de 50 horas

- Dé servicio también a todos los componentes cuyos intervalos de servicio sean menores de 50 horas.
- Inspeccione las varillas de cinc o de magnesio (si las tiene).

#### Comprobación mensual o cada 250 horas

- Dé servicio también a todos los componentes cuyos intervalos de servicio sean menores de 250 horas.
- Inspeccione el estado y la tensión de todas las correas del ventilador. De ser necesario, ajústelas o replácelas.

- Agregue aditivo refrigerante suplementario o cambie los elementos si la máquina los tiene.
- Pruebe el refrigerante para asegurarse que proporcione adecuada protección anticongelante.
- Inspeccione la empaquetadura de la tapa del radiador y todas las mangueras para comprobar la ausencia de fugas.
- Verifique el estado de todas las conexiones a masa de motor.

Intervalos de 3 000 horas o 2 años

- Dé servicio también a todos los componentes cuyos intervalos de servicio sean menores de 3 000 horas.
- Drene, limpie y vuelva a llenar el sistema de enfriamiento.
- Inspeccione las aletas y los protectores del ventilador las mangueras y las abrazaderas.
- Haga análisis del refrigerante.

### **1.3.7. Baterías**

Este es un dispositivo que almacena energía eléctrica, a través de un proceso electroquímico (óxidoreducción) y la cual es necesaria para iniciar el proceso de ignición de un motor de combustión interna.

#### **1.3.7.1. Terminología de la batería**

Existen términos y descripciones técnicas en las etiquetas que identifican a las baterías, no solamente indican sus capacidades eléctricas; sino que también algunas recomendaciones de forma de uso. Algunas de las más importantes se presentan a continuación:

- Grupo de Medidas BCI (Battery Council International Consejo Nacional de Baterías): cuando una batería posee estas siglas en su etiqueta de presentación, está indicando que el diseño de la batería, se encuentra dentro de los rangos y parámetros establecidos por las Normas del Consejo Nacional de Baterías. La información que debe contenerse es básicamente la descripción técnica, las dimensiones, el tipo de terminales, etcétera.
- Amperios de Arranque en Frio CCA (Cold Cranking Amps): esta terminología se refiere a la capacidad que tiene la batería de entregar la máxima cantidad de amperios a -18 grados Centígrados, durante 30 segundos. Durante este momento el voltaje de cada una de las células será de 1,2 voltios. Los amperios que una batería puede entregar a 0 grados centígrados, es algo relativo y engañoso.
- Capacidad de Reserva RC (Reserve Capacity): es el tiempo que una batería nueva cargada a su máxima potencia y a 26,7 grados Centígrados podría ser dada de alta a los 25 amperios. Por ejemplo, una batería de 12 voltios puede llegar a 10,5 voltios.

En aplicaciones automotrices un acumulador cuenta con la función del alternador para mantener sus parámetros de funcionamiento normal. En el caso de algunas plantas de generación eléctrica, la batería cuenta adicionalmente con cargadores de batería que funcionan transformando la corriente AC del suministro nacional en DC para el acumulador. La operación del cargador se suspende al mismo tiempo que el suministro eléctrico nacional y el alternador toma el lugar de este dispositivo mientras queda en plena operación el equipo, para continuar soportando los parámetros de la batería.

- Capacidad Amperio Hora (Amp - Hour Capacity): es la cantidad de electricidad que pasa por las terminales de un acumulador, a una velocidad dada, durante un período de tiempo.
- Ciclo de la batería o Ciclo Profundo (Battery Cycle or Deep Cycle): es la duración con la que ocurre una descarga total de la batería, después de una recarga total de la misma, hasta recuperar toda la energía. Dependiendo de qué tipo de normas regulan el diseño y la fabricación de la batería, este período, puede ser bastante prolongado.
- Características de una batería normalizada (BCI): según el consejo nacional de baterías: las baterías deben cumplir básicamente con algunos requerimientos, entre los cuales se pueden indicar los siguientes:
  - Diseño robusto: las condiciones ambientales en las que generalmente se encuentran los equipos de generación eléctrica, muchas veces afecta físicamente a algunos componentes del equipo. Las baterías son altamente vulnerables a la intemperie.
  - Instalación de fábrica: según las normas regulatorias del consejo nacional de baterías, todo equipo de generación eléctrica, maquinaria o vehículo debe incluir la instalación de la batería o baterías, como parte del conjunto de componentes del sistema eléctrico.

- Opciones de presentación: como fabricante de baterías se debe tomar en cuenta que las tres opciones de presentación de un acumulador son las siguientes: para preparación o llenado, también conocida como seca, presentación llena con opción de mantenimiento y por último, la presentación llena, pero libre de mantenimiento.
- Extensión de garantía: las baterías deben cumplir con un período de garantía. Las baterías de calidad estándar deberán extender su garantía a tres años y por un período de 18 meses cubrirá el valor total de las mismas por defecto de fábrica o error de instalación. Mientras que las baterías de mayor calidad pueden extender sus garantías hasta seis años y en los primeros dos, la garantía cubrirá el valor total del acumulador si fuese necesario el reemplazo por defecto de fábrica o error de instalación.
- Evaluación: antes de dar por finalizado el proceso de fabricación de un lote de baterías, se realiza un muestreo probabilístico para determinar que los parámetros de funcionamiento de un acumulador (escogido al azar) sean los requeridos y puestos a prueba, tanto en forma inactiva como en plena operación. Las pruebas consisten en: pruebas de resistencia a la vibración, pruebas de descarga y recarga profunda, pruebas de descarga completa, pruebas de encendido en frío y pruebas de ciclos de vida pesado (SAEJ2185).

- Es importante tomar en cuenta que las normas establecidas por el Consejo Nacional de Baterías, no prohíbe que las características anteriores puedan ser superadas por la marca que se dedique a la fabricación de los acumuladores. Estos son solamente los requerimientos mínimos, que cada fabricante debe cumplir para certificar su producto.

#### **1.3.7.2. Acumuladores secos**

Son acumuladores que con el objetivo de facilitar y economizar su transportación y embalaje, vienen vacíos en su interior (celdas vacías) y para ser utilizados deben ser preparados y activados previamente, en su lugar de destino por un técnico especialista. Posterior al llenado estos acumuladores se convierten en acumuladores llenos, con la opción de mantenimiento.

#### **1.3.7.3. Acumuladores llenos libres de mantenimiento**

Son acumuladores de menor tamaño y capacidad a los de tipo seco. Estos vienen llenos y sellados. Únicamente se requiere la activación previa a su instalación. No requiere mantenimiento, solamente inspecciones de rutina para determinar que sus parámetros de funcionamiento sean normales.

#### **1.3.7.4. Fallas comunes en los acumuladores**

Debido a las normas que establece el Consejo Nacional de Baterías, es difícil, que una batería produzca una falla en relación a su diseño.



Es por esta razón que cuando se presenta una falla en la batería pueda deberse a problemas de conexión debido a instalación incorrecta, vibración, transportación, problemas de condiciones ambientales al momento de la instalación y mala aplicación del mantenimiento preventivo o rutina de inspección.

#### **1.3.7.5. Componentes del acumulador**

- **Material activo o placas:** es el material que produce la energía eléctrica dentro del acumulador y se encuentra ubicado sobre la rejilla. Está compuesta de Peróxido de plomo para la parte activa de la placa positiva y plomo común para la parte activa de la placa negativa.
- **Celda:** es un conjunto de placas o compartimientos, separadas equidistantemente entre sí, sumergidas entre el electrolito y conectadas en serie a través del conector de celdas. Estas deben estar ancladas en el fondo y sujetas en la parte superior para evitar efectos de la vibración.
- **Conectores de celda:** es una emplomadura que mantiene unidas a las placas equidistantemente. Permite la conexión en serie entre cada una de ellas. Reduce el efecto de la vibración.
- **Poste terminal:** es la parte inferior o raíz de la terminal que se encuentra ubicada dentro de la batería. Esta barra de plomo se encuentra sumergida dentro del electrolito y a su vez va conectada hasta las celdas, proporciona poca resistencia al paso de la corriente eléctrica.

- Rejillas de plomo: es la estructura metálica de la placa, sostiene el material activo y conduce el flujo de la corriente. Están fabricadas de plomo para incrementar la vida útil de la batería, su forma es rectangular con varios espacios en su superficie para evitar efectos de deformación por dilatación o contracción bajo variaciones de temperatura. Estas deben tener resistencia a la corrosión, proporcionar protección ante la sobrecarga y baja resistencia al paso de la corriente (alta en amperios de arranque en frío - CCA).
- Separadores: hojas delgadas de material poroso o microporoso, en algunos casos se fabrican de polietileno, tienen la principal característica de no ser conductoras de la electricidad estas se ubican entre las placas para evitar que tengan contacto entre sí. Por el tipo de material del que están hechas, también absorben la vibración.
- Respiradores: en el interior de la batería se producen reacciones exotérmicas y formación de gases los cuales son liberados de forma segura para evitar la deformación o explosión (severo caso de falta de mantenimiento y sobrecarga) de la batería por sobrepresión. Por lo general, estos elementos son encontrados en baterías que están libres de mantenimiento.
- Tapones: tienen la misma función que los respiradores encontrados en los acumuladores libres de mantenimiento. Cuando es un tipo de acumulador al cual se le puede dar mantenimiento estos componentes permiten el acceso a las celdas para verificar los niveles de ácido o electrolito.

- Terminales: siendo parte del poste terminal, son las protuberancias que se encuentran en la parte superior de la tapa de la batería y que permiten la conexión de la batería al sistema eléctrico del motor. Deben de tener alta resistencia al desgaste producido por el ácido.
- Caja: es el recipiente en una sola pieza, donde se alojan todos los componentes internos de la batería, esta debe tener diseño robusto, paredes laterales dobles que impidan la flexión y proporcionen protección contra pinchazos, con el objetivo de prevenir fugas o derrames y el material del que está fabricado debe soportar el contacto con el ácido, alta temperatura, deformación elástica producida por los gases y absorción de la vibración del motor en plena operación.

Por recomendación de las Normas del Consejo Nacional de Baterías, en la parte superior de la tapadera debe colocarse la descripción técnica del acumulador, las recomendaciones de uso, la fecha en la que fue fabricado y la fecha en la que se inicia su activación. La forma en la que se coloque por encima, queda a criterio del fabricante, pero esta información no debe hacer falta.

#### **1.3.7.6. Pruebas de durabilidad**

Dado que las baterías son vulnerables a las condiciones ambientales y de operación de los motores de combustión interna, es necesario realizar pruebas para determinar que sus funciones son vitales para la operación del equipo en cualquier instante.

- Pruebas de vibración: se realizan con el objetivo de verificar que el acumulador tenga resistencia a la vibración originada por el funcionamiento del motor de combustión interna.

Cuando una batería es nueva y se ha instalado recientemente en un equipo, quizá las primeras horas de trabajo del motor no afecten físicamente a la batería, pero el incremento de las horas de trabajo puede llegar a afectarla significativamente. La prueba consiste en 100 horas de vibración sobre el banco vibratorio con oscilaciones provocadas a 5 gravedad de fuerza.

- Prueba de 72 horas de descarga y recarga profunda: en esta prueba la batería debe descargarse y recargarse en un lapso de 72 horas, debe llegar a recuperar la capacidad de carga de 25 amperios dentro de 20 minutos. Lo cual significa que la carga de la batería es confiable cuando sea necesaria.
- Prueba de 30 días de descarga completa y evaluación de recarga exitosa: para generar esta prueba, inicialmente debe activarse la batería y dejar intencionalmente que esta se descargue por completo. Posterior a esta etapa, se deberá realizar la recarga nuevamente y las mediciones de las dimensionales de trabajo.
- Los resultados serán positivos si la batería recupera hasta 25 amperios de carga dentro de los primeros 60 minutos y también que sus parámetros de funcionamiento se encuentran entre los rangos aceptables de trabajo.

- Pruebas de encendido en frío: esta es quizá, la prueba más intensa de todas. Ya que la batería deberá ser utilizada para realizar múltiples arranques de un motor de combustión interna, en forma periódica, dentro de un ambiente frío a temperaturas bajo cero. Para los equipos de generación eléctrica, que la batería pase esta prueba es crucial.
- Prueba de ciclo de vida de trabajo pesado (SAEJ2185): estas pruebas consisten en realizar descargas profundas y ciclos de carga a temperaturas extremas y simular aplicaciones de Servicio Severo con el objetivo de confiar en el funcionamiento de la batería en ambientes hostiles.

### **1.3.8. Aceite lubricante**

Por lo general, las averías que se presentan en los motores de combustión interna, están directamente relacionadas con el comportamiento del aceite lubricante.

Para motores CATERPILLAR existen tres importantes formas de prevenir las irregularidades del motor: la primera es a través del análisis programado de aceite o también conocido como análisis SOS, la segunda es a través del mantenimiento regular del sistema de lubricación y por último el uso del lubricante apropiado, dependiendo de la aplicación.

Tomar en cuenta las condiciones anteriores determina la diferencia entre sufrir intervenciones correctivas y prolongar la vida útil del motor.

### **1.3.8.1. Las funciones de un aceite lubricante**

Básicamente, un aceite lubricante, se utiliza para conservar el motor limpio y libre de herrumbre y corrosión. Actúa como refrigerante, sellante y proporciona una película de aceite que reduce al mínimo el contacto de metal con metal, por lo tanto, reduce la fricción y el desgaste. La selección adecuada del lubricante varía dependiendo de la aplicación a la que se le someta y a los requisitos de rendimiento del motor, según las especificaciones del fabricante.

Para motores diésel, que trabajan a bajas velocidades pero a altas temperaturas en comparación con los motores a gasolina, el aceite sufre una mayor y acelerada oxidación, se forman depósitos de sedimentos y corrosión excesiva. Por esta razón es importante elegir un aceite que pueda proteger el interior del motor.

### **1.3.8.2. Formulación del lubricante de motor**

El lubricante de motor ha sido reformulado constantemente a medida que la tecnología avanza, proporcionando nuevas alternativas. Inicialmente el lubricante era únicamente un aceite de base de origen mineral o de origen sintético, aunque, también de origen vegetal para aplicaciones muy específicas.

Este lubricante proporciona todas las cualidades fundamentales para ser utilizado en los motores de combustión interna, sin embargo, sin aditivos, este se degradará y se deteriorará rápidamente después de un regular tiempo de uso.

Los lubricantes de origen mineral se obtienen del refinamiento del crudo de petróleo y dependiendo del proceso de refinamiento, de esta misma manera se puede clasificar el uso de este aceite. Está compuesto principalmente de parafina, naftenos y compuestos aromáticos. A diferencia del lubricante de base mineral, los aceites sintéticos son aquellos que debido a composiciones químicas y mezclas de materiales, obtienen propiedades semejantes o mejores que las del lubricante de base mineral, pero su precio es mucho más alto.

Para motores CATERPILLAR los lubricantes de mayor utilización son precisamente los sintéticos ya que poseen mayores índices de viscosidad y puntos de fluidez considerablemente bajos, lo cual le permite trabajar normalmente en climas extremos. Los aditivos del lubricante permiten que el lubricante tenga funciones adicionales y entre estas se puede mencionar: detergentes, inhibidores de oxidación, dispersantes, agentes que aumentan la alcalinidad, agentes antidesgaste, reductores del punto de fluidez y mejoradores del índice de viscosidad.

Los detergentes contribuyen a mantener limpio el motor, al reaccionar químicamente dentro del motor para evitar los depósitos de compuestos insolubles. Los detergentes que se utilizan en la actualidad son sales metálicas, principalmente sultanatos, fenatos, fosfonatos y salicilatos. Los agentes que aumentan la alcalinidad contribuyen a neutralizar los ácidos. Los detergentes también son buenos neutralizadores de los ácidos, transformando los ácidos producidos durante la combustión y la oxidación en sales neutralizadas e inofensivas.

Los inhibidores de oxidación contribuyen a evitar el aumento de la viscosidad, el desarrollo de ácidos orgánicos y la formación de materiales carbonaceos.

Los siguientes compuestos químicos se utilizan como antioxidantes: ditiofosfatos de cinc, sulfuros de fenato, aminas aromáticas, esterres sulfurizados y fenoles obstaculizados.

Los dispersantes ayudan a impedir la formación de sedimentos dispersando los contaminantes y manteniéndolos en suspensión. Entre los tipos comunes de dispersantes se incluyen succinimidas poliisobutelinicos y los esterres succínicos poliisobutilenico.

Los agentes antidesgaste reducen la fricción, formando una película sobre las superficies metálicas y protegiéndolas contra la corrosión. Los tipos principales de agentes antidesgaste son detergentes alcalinos y ditiofosfatos y ditiocarbamatos de cinc.

Los reductores del punto de fluidez, mantienen el aceite fluido a bajas temperaturas evitando el crecimiento y formación de cristales de cera. Se utilizan como reductores del punto de fluidez los polimetacrilatos, los poliésteres con base de estireno, los fenoles alquílicos enlazados y los naftalenos alquílicos.

Los mejoradores del índice de viscosidad, evitan que el aceite llegue a tener muy poca viscosidad a altas temperaturas, son productos químicos que mejoran (reducen) los cambios de viscosidad producidos por cambios de temperatura. Los productos químicos que se utilizan como mejoradores del índice de viscosidad son los poliisobutenos, polimetacrilatos, poliésteres con base de estireno y copolimeros de etileno y propileno.



### **1.3.8.3. Número de base total**

Para entender el concepto del número de base total, es necesario conocer el contenido de azufre en el combustible. La mayoría de los combustibles diésel contienen un porcentaje de azufre. Este contenido de azufre en el combustible, depende del que se pueda encontrar en el petróleo crudo, del cual a través del destilamiento se obtiene el diésel y de la capacidad del proceso de refinamiento para eliminar en su gran mayoría la presencia de azufre. Una de las principales funciones del aceite lubricante es la de neutralizar los derivados del azufre, principalmente los ácidos sulfuroso y ácido sulfúrico, para retardar el daño corrosivo que pueda causar al motor.

Generalmente, cuanto mayor es el porcentaje de NBT, mayor será la reserva de alcalinidad o de capacidad de neutralizar ácido que contiene ese aceite.

### **1.3.8.4. Viscosidad**

La viscosidad es una de las propiedades más importantes del aceite ya que está relacionada con su resistencia a fluir. La viscosidad debe tener una relación directa con la capacidad de lubricación del aceite formando una película para separar las superficies que pueden entrar en contacto, el aceite debe fluir lo suficiente para asegurar la lubricación adecuada de todas las piezas móviles.

Cuanto más viscoso esté un aceite, más gruesa será la película de aceite que puede formar, se adherirá mejor a las superficies lubricadas y resistirá mejor las fuerzas de rozamiento que tienen a removerla de esas superficies.

### **1.3.8.5. Limpieza**

El funcionamiento normal de un motor genera una amplia variedad de contaminantes, los filtros de aceite están diseñados para eliminar del sistema de lubricación estas partículas. Un filtro tamponado causará que se abra la válvula de derivación, permitiendo el paso de aceite sin filtrar, el tamponamiento puede causar también la deformación del elemento, esto ocurre cuando aumenta la diferencia de presión entre el exterior y el interior del elemento del filtro, la cual puede causar grietas y rasguños en el papel filtrante. Se deben instalar nuevos filtros siempre que se drene el sumidero del motor y se llene con aceite nuevo.

### **1.3.8.6. Sistema lubricante**

Un conocimiento básico del sistema de lubricación del motor es útil no sólo para comprender como la contaminación y la degradación del aceite pueden dañar los componentes del motor, sino también, para entender cómo la falta de aceite puede tener un efecto igualmente perjudicial.

- **Cojinetes:** las averías de cojinetes relacionadas con aceite se deben generalmente a dos causas: falta de lubricante o tierra en el aceite. La falta de lubricación indica que no hay una película lo suficientemente gruesa entre el cigüeñal y el cojinete. La contaminación del aceite causa abrasión y resulta en rayas en la superficie del cojinete con la pérdida de aceite.
- **Cigüeñales:** el aceite que fluye por los cojinetes forma una película entre el muñón del cigüeñal y el cojinete.

La falta de lubricación del aceite causa el contacto metal con metal, lo que lleva al agarrotamiento del cojinete sobre el eje y causa también el desgaste excesivo del cigüeñal. Esto es casi siempre resultado de partículas abrasivas presentes en el aceite.

- Pistones, anillas y camisas de cilindro: las averías de pistones causan el desgaste del faldón del pistón, lo cual puede llegar a producir marcas de agarrotamiento. Los anillos del pistón pueden mostrar desgaste en la ranura del resorte, lo que producirá el atascamiento de los anillos. El daño a las camisas de cilindro puede ser debido a la falta de lubricante o a productos abrasivos que pueden causar el pulido del cilindro y dejan una superficie brillante.

#### **1.3.8.7. Turbocompresores**

Las averías de turbocompresores se deben a la contaminación del aceite o a la falta de mismo. Es necesario suministrar el aceite adecuado para lubricar los cojinetes y para enfriar los cojinetes, especialmente en el extremo de la turbina. El daño causado a los cojinetes del turbocompresor permite el movimiento del eje causando rozamiento entre la rueda compresora y su caja.

#### **1.3.8.8. Válvulas**

Las averías más comunes de las válvulas resultan de la formación de depósitos o de la falta de aceite. La causa de agarrotamiento de la válvula es la acumulación de depósitos entre el vástago y la guía de válvula. El agarrotamiento es causado por la acumulación de depósitos y la contaminación del aceite. Los depósitos se acumulan debido a la descomposición del lubricante en residuos oxidados.

## **1.4. Análisis de riesgos en el Departamento de Mantenimiento de la Institución**

Siempre que se presenta la oportunidad de realizar trabajos técnicos, existe la posibilidad de presentarse incidentes que pueden afectar la seguridad del ser humano y así mismo, generar daños en la maquinaria, a continuación, se presentan los riesgos más comunes en los equipos de generación:

### **1.4.1. Tipos de riesgos**

- Riesgos de instalación, manipulación y remolque
- Incendio o explosión
- Derrames de fluidos
- Lesiones
- Intoxicación
- Atrapamiento
- Quemaduras
- Descarga eléctrica
- Intoxicación

### **1.4.2. Análisis de riesgos**

Un equipo de generación eléctrica está diseñado para trabajar de una manera segura y eficiente, sin embargo, la seguridad depende directamente del criterio del personal de mantenimiento o del operario a cargo del equipo. Una manera sencilla de incrementar la seguridad del personal de mantenimiento preventivo de los equipos de generación de potencia es la de utilizar, repuestos originales de buena calidad y que puedan garantizar el correcto funcionamiento de la máquina para evitar fallos y paros innecesarios.

Para los trabajos de inspección, mantenimiento, diagnóstico, reparación, etcétera, debe asignarse sólo a una persona que pueda estar bajo el absoluto control del mando del equipo, al mismo tiempo, esta persona deberá asegurarse de que el equipo pueda ser manipulado únicamente desde el panel de control a su cargo. Esto evitará accidentes al instante en que se tengan programados los trabajos anteriormente mencionados.

Antes de iniciar con las operaciones de mantenimiento o manipulación de la planta eléctrica, es indispensable tener un amplio y profundo conocimiento del manual de operación y mantenimiento del equipo, con el objetivo de conocer todas las características importantes de la maquinaria, tomar en cuenta las condiciones ideales de trabajo y respetar los parámetros de funcionamiento.

Las reparaciones o inspecciones de mantenimiento, así como, cualquier trabajo relacionado con el equipo de generación eléctrica, deben ser ejecutados por personal calificado, preferiblemente recomendado por el proveedor del equipo o fabricante. Si se obedecen todas las medidas de seguridad y advertencias señaladas en el manual del fabricante, la posibilidad de sufrir un accidente se reduce significativamente.

En el momento de cualquier trabajo ya sea de inspección o reparación es importante tomar en cuenta que la aplicación del motor para el cual fue diseñado, debe respetarse. Si se desea realizar algún diseño que afecte de manera significativa su aplicación de fábrica, esta deberá ser consultada con el proveedor de servicio o la representación de la marca en el país donde se ubique dicho equipo. En algunos casos es mucho más económico y seguro para la compañía, adquirirlo con la aplicación deseada sin tener que realizar ninguna modificación.

Es común encontrar empresas que han adquirido un equipo de generación eléctrica y se encuentran en una constante etapa de crecimiento y por esta razón deciden ampliar la carga del generador, sin embargo, es importante no modificar los parámetros de funcionamiento del equipo que se encuentran establecidos en la descripción técnica de la planta sin antes tomar en cuenta la recomendación del proveedor.

### **1.4.3. Riesgo en mantenimiento o reparación de la maquinaria**

Existe un sinnúmero de oportunidades para que un accidente se produzca mientras se realiza cualquier operación relacionado con el funcionamiento de un equipo de generación eléctrica. Por esta razón se definen los posibles riesgos a continuación:

#### **1.4.3.1. Instalación, manipulación y remolque**

Aunque los equipos inicialmente son instalados por la representación nacional de la marca, muchas veces el desarrollo de una compañía obliga al área de mantenimiento de la misma a desarrollar creativamente actividades para las que originalmente no han sido previamente capacitadas y que pueden convertirse en factores de producción de riesgo.

#### **1.4.3.2. Incendio o explosión**

Este tipo de accidente puede ocurrir cuando se programa el llenado de combustible en el tanque de almacenamiento del área donde se encuentra instalada la planta eléctrica. Si el llenado de combustible se realiza directamente en la base de la planta eléctrica, se recomienda deshabilitar el equipo antes de realizar esta actividad.

Si se realiza el llenado en un depósito de almacenamiento ajeno al sistema de la planta eléctrica se recomienda no fumar cerca del área donde ocurre dicho despacho de combustible.

No se recomienda que se realice el llenado de combustible mientras el motor se encuentra en plena marcha, a menos que sea absolutamente necesario, sin embargo, los sistemas eléctricos a los que se conectan los equipos de generación de potencia eléctrica permiten el paro de emergencia por una cantidad considerable de tiempo para realizar este llenado y reanudar su funcionamiento sin que las instalaciones sufran de la pérdida del suministro eléctrico.

Finalmente, si el llenado de combustible se realiza en un depósito de combustible externo y a granel, se recomienda tomar todas las medidas de seguridad que sean posible aplicar.

Este tipo de trabajos deberán realizarlo empresas que estén debidamente certificadas para el manejo de fluidos peligrosos. Es importante evitar que se produzcan chispas o llamas cerca de las baterías, especialmente durante el proceso de recarga de las mismas, ya que los gases que se desprenden del electrolito son extremadamente inflamables.

Evitar utilizar prendas de vestir que se hayan ensuciado con aceite en reparaciones realizadas anteriormente e incluso guardar materiales ensuciados con aceite, ya que el contacto con una chispa podría provocar la ignición e incendio de la prenda.

### **1.4.3.3. Derrames de fluidos**

Es común que ocurran pequeños derrames de lubricante o combustible cuando se realiza el servicio de mantenimiento preventivo del motor de combustión interna. Pero es importante limpiar inmediatamente para prevenir accidentes. Si algún componente eléctrico es derramado por combustible o lubricante, se recomienda realizar el reemplazo, para evitar futuros inconvenientes en el funcionamiento del equipo.

### **1.4.3.4. Lesiones**

La mayoría de las lesiones al personal de mantenimiento, ocurren mientras se realizan las reparaciones al equipo de generación eléctrica. Por esta razón se recomienda contar con personal altamente calificado para desempeñar los trabajos relacionados con la inspección, diagnóstico y reparación de equipos de generación eléctrica.

Las reparaciones del equipo, deben realizarse cuando este se encuentre apagado, bloqueado y deshabilitado. No se recomienda realizar ningún trabajo de ajuste o calibración del equipo, mientras se encuentra en plena operación, sin contar con la suficiente seguridad o habilidad para realizarlo. Aun con la experiencia es importante extremar los cuidados para evitar lesiones personales.

Añadir aceite o combustible en un equipo mientras se encuentra en plena marcha es estrictamente innecesario si se ha programado exitosamente un programa de mantenimiento preventivo o si se ha hecho una correcta instalación o montaje del equipo, tomando en cuenta todos los factores externos que puedan afectar a su operación.



Si existen fugas de fluidos (lubricante o combustible) a altas presiones o contacto con aire comprimido, directamente sobre la piel, se deberá buscar inmediatamente ayuda médica. El contacto directo y la exposición prolongada de lubricantes y derivados de petróleo, con la piel producen serias enfermedades. Por tal motivo es necesario evitar el contacto utilizando guantes protectores o soluciones especiales para la piel.

#### **1.4.3.5. Atrapamiento**

Se recomienda mantener una distancia considerable entre el equipo y el operario. Este tipo de maquinaria, genera una alta tensión, llegan a alcanzar altas temperaturas mientras trabajan y poseen varios mecanismos rodantes que por altas velocidades no son visibles cuando el motor está en marcha y pueden atrapar prendas de vestir sueltas o incluso el cabello largo.

Después de una reparación es recomendable colocar las guardas de seguridad del equipo antes de iniciar su operación para evitar accidentes. Si es necesario realizar pruebas para evaluar la reparación se deberá extraer e instalar las guardas, las veces que sean necesarias.

#### **1.4.3.6. Quemaduras**

No retire la tapa de llenado del radiador mientras el equipo se encuentra en operación. Este es un sistema cerrado que alcanza altas temperaturas de trabajo sin que el fluido se evapore, el refrigerante saldrá inmediatamente a alta temperatura, provocando quemaduras al operario.

Evitar que se produzcan chispas o llamas cerca de las baterías, especialmente durante el proceso de recarga de las mismas, ya que los gases que se desprenden del electrolito son extremadamente inflamables. El líquido de la batería es peligroso para la piel y sobre todo para los ojos.

#### **1.4.3.7. Descarga eléctrica**

Antes de iniciar cualquier trabajo en el sistema eléctrico del equipo de generación eléctrico hay que bloquear o deshabilitar al equipo en forma definitiva y también desconectar las terminales de la batería para evitar descargas eléctricas.

#### **1.4.3.8. Intoxicación**

El área en donde se ubica un equipo de generación eléctrica debe contar con una buena ventilación. Es importante asegurar que no haya fugas en los sistemas de múltiples de escape que puedan causar concentraciones de emisiones de gases tóxicos.

#### **1.4.4. Equipo de protección personal y seguridad industrial**

Cualquier persona involucrada directamente con la operación de una planta eléctrica, deberá contar con su equipo de protección personal y de seguridad industrial, el cual consiste en los siguientes elementos:

- Casco.
- Gafas de seguridad.
- Guantes. Dependiendo de la aplicación: cuero, nitrilo y guantes para aplicación eléctrica.

- Botas de seguridad (con puntera, talón y plantilla de acero. Con suela antiderrape).
- Ropa holgada pero no muy suelta. Para evitar atrapamientos con mecanismos rodantes del motor o generador.
- Equipo de bloqueo eléctrico.
- Conos de seguridad y cinta para acordonar el área mientras se realizan inspecciones, diagnósticos y reparaciones a los equipos de generación de potencia.

#### **1.4.5. Propuesta de la mitigación de riesgo**

Utilizar, únicamente repuestos originales de buena calidad y que puedan garantizar el correcto funcionamiento de la máquina para evitar fallos y paros innecesarios.

Para los trabajos de inspección, mantenimiento, diagnóstico, reparación, etcetera, debe asignarse sólo a una persona que pueda estar bajo el absoluto control del mando del equipo.

Al mismo tiempo, esta persona deberá asegurarse de que el equipo pueda ser manipulado únicamente desde el panel de control a su cargo. Esto evitará accidentes al instante en que se tengan programados los trabajos anteriormente mencionados.

## 2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

### 2.1. Reparaciones más comunes realizadas en los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR

Para dar inicio con la enumeración de los trabajos más comunes ejecutables en los equipos de generación marca CATERPILLAR se debe delimitar la información únicamente a los equipos que la corporación general de tractores atiende en forma general. Los modelos son los siguientes:

Tabla IX. **Modelos de maquinaria CATERPILLAR**

No.	MODELOS CATERPILLAR	Unidades por modelo
1	3054	2
2	3056	2
3	3208	9
4	3304	2
5	3306	16
6	3406	18
7	3408	3
8	3412	21
9	3456	2
10	3508	1
11	3512	6
12	3516	4
13	C18	1
14	C27	2
Total de unidades supervisadas		89

Fuente: elaboración propia.

Es poco común, encontrar equipos con modelos distintos a los que aparecen en la lista anterior. Muchos de ellos se encuentran descontinuados y los repuestos que se han agregado a sus sistemas rara vez son los que originalmente fueron instalados de fábrica. Por esa razón únicamente se tomarán en cuenta los modelos listados anteriormente. Las reparaciones más comunes son las siguientes:

### **2.1.1. Servicios de 250 horas (servicio mayor)**

Este es un trabajo de mantenimiento preventivo que consiste en el reemplazo de los filtros de combustible, aire y lubricante. Sólo en algunos casos el equipo utiliza filtros de aire secundarios, filtros de refrigerante y elementos (filtros) de trampa de agua. Adicionalmente a los reemplazos de los filtros, este trabajo también involucra el cambio de lubricante.

El tiempo de vida útil para esta actividad es de 250 horas de trabajo de la máquina, aunque este puede prolongarse dependiendo de los resultados de los análisis de aceite SOS que se practican en el laboratorio del taller de Servicio de GENTRAC. En estos análisis se puede determinar el estado del lubricante, en relación a la cantidad o porcentaje de apareamiento de microscópicas partículas de los elementos metálicos, de los que está compuesto el motor, en tan solo una muestra que se toma periódicamente, dentro de las inspecciones de rutina al equipo.

Sin embargo, estas pruebas únicamente están estandarizadas para equipos CATERPILLAR, basadas en investigaciones y la constante recopilación de información de antecedentes históricos, obtenida a través de varios puntos de ventas y servicios, ubicados en todo el mundo.

Esto ha permitido crear patrones confiables de desgaste común para varios equipos CATERPILLAR, razón por la cual su interpretación es confidencial y segura para la protección del motor.

Este análisis del lubricante SOS permite detectar problemas a tiempo y evitar que se conviertan en averías mayores, mejora el aumento de disponibilidad del equipo y reduce los costos de mantenimiento y operación del motor de la planta eléctrica.

### **2.1.2. Reemplazo de la batería**

Aunque parece una tarea sencilla, la complicación se puede encontrar en realizar la selección correcta de la misma e inclusive su instalación. Dependiendo del tiempo de uso de la batería y de la falla que esta pueda llegar a presentar, este trabajo puede ampliarse al reemplazo de cableado y terminales si fuesen necesarios.

El tiempo de vida útil normal para una batería marca CATERPILLAR es de 36 meses, según las recomendaciones de fabrica, siempre y cuando se realice la inspección regularmente al sistema eléctrico, ya que el mal estado de los dispositivos vinculados a la operación de esta, puede llegar a afectar de manera significativa su funcionamiento.

Dependiendo de su aplicación y sus características de funcionamiento existen baterías a las cuales se les debe realizar un mantenimiento periódico más extenso que las baterías que son libres de mantenimiento.

Se recomienda que una vez agotado el tiempo de garantía de las baterías sean inmediatamente reemplazadas, aunque las mediciones y evaluaciones efectuadas a estas, no presenten irregularidades. Su falla podría ser repentina e inminente, permitiendo de esta manera que el equipo pueda llegar a estar deshabilitado.

### **2.1.3. Reemplazo del cargador de batería**

Como un medio para respaldar el funcionamiento de los equipos y evitar fallas en el momento en que una planta eléctrica debe arrancar, se utiliza el cargador de batería, el cual es un dispositivo cuya función es la de energizar constantemente a la batería y evitar que esta se descargue. Si el cargador de batería presenta una irregularidad en sus parámetros de funcionamiento normal, este podría afectar a la(s) batería(s) que inicialmente sustenta el arranque del equipo.

El tiempo de vida útil del componente se encuentra actualmente sometido a estudio ya que no se considera que se requiera el reemplazo periódicamente. Una falla en este componente puede ser provocado por condiciones externas y ajenas al mantenimiento preventivo de la máquina. Básicamente su reemplazo es debido a un desgaste natural.

### **2.1.4. Reemplazo de calentador de agua**

Estos equipos se mantienen constantemente a temperatura ideal de trabajo gracias a este dispositivo, que facilita el arranque del motor y no requiere el precalentamiento o calentamiento para soportar la carga a la que se encuentre sometida la planta eléctrica al momento en que inicie su operación.

No se puede determinar con exactitud el tiempo de vida útil en este componente. Aunque en algunos casos, la falla sobre este, puede asegurarse, si el estado del refrigerante es inadecuado para el equipo o si se ha realizado una incorrecta limpieza interna del radiador. Los análisis SOS, también pueden definir el estado del refrigerante en relación a la concentración de glicol y sedimentos que se encuentre en la muestra. Esta, al igual que la muestra de aceite, debe ser tomada regularmente durante la inspección de mantenimiento.

#### **2.1.5. Reemplazo de mangueras del calentador de agua**

Este trabajo debe realizarse cuando las mangueras por donde circula el refrigerante, (del sistema de enfriamiento del motor) presentan serios daños físicos debidos a altas temperaturas, sobrepresiones y al efecto de las vibraciones a las que se encuentran sometidas. Anteriormente, los equipos con diseño de fábrica venían sin válvulas de paso a la salida del block del motor o calentador de agua y cada vez que se realizaba el reemplazo de las mangueras del calentador era necesario drenar el refrigerante para evitar derrames. Por esta razón en algunos equipos (antiguos), es necesario realizar esta adaptación o mejora para facilitar la reparación.

En algunas ocasiones se pueden encontrar altas concentraciones de sedimentos en el refrigerante presente en el motor, los cuales pueden producir el efecto de abrasión que desgasta las paredes internas de las mangueras del calentador de agua. Es indispensable que el diseño de la manguera no sea de mayor longitud que el que en realidad se requiere ya que un aumento en el radio de flexión puede repercutir en variaciones de presión y temperatura del fluido. Tanto en la fabricación de la manguera como en el proceso de instalación, es necesario tomar en cuenta las recomendaciones indicadas en la guía de control de contaminación.



### **2.1.6. Reemplazo de termostato del calentador de agua**

El calentador es un dispositivo encargado de transmitir calor al refrigerante que circula por el motor con el objetivo de mantenerlo a una temperatura ideal de trabajo a través del uso de resistencias eléctricas o en este caso de termostatos. En algunas aplicaciones estos termostatos van directamente instalados en el block de motor, en algún punto donde estratégicamente aumenta uniformemente la temperatura del fluido.

La falla en este dispositivo suele ocurrir cuando el refrigerante no fluye con rapidez a través del motor, esto provoca que la temperatura aumente constantemente hasta que finalmente la resistencia se sobrecalienta.

La durabilidad de los termostatos depende de la rapidez con la cual fluye el refrigerante a través del motor y también de algunas otras condiciones eléctricas y el desgaste natural de la pieza al estar en operación constantemente.

### **2.1.7. Reemplazo de uniones del radiador**

Las uniones del radiador son segmentos de manguera que unen al radiador con la entrada y salida de refrigerante del block de motor. Normalmente se deterioran por la constante temperatura y por lo general la falla que presentan es la cristalización y fractura. A diferencia de las mangueras comunes, estas uniones no poseen acoples roscados o acoples a tope, más bien utilizan abrazaderas para sujetarse a los segmentos de tubería y por esta razón en estos segmentos es común encontrar fugas del refrigerante.

Cuando se requiere realizar el reemplazo de estas partes, es recomendable realizar una limpieza interna al radiador ya que en estas partes del motor no se pueden instalar llaves de paso que se utilicen para evitar los derrames, entonces drenar el fluido es inevitable y al extraerlo se contamina.

La forma de evaluar el estado de las uniones del radiador es través de la inspección visual y también se puede palpar suavemente con la mano para verificar que no se presenten signos de rigidez y superficie brillante (cristalización).

#### **2.1.8. Reemplazo del tapón del radiador**

Reemplazar esta parte, realmente no requiere mayor esfuerzo, únicamente es necesario identificar el tapón adecuado que debe ser utilizado en el equipo, basado en las especificaciones del manual del fabricante. La selección del tapón del radiador se realiza de acuerdo a la presión que este puede llegar a soportar. En algunas ocasiones se puede encontrar que dos tapones a la vez, poseen a simple vista las mismas dimensiones o una apariencia similar, sin embargo, el rango de presiones que estos pueden llegar a soportar son completamente distintos.

Para esta sección únicamente se realizará un inventario de partes que facilite conocer el componente que se requiere reemplazar y reducir el tiempo de búsqueda en el sistema de información de CATERPILLAR.

El desgaste en el tapón del radiador se puede determinar evaluando que el nivel de refrigerante en el sistema de enfriamiento del motor, ha reducido significativamente en un corto plazo de tiempo.

También se puede observar el deterioro del tapón, cuando el empaque que tiene dicho repuesto se encuentra físicamente en mal estado o hasta cristalizado por la alta temperatura a la que se encuentra sometido constantemente y finalmente otra forma de averiguar si el tapón del radiador se encuentra en mal estado, es cuando el indicador de temperatura muestra un aumento de la temperatura ideal de trabajo, por encima de la normal.

### **2.1.9. Instalación de trampa de agua o separadores de agua**

Sólo en algunas aplicaciones es necesario agregar este dispositivo al conjunto de partes del sistema de combustible de una planta eléctrica y el uso de este componente mejora el funcionamiento del equipo y evita el ahogamiento del motor por presencia de agua en el sistema de inyección de combustible, así mismo, evita el taponamiento del filtro de combustible y prolonga la vida útil de la bomba de combustible y de los inyectores al no permitir que ciertas partículas contaminantes lleguen hasta estas vitales partes.

Por lo general, una trampa de agua puede ser ubicada justamente a la salida del tanque externo o depósito de combustible de una planta eléctrica. Su función es sencillamente la de separar la condensación que se forma por el estancamiento del combustible, para este caso de diésel.

Una trampa de agua desarrolla mayor resistencia al paso del combustible y a la retención de agua conforme pasa el tiempo. Por lo cual debe obedecerse y tomarse en cuenta todas las recomendaciones que el fabricante indica en el manual de mantenimiento. Algunos fabricantes prefieren que los elementos filtrantes y separantes sean reemplazados dependiendo de las horas de trabajo que estos han cumplido.

Sin embargo, también puede tomarse una muestra de combustible obtenida en el filtro de combustible y determinar la calidad del combustible, siendo esta una manera más confiable de evaluar al combustible y si los resultados fuesen deficientes entonces deberá realizarse un cambio inmediato del filtro de la trampa de agua.

El diseño de una trampa de agua, está conformado por un cuerpo cilíndrico finalizado en una semiesfera (llamado comúnmente copa) y un drene en su extremo, por donde se puede extraer el agua que se ha logrado recolectar de la condensación del combustible. En su interior existe un elemento filtrante que separa las partículas sólidas o partículas contaminantes del combustible que sean capaces de afectar el correcto funcionamiento del sistema de inyección.

Dentro de las actividades que deben realizarse dentro de las inspecciones de mantenimiento de rutina, debe incluirse la revisión del nivel de agua que se encuentra estancada en la copa de la trampa de agua y drenarlo constantemente a través del drene. Esta operación se realiza en forma manual, abriendo el drene y permitiendo que se derrame a propósito el agua hasta que se perciba visualmente que inicia a salir el combustible.

#### **2.1.10. Limpieza interna del radiador**

Este trabajo consiste en realizar la limpieza interna del radiador con agentes limpiadores y el reemplazo del volumen total del refrigerante por una cantidad igual y nueva. El procedimiento es bastante sencillo pero toma mucho tiempo realizarlo adecuadamente.

Inicialmente debe agregarse el agente limpiador al interior del radiador y ponerse en marcha al equipo durante una determinada cantidad de tiempo. El tiempo que tome realizar este primer paso dependerá del tamaño del sistema.

De esta manera el agente limpiador inicia su función de desprender las impurezas que se encuentran sujetas a las superficies internas de los conductos del radiador, conductos del block de motor y algunos otros componentes por donde normalmente fluye el refrigerante.

Al terminar la operación de limpieza del motor con el agente limpiador, es necesario esperar un tiempo prudencial hasta que se reduzca su temperatura significativamente a una temperatura que permita comenzar a drenar todo el refrigerante mezclado con el agente limpiador. En algunos casos el aspecto de este fluido es parecido al lodo y en el momento en que se despoja a este fluido del sistema, debe realizarse a través de todas las uniones inferiores del radiador y del calentador de agua, para evitar que los sedimentos que se han desprendido con la limpieza puedan obstruir cualquier punto en el sistema de enfriamiento.

Seguido del drene de la mezcla de refrigerante y el agente limpiado se vuelve a llenar el radiador del motor con agua desmineralizada y se pone en marcha nuevamente la misma cantidad de tiempo con que se realizó la limpieza interna. Esto se hace con el objetivo de remover cualquier sedimento o impureza que haya quedado rezagado al momento en que se efectuó el primer drenado.

Finalmente después de este último drenado de agua desmineralizada, se inicia el llenado del radiador únicamente con refrigerante de motor en el sistema de enfriamiento.

En algunos casos la metalurgia y la protección superficial del metal del que está fabricado el radiador, puede ser afectado por la alta concentración de glicol del refrigerante, por lo cual se recomienda utilizar un refrigerante liviano o diluido. Recientemente existe una opción sintética libre de glicol pero su utilización está condicionada a todos los equipos que no contengan un sistema de enfriamiento de aceite forzado.

### **2.1.11. Reemplazo de la bomba de agua**

Este trabajo consiste en la inspección visual de la bomba de agua, con el objetivo de encontrar fugas, goteo o derrames de refrigerante que puedan reducir el volumen de refrigerante y afectar al sistema de enfriamiento. Al determinar que efectivamente existe una irregularidad en el funcionamiento normal de la bomba, esta debe ser reemplazada inmediatamente.

Tanto para los equipos de generación eléctrica como para la maquinaria de obra, existen dos opciones al reemplazar ciertos componentes de esta magnitud. La primera opción consiste en cambiar esta parte por una nueva. Y la segunda opción consiste en reemplazar la pieza por una remanufacturada. Para ambas opciones se cuenta con una garantía total si llegase a poseer defectos de fábrica o si presenta mala operación casi desde su reciente instalación.

Anteriormente, se indicó que cuando se realiza una limpieza interna del radiador y se reemplaza el volumen de refrigerante por otro altamente concentrado en glicol, puede dañar severamente algunos componentes del motor, tales como sellos y empaques, cuando no se realiza correctamente, tomando en cuenta todos los procedimientos.

Los trabajos de reparación de bombas de agua, no se toman en cuenta para equipos de generación eléctrica, ya que estos equipos son utilizados emergentemente cuando el suministro eléctrico nacional, por cualquier razón suspende temporalmente su servicio o cuando ocurre una variación significativa en el voltaje, que pueda dañar a la maquinaria que cualquier institución pueda tener conectada a la red local. La reparación debe ser inmediata y el tiempo que un equipo queda deshabilitado debe ser reducido al máximo para no dejar contar con el respaldo del generador.

#### **2.1.12. Reemplazo de regulador de voltaje**

Este es un componente del sistema eléctrico del generador, encargado de controlar el voltaje que la máquina es capaz de entregar al momento en que el equipo comienza a trabajar. En algunas ocasiones únicamente se necesita de una simple calibración inicial para evitar variaciones de voltaje. La calibración debe realizarse cuando al equipo se le pone en marcha con carga. Este es un trabajo complejo y conjuntamente coordinado con las funciones de la transferencia y para ciertas aplicaciones, con sistemas de almacenamiento de energía o dicho de otra forma con sistemas de alimentación ininterrumpida conocida como UPS por sus siglas en Inglés (Uninterruptible Power Supply).

Después de una serie de evaluaciones eléctricas a este componente, se define si realmente se encuentra en buenas condiciones, si fuese el caso de que este dispositivo no pasa las pruebas, debe realizarse el reemplazo inmediato.

Aparentemente la función del regulador no afecta la respuesta del generador al momento en que este inicie su operación, pero si aún no se ha reemplazado dicho dispositivo o si no se ha calibrado, ocurrirá la interrupción total de las funciones del generador, a través de una serie de alarmas que los sensores especialmente diseñados para proteger al equipo y que se encuentran distribuidos estratégicamente alrededor del mismo, envían al panel de control dichas señales con el objetivo de advertir una falla inminente y detener por completo la operación del mismo y reanudarla hasta que sea calibrada o reemplazada la pieza.

### **2.1.13. Reemplazo de fajas V-Belts**

Efectuar correctamente este trabajo es de suma importancia para la operación común del motor y en cuanto se detecta alguna anomalía con la apariencia o el funcionamiento de este conjunto de elementos, debe reemplazarse inmediatamente.

Estas fajas están fabricadas de caucho, el cual es un material altamente resistente, que con el tiempo y el sometimiento al esfuerzo, provocado por el trabajo de motor, varía su elasticidad, permitiendo la deformación y el desgaste.

A su favor se puede mencionar que la utilización de este conjunto de fajas de motor, es la forma más silenciosa de transmisión de movimiento, sin embargo, la ruptura repentina puede ocasionar un serio daño a todos los componentes rodantes del motor e incluso aquellos que poseen contacto directo entre ellos.



Cuando un conjunto de fajas se instala por primera vez, estas quedan sometidas a tensión, lo suficiente para no afectar al inicio de la marcha del motor y para no resbalar cuando la polea o eje motriz comience a rodar. En motores modernos el sistema de tensión de poleas es automático. Esto significa que hay un elemento que mantiene tensa a la polea aunque en esta ya exista desgaste, por lo regular dicho elemento es un resorte. La consecuencia de utilizar este tipo de sistema es que si no se detecta a tiempo el desgaste de la faja, esta puede llegar a reventarse sin previo aviso y provocar serios daños al motor.

Existen motores que no son tan modernos o que son de diseño sencillo y tienen un sistema de tensión fija, por lo general, se tensa la polea fijamente a través de un mecanismo atornillado, pero al transcurrir varias horas de trabajo se puede apreciar visualmente que la faja se afloja, esto podría significar que ha comenzado su deformación o que la vibración del motor ha provocado que se afloje el tornillo que mantiene fija a la polea. Sin embargo, y por lo general, este sistema es bastante seguro y permite determinar previamente si el conjunto de fajas han sufrido alguna deformación significativa y anticiparse a la ruptura de alguna de ellas.

Tanto para sistemas automáticos de tensión como para sistemas de tensión fija, existe una forma de determinar si la faja se encuentra bien sujeta o si ha sufrido excesiva deformación y se puede determinar a través de un peculiar sonido que emiten las fajas, mientras se inicia la marcha de motor.

La forma más certera de realizar el reemplazo de fajas de motor, es obedeciendo las recomendaciones del fabricante del producto, en cuanto al kilometraje que el vehículo debe recorrer si es que se trata de maquinaria de obra o de las horas de trabajo que las fajas están cumpliendo en el caso de un equipo de generación eléctrica.

## **2.2. Estandarización de mano de obra y consumibles para equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR**

La estandarización de la mano de obra permite mejorar los procesos de reparaciones dependiendo del tipo de motor y el tipo de reparación necesaria, así mismo, genera un mayor control en tiempos de trabajo y precios al consumidor.

### **2.2.1. Estandarización de mano de obra**

El servicio de mantenimiento de 250 horas se realiza para todo tipo de maquinaria CATERPILLAR y la cantidad de tiempo e insumos invertidos para cada máquina está directamente relacionado con el tamaño del motor de combustión que posea la misma. Por esta razón es necesario realizar una estandarización de mano de obra de cada máquina CATERPILLAR.

Realizando este proceso de estandarización se podrá tener a disposición de la empresa y del cliente un formato que indique el promedio de horas de trabajo para cada equipo (tiempo indispensable mínimo o máximo para realizar un servicio de mantenimiento) y obtenidos estos resultados se puede realizar una estandarización de costos de mantenimiento indispensable tanto para la empresa como para el cliente.

A continuación, se presenta una gráfica con la estandarización de la mano de obra de las principales reparaciones realizadas por CATERPILLAR.

Tabla X. **Estandarización de mano de obra de reparaciones comunes en equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR**

MODELO	SERVICIO 250 HORAS	LIMPIEZA INTERNA DEL BATERÍA	CARGADOR DE BATERÍA	CALENTADOR DE AGUA	MANGUERAS DEL CALENTADOR	TERMOSTATO DEL CALENTADOR	UNIONES DEL RADIADOR	TRAMPA DE AGUA	REGULADOR DE VOLTAJE	FAJAS V-BELTS DE	MOTOR DE ARRANQUE
3054	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3056	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3208	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3304	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3306	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3406	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3408	4	4	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	2	2
3412	8	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	4	4
3456	8	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	4	4
3508	8	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	4	4
3512	16	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	4	6
3516	16	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	6	6
C18	16	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	6	6
C27	16	6	1-2	4-6	3-6	2	4-6	1-6	4-6	6	6

Fuente: Información obtenida a través del antecedente histórico de reparaciones de 89 equipos supervisados, bajo convenios de mantenimiento actualmente activo. Empresa GENTRAC.

Según se observa en la tabla X, el tiempo utilizado para la limpieza interna del radiador en equipos de pequeño y mediano tamaño es igual y solo incrementa para equipos de mayor tamaño (3412 – C27).

Actualmente, existen equipos que utilizan 1 batería y otros utilizan dos. Por lo tanto, se estima una hora por cada batería y dos horas (aunque el sistema posea una o dos baterías) si el trabajo incluye el reemplazo de terminales y la instalación de cable nuevo.

Si el sistema eléctrico de la planta ya posee un cargador de batería y sólo se requiere el reemplazo por desgaste o recomendación, entonces se estiman 4 horas de trabajo y si es necesario instalar el cargador eléctrico como un nuevo componente del sistema entonces se estimará 6 horas de trabajo.

Por lo general, el calentador de agua (elemento completo) es un componente que regularmente no presenta falla, en la mayoría de los casos, en caso contrario únicamente es necesario reemplazar el o los termostatos. Por lo tanto, si este último fuera el caso, entonces se estimará 4 horas. Si se debe realizar un reemplazo del mismo, el tiempo de trabajo puede estandarizarse para 2 horas.

Originalmente los equipos de generación eléctrica vienen de fábrica sin válvulas de paso a la salida y entrada de las mangueras del calentador de agua. Y existen equipos a los cuales se les han realizado estas nuevas adaptaciones. Si el equipo ya cuenta con válvulas de paso, entonces el trabajo de reemplazar las mangueras se facilita. Se deberá tomar en cuenta el tiempo estimado de 3 horas, siempre y cuando no sea necesario realizar la limpieza interna del radiador y el reemplazo del refrigerante adicional a este trabajo.

Para las uniones del radiador se estima un promedio de 4 horas si se realiza el reemplazo de refrigerante y de 6 horas si se requiere utilizar el mismo refrigerante que ya existe en el sistema. Para esta última actividad, es necesario drenar el fluido y almacenarlo en uno o varios recipientes para evitar su contaminación, por tal motivo requiere mayor cuidado que el reemplazo por un refrigerante nuevo.

Para el mantenimiento de las trampas de agua se estima 1 hora si se requiere realizar el reemplazo únicamente del elemento filtrante y el drene del condensado, en la copa de la trampa de agua. Para realizar una nueva instalación, por lo general se estiman 6 horas, porque este trabajo está dirigido directamente en el depósito de combustible a granel.

Fajas de motor: en esta actividad varía la estimación del tiempo de mano de obra, debido a las dimensiones del motor, el acceso a las poleas, la cantidad de fajas que utiliza el motor y si son equipos de considerable tamaño será necesaria la intervención de dos técnicos.

### **2.2.2. Costos de adquisición de consumibles**

Con el objetivo de reducir el tiempo de espera de completación de repuestos y consumibles CATERPILLAR (en caso de importación) expone la siguiente tabla de costos para servicios de mantenimiento de 250 horas para tener presente la cantidad de repuestos necesarios y el costo que representa anualmente.

Tabla XI. **Costo promedio de consumibles para maquinaria  
CATERPILLAR**

Descripción	Filtro de lubricante	Total de unidades anual	Costo unidad (Q)	Subtotal (Q)
FILTRO DE LUBRICANTE	7W2327	8	62,07	496,56
	1R-0713	18	34,50	621,00
	1R-0739	18	64,03	1 152,54
	1R-0716	70	118,01	8 260,70
	1R-0726	15	219,94	3 299,10
	1R-1808	4	179,20	716,80
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	9Y-1404	8	397,72	3 181,76
	1R0750	9	79,50	715,50
	4L-9851	2	206,95	413,90
	4L-9852	16	222,60	3 561,60
	142-1340	20	554,16	11 083,20
	4N-0015	3	502,13	1 506,39
	6I-2509	42	396,48	16 652,16
	8N-6309	22	668,71	14 711,62
	1W-3636	1	564,21	564,21
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	142-1339	4	426,45	1 705,80
	142-1403	20	326,66	6 533,20
	4N-7808	3	74,52	223,56
	6I-2510	42	438,63	18 422,46
	8N-2555	22	98,45	2 165,90
	1W-3637	1	265,38	265,38
FILTRO DE COMBUSTIBLE	142-1404	4	1 061,10	4 244,40
	159-6102	4	122,46	489,84
	1R-0750	18	79,50	1 431,00
	1R-0749	66	96,85	6 392,10
	1R-0756	55	111,17	6 114,35
TRAMPA DE AGUA	1R-0755	2	295,18	590,36
	138-3100	4	118,55	474,20
	7N-1225	9	183,21	1 648,89
	133-5673	44	273,74	12 044,56
LUBRICANTE 15W40 AL AÑO (galones)	134-6307	8	94,80	758,40
	<b>TOTAL</b>			<b>545 471,44</b>

Fuente: elaboración propia.

El servicio de 250 horas como su nombre lo indica es un tipo de reparación de mantenimiento preventivo que debe realizarse cuando el equipo cumple este tiempo de operación. También se realiza cuando el reemplazo inicial de filtros y lubricantes ha cumplido un año de vigencia, por recomendación del fabricante, debido al proceso de oxidación que afecta al lubricante del motor.

Con base a los resultados observados en la tabla XI, se puede implementar un kit de mantenimiento para cada equipo de generación eléctrica, que incluya los repuestos y el volumen de lubricante necesario, para realizar el servicio de mantenimiento preventivo de 250 horas, esto ahorrara tiempo y algunos otros costos relacionados con el almacenamiento de los repuestos en la bodega.

### **2.3. Implementación de mejoras para el diseño de equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR**

Originalmente en el diseño de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR, no se toman en cuenta las condiciones a las que se expondrá dicha máquina. Es importante recordar que un equipo de este tipo actúa repentinamente cuando el suministro eléctrico nacional varía significativamente, por lo cual, es necesario contar con un equipo en óptimas condiciones de operación. Si en la planta eléctrica es necesario realizar reparaciones correctivas previamente detectadas a través de una inspección de rutina se deberá suspender el funcionamiento del equipo el menor tiempo posible.

Las mejoras que se proponen son las siguientes:

- Diseño del tanque de combustible.
- Instalación de válvulas de paso en las mangueras del calentador de agua.
- Doble banco de baterías y cargadores de baterías.
- Instalación de catalizador.
- Actualización de paneles de control.
- Comunicación remota.

### **2.3.1. Rediseño del tanque de combustible**

Para iniciar a realizar un breve análisis del diseño de los tanques de combustible es indispensable conocer el comportamiento y los efectos del combustible, en el interior de estos depósitos de almacenamiento.

Los combustibles son mezclas de hidrocarburos ligeros que se utilizan en motores de combustión interna y que comúnmente presentan cierta cantidad de residuos de múltiples tipos. Dependiendo de ciertos factores tales como almacenamiento, transporte e incluso localización geográfica, estos contaminantes se encuentran en mayor o menor proporción.

La acumulación de estas partículas se debe principalmente al origen (en los recipientes) de procesos químicos que interaccionan con el aire atmosférico y a la propia oxidación del depósito, con mayor intensidad en climas costeros.



Estos contaminantes son perjudiciales en varios sentidos; por una parte provocan el taponamiento de las vías de paso y por otro se incrustan en el motor formando capas de contaminación a largo plazo, uno de los elementos que causan mayor problema es el depósito de gasolina junto a los carburadores y los conductos del motor.

Los tres tipos principales de contaminación son:

- El agua: es un agente promotor de la corrosión, si hay suficiente agua en el combustible, con temperaturas de congelación, se pueden formar cristales de hielo que pueden obstruir los filtros. Si se permite que el agua permanezca en los tanques actuará como caldo de cultivo para la formación de hongos y bacterias.
- Partículas extrañas: estas partículas son inherentes al combustible y se deben quitar con filtros.
- Crecimiento microbacterial: este tipo de microorganismos se depositan en el estrato inferior (donde está presente el agua) y se alimentan del estrato superior (combustible). Su alimento está constituido por alcanos y aditivos y se propagan de forma acelerada. El producto de la actividad bioquímica es una sustancia gelatinosa de color marrón oscuro que en cantidades suficientes puede causar corrosión en el acero y aluminio e incluso puede atacar el caucho o plásticos de tanques y mangueras.

Según la información anterior el diseño de un tanque de combustible que cumpla con los requerimientos necesarios para el buen desempeño del equipo de generación eléctrica y además incremente la vida útil del mismo es de suma importancia aunque parezca que sea un aspecto secundario.

Básicamente un equipo de generación eléctrica, es una máquina utilizada en forma general para transformar la energía mecánica en energía eléctrica y suministrarla en donde es requerida en forma inmediata. De manera convencional su función inicia cuando hay un corte en el suministro de energía eléctrica local o variaciones significativas en la corriente eléctrica que puedan afectar a equipos o máquinas conectadas a este suministro. Esto a su vez puede repercutir en pérdidas económicas al paralizar la producción de una fábrica o el almacenamiento de información para compañías que se especializan en la digitalización de la información en incluso procesos y gestiones económicas dentro de la red bancaria.

El diseño de un tanque de combustible diésel, pasa desapercibido como un aspecto importante de los equipos de generación eléctrica, se entiende que este es un elemento únicamente utilizado para el almacenamiento y la distribución constante; cuando en realidad podrían evitarse algunos inconvenientes de operación y prolongar la vida útil de los componentes internos de un motor, al realizar un sencillo pero correcto diseño utilizando elementos que mejoren la calidad del combustible.

Las condiciones y recomendaciones para el diseño de un tanque de combustible son las siguientes:

- Un tanque de combustible debe ser fabricado de materiales que reduzcan la formación de óxidos, producidos por la formación de condensación natural del combustible. Se recomienda que el material a utilizar sea el acero inoxidable el cual tiene propiedades químicas convenientes para evitar los óxidos.

Existen aplicaciones donde se recurre a depósitos de plástico que almacenan muy bien al combustible, pero debe prestarse especial atención a la formación de algas en su interior si están expuestos a iluminación excesiva y altas temperaturas.

Actualmente a los tanques de combustible se les agrega un segmento corto de tubería expuesta a la intemperie, que funciona como respiradero. Sin esta tubería el combustible no podría fluir fácilmente, sin embargo, es inconveniente en lugares donde la humedad relativa es alta, porque sólo contribuirá a la formación de condensado dentro del tanque.

Por esta razón se recomiendan colocar a la salida de este respiradero, filtros deshumidificadores, que no sólo evitan el paso de la humedad relativa al interior del tanque si no que también extraen del interior del mismo, el condensado natural, sin afectar el flujo del combustible.

- El tanque de combustible debe tener un ángulo de inclinación a la salida, para que el combustible avance sin dificultad y que los depósitos de partículas sólidas o sedimentos bajen hasta la salida y puedan ser drenados y eliminados del resto del combustible en forma periódica.

Por lo general, a la salida del tanque de combustible se deben instalar válvulas de paso, que se utilizan para abrir y cerrar el paso de combustible al sistema y así facilitar los trabajos de reparación o mantenimiento, cuando estos sean requeridos, sin necesidad de drenar o que ocurran derrames. De manera habitual estas deberán permanecer abiertas, cuando el equipo se encuentre a la espera de su operación o que tenga ejercicios de arranque programados de forma automática a través del panel de control.

- A pesar de que se cuenten con los filtros deshumidificadores instalados en el respiradero del tanque de combustible, de igual manera existe la posibilidad de una leve formación de condensado, esto podría suceder también cuando la vida útil del filtro ha expirado. Por esta razón, se recomienda la instalación de trampas de agua a la salida del tanque de combustible, con el objetivo de incrementar la calidad del combustible o a manera de respaldo de la función que desempeñan los filtros deshumidificadores del respiradero.

Existe otro tipo de filtros especiales o purificadores del combustible que cumplen la función de separar el agua del combustible como en el caso de las trampas de agua y adicionalmente también pueden retener partículas sólidas, logrando de esta manera una óptima purificación del fluido y reducción significativa de emisión de gases, sin embargo, estos productos son altamente costosos y requieren mayor atención en cuanto al mantenimiento del componente.

- Cuando el equipo tiene una acostumbrada rutina de trabajo es posible cuantificar la vida útil de los elementos filtrantes del combustible a través de horómetros que se activan al mismo tiempo en que el equipo comienza a trabajar. Según el manual del equipo o componentes (cuando los componentes utilizados en el diseño del depósito son de varios fabricantes) o las recomendaciones del fabricante, si se han alcanzado este número de horas de trabajo se debe intervenir en el reemplazo de dichos elementos purificadores y separadores del combustible para evitar futuros daños en el desempeño del equipo.

Bajo las recomendaciones anteriores se mejoran significativamente las condiciones de operación del equipo, prolongando de igual manera, la vida útil de los componentes internos del sistema de inyección de combustible de un motor.

### **2.3.2. Instalación de válvulas de paso en las mangueras del calentador de agua**

Generalmente, los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR, vienen de fábrica sin estos accesorios. Este es un defecto que no se logra percibir prematuramente. Un equipo electrógeno que no posee estas partes, puede operar sin ningún inconveniente, durante un largo período de tiempo. El que tenga o no, estas adaptaciones no incrementa o disminuye el rendimiento ni la eficiencia de la máquina.

Únicamente se percibe la utilidad de las válvulas, cuando son necesarias las siguientes reparaciones:

- Reemplazo de mangueras del calentador de agua.
- Reemplazo de las uniones del radiador (segmentos de mangueras).
- Reparaciones en el calentador de agua.
- Limpieza interna del radiador y reemplazo del refrigerante.
- Estas actividades tienen en común, el drenado del refrigerante, del sistema de enfriamiento del motor.

Al estar instaladas las válvulas de paso a los extremos de las mangueras del calentador de agua, el reemplazo de estas o los trabajos que se deben realizar en el calentador de agua, se facilitan y se reduce el tiempo en que el equipo queda deshabilitado para realizar esta operación.

En el caso de los trabajos de limpieza interna del radiador o el reemplazo de las uniones del radiador, el drenado del refrigerante puede realizarse de una manera más ordenada evitando los derrames innecesarios y pocos seguros.

### **2.3.3. Instalación de doble banco de baterías**

Al igual que con las adaptaciones de válvulas de paso, estos equipos vienen de fábrica, únicamente con un banco de baterías y un cargador de baterías. Si se tiene un correcto control de mantenimiento preventivo a través de las inspecciones de rutina y se obedece las normas del fabricante en cuanto al tiempo de vida útil que los acumuladores tienen que operar, entonces no es necesario tener doble banco de baterías.

El reemplazo de las baterías, puede realizarse preventivamente, sin necesidad de que se presente una falla inminente, en el sistema eléctrico, debido al mal funcionamiento de los acumuladores o del cargador de baterías; sin embargo, cuando las inspecciones de rutina se realizan esporádicamente, las fallas en el cargador de baterías se pueden presentar repentinamente debido a las variaciones de voltaje o a las interrupciones intermitentes en el suministro eléctrico nacional, lo que afecta considerablemente al banco de baterías.

Por esta razón, es necesario tener un doble banco de baterías, porque cuando se presenta esta falla, sólo es cuestión de conectar el segundo banco de baterías a través de un sistema de doble vía, que reduzca el tiempo en que el equipo presente una alarma activa y quede inoperable. Así mismo, se reduce la posibilidad de que se presente una falla repentina e inminente.

La única condición para instalar este sistema de doble banco de baterías es que el tiempo de vida útil de los acumuladores no coincida y que este tiempo de caducidad entre cada banco sea amplio para realizar el reemplazo preventivo de alguno de ellos, en el caso de ser necesario. Este sistema es una manera de respaldar aun más el funcionamiento óptimo del equipo electrógeno.

#### **2.3.4. Instalación de catalizador**

Los catalizadores tienen como fin primordial reducir la proporción de algunos gases nocivos enviados al ambiente a través de las emisiones de gases de combustión de los motores, básicamente están diseñados para convertir el monóxido de carbono e hidrocarburos (incluyendo aldehídos) en dióxido de carbono y agua. A pesar de la disponibilidad de catalizadores de oxidación para motores diésel estacionarios, en el diseño e instalación de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR, no se incluye como un componente básico.

La instalación de estos componentes aumentan los costos de adquisición, instalación y mantenimiento. Además, la ley en Guatemala no regula la emisión de gases, por lo cual muchos clientes deciden no incluirlo dentro de la instalación del equipo electrógeno.

##### **2.3.4.1. Características y beneficios**

Los conjuntos de catalizadores de oxidación están disponibles en dos formas básicas: forma redonda y forma rectangular, los cuales se utilizan dependiendo del tamaño del equipo o aplicación. Ambas formas consisten en sustratos de catalizador extraíbles contenidas por una carcasa del reactor.

Los sustratos están hechos de lámina de acero inoxidable, que ha sido recubierto con material de catalizador para promover la oxidación. El papel de aluminio de pared delgada se enrolla o apila en una configuración de panal de abeja que está diseñado para proporcionar una gran área de superficie para las reacciones químicas que tienen lugar en su interior, mientras causa restricción de flujo de gas mínima. Los sustratos de lámina metálica también proporcionan una buena resistencia al choque térmico y mecánico.

La carcasa está hecha de acero inoxidable para resistir la corrosión del gas de escape del motor y los efectos de la intemperie (choques térmicos) y diseñada para proporcionar acceso a la inspección de rutina del componente, que consisten en tomas de presión y temperatura en la entrada y la salida del mismo.

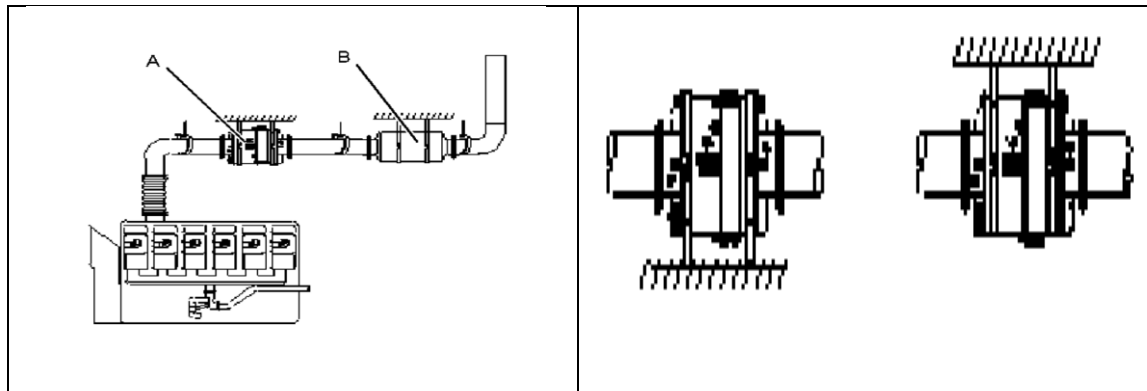
La regulación de la EPA exige un seguimiento constante de la temperatura del catalizador entrada y seguimiento mensual de caída de presión catalizador.

El rendimiento del catalizador depende de la cantidad de material de catalizador que se aplica al sustrato. El tamaño del catalizador se encuentra relacionado con el caudal de gases de escape y la temperatura de los gases de escape. El máximo rendimiento de trabajo, se logra a plena carga, proporcionando pleno cumplimiento de regulaciones de la EPA de HAP.

Este componente se instala de la misma manera que un silenciador y su sujeción se diseñará y elaborará, dependiendo de las condiciones arquitectónicas del lugar donde se ubica el equipo de generación eléctrica. La conexión al sistema de escape del motor se realiza a través de uniones atornilladas o bridas.



Figura 7. **Formas de instalación del catalizador**



A.- catalizador & B.- Escape

Formas de sujeción suelo – techo.

Fuente: HERNÁNDEZ, A. Manual Técnico de Operación y Mantenimiento CATERPILLAR.  
p. 12.

#### 2.3.4.2. **Forma de mantenimiento**

Debido a las reacciones químicas que se producen en el interior del catalizador y a los cambios bruscos de temperatura a los que se expone dicho elemento, la inspección de mantenimiento debe realizarse regularmente y la frecuencia con la que se realiza depende del tamaño del equipo y del período de tiempo que opera regularmente.

La inspección consiste en verificar la superficie metálica del componente, para verificar deformaciones, grietas, las restricciones del flujo, la temperatura y presión de la restricción del flujo de gas (cuando está en plena operación), si los elementos internos se han degradado químicamente es importante reemplazarlos o limpiarlos (si aún es posible), para mantener la eficiencia del equipo.

### **2.3.5. Actualización del panel de control**

Originalmente los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR vienen diseñados con paneles de control en donde se registran los parámetros de funcionamiento del equipo en plena operación.

En equipos muy antiguos, estos paneles son análogos y en ellos, se limita la lectura básica de algunos parámetros tales como: la temperatura, presión, velocidad, voltaje, amperaje, etcétera.

En equipos más modernos el panel de control es digital y adquiere un tamaño significativamente reducido en comparación al análogo. En este dispositivo se registran los parámetros de funcionamiento necesarios para definir que su funcionamiento sea el adecuado. Además este tipo de panel puede incluso a través de alarmas (activa o inactiva) detectar alguna anomalía dentro del funcionamiento interno del equipo, que facilita al técnico inspector, diagnosticar y reparar la falla detectada.

Desafortunadamente no es factible ni aconsejable la actualización de los equipos que originalmente vienen con paneles de control análogo. El costo por el reemplazo del panel análogo por uno digital es considerablemente alto y los reajustes en las conexiones eléctricas nuevas o el reemplazo y adaptación de sensores nuevos que transmitan la señal al panel, en la mayoría de los casos se desconfiguran con facilidad. Incluso el simple hecho de reemplazar un dispositivo de lectura análogo por un dispositivo de lectura digital puede producir lecturas erróneas porque en el diseño de las plantas antiguas no se contempló la actualización del panel de control.

En equipos en los cuales originalmente el panel es digital, la actualización de dicho panel por uno más moderno es posible e incluso se recomienda debido a que las nuevas versiones del panel de control incluye entre sus funciones adicionales, el monitoreo inalámbrico o la comunicación remota.

#### **2.3.5.1. Comunicación remota**

En Guatemala, el sistema de comunicación remota en plantas eléctricas es un tema nuevo para la industria de la generación de potencia. Se han diseñado muchos medios para tratar de que el panel de control de una planta eléctrica pueda enviar la información deseada de una ubicación a otra, pero estos medios han sido grandes esfuerzos con poco alcance de los resultados esperados. La comunicación remota, es un sistema de administración y monitoreo de la planta eléctrica a través de transmisión de información por medio de una red.

Esta información puede ser recibida a través de la computadora o en sistemas más complejos a través de señal celular. Este tipo de sistema permite conocer todas las variables de operación que actúan alrededor del equipo. Como por ejemplo: temperatura, presión, nivel de fluidos (combustible y lubricante), horas de trabajo realizadas por el equipo, alarmas activas, encendidos y apagados periódicos, etcetera. También el equipo puede ser controlado desde un punto lejano a la ubicación de la planta.

### **2.3.5.2. Componentes del sistema de comunicación remota**

Independientemente del tipo de comunicación remota que exista en el equipo de generación eléctrica, los elementos básicos con los cuales debe contar dicho equipo, son los siguientes:

- Panel de control digital (Última versión): esta edición del dispositivo debe permitir la conexión a un enrutador o también llamado router.
- Router o enrutador: es un tipo de dispositivo que permite convertir y transmitir la información (para este caso) del panel de control hacia una o varias redes.
- Software o equipamiento lógico: en caso de ser un sistema de comunicación remota con información transmitida a computadora, el sistema debe contar con un programa que permite supervisar todas las variables de funcionamiento que afectan al equipo de generación eléctrica. En el caso de tratarse de transmisión a celular, el router no utiliza un programa específico, sino más bien utiliza automáticamente el sistema de mensajería de cualquier celular, sin importar el grado de complejidad del dispositivo o dispositivos, si se requiere que las señales sean transmitidas a más de un destino. Para esta última opción se requiere una previa configuración de las opciones de router utilizando la comunicación directa con equipo de cómputo.

### **2.3.5.3. Modo de funcionamiento**

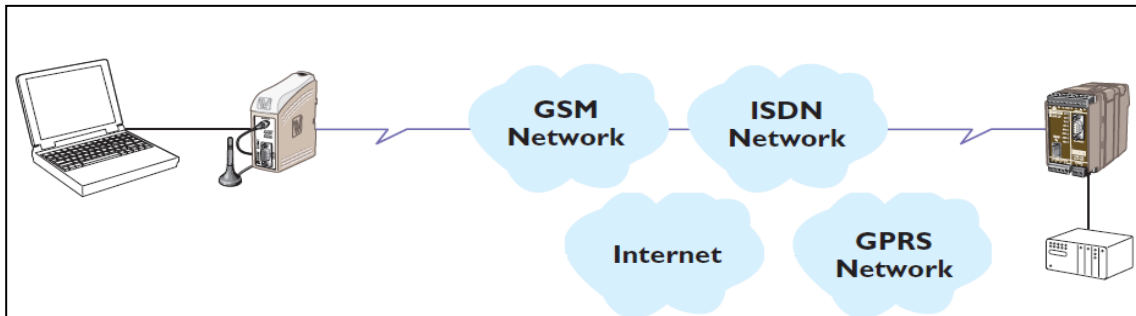
Los sensores ubicados estratégicamente a lo largo del equipo de generación eléctrica, constantemente se encuentran transmitiendo la información en cuanto al estado operacional de los componentes del equipo, a través de impulsos eléctricos dirigidos hacia el panel de control.

En el panel de control estas señales quedan registradas y convertidas en información digital que puede ser desplegada y visualizada por el operario, en forma manual o en comunicación directa por medio de la conexión de una computadora al panel.

Posterior al panel, la información registrada pasa al enrutador donde la señal, nuevamente es convertida en forma de paquetes de información y dirigida al software de la computadora o al sistema de mensajería del dispositivo celular a través de una o varias redes. Para esta segunda opción (comunicación celular) se requiere la conexión directa de la computadora al router y panel de control, para realizar una configuración previa de las opciones de la transmisión de datos del enrutador hacia el dispositivo destino y configuración también de las opciones de la red de telefonía, el cual es un proceso complicado extenso.

Si la información es transmitida a la computadora esta puede desplegarse en forma amplia y concreta permitiendo conocer las variables de funcionamiento del equipo, lograr manipular el encendido y apagado de la máquina cuando se requiera y detectar fallas que se presenten de forma inmediata.

Figura 8. Diagrama de comunicación inalámbrica remota



Fuente: elaboración propia.

Tanto para sistemas de comunicación remota por computadora, como para comunicación celular, las señales se presentan en forma de códigos numéricos, los cuales deben buscarse dentro de una tabla (proporcionada por el fabricante del router en conjunto con el fabricante del equipo de generación eléctrica, previo acuerdo) que traduce los mismos y sólo de esta manera se puede determinar lo que significan.

A pesar de todos los beneficios que se pueden alcanzar a través de este sistema de comunicación remota y monitoreo a distancia, el costo de adquisición de este sistema es sumamente elevado y aun más costoso cuando el equipo requiere la actualización del panel de control. Por esta razón la mayoría de compañías que tienen un equipo de generación eléctrica que respalda sus operaciones, prefieren prescindir de la utilización de esta opción de comunicación.



### **3. FASE ENSEÑANZA APRENDIZAJE**

#### **3.1. Desarrollo del plan de correcciones**

En el desarrollo del presente EPS se realizaron ciertas actividades, relacionadas con la propuesta de Diseño e implementación de mejoras y adaptaciones aplicados al monitoreo de condiciones de equipos de generación eléctrica, marca CATERPILLAR, las cuales se enumeran a continuación:

- Se realizó una estimación del tiempo de mano de obra, tomando en cuenta la experiencia y el criterio del personal técnico del taller de servicio de Gentrac. Dicha información fue recopilada, tabulada y proporcionada al área de redacción de presupuestos y a todo el personal involucrado con el proceso de estandarización de actividades de reparaciones para este tipo de equipos.
- Se realizó un inventario de repuestos y partes, que son necesarios para realizar el servicio mayor (250 horas) de los equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR y que actualmente se encuentran bajo convenio de mantenimiento preventivo SPM. Este inventario deberá ser tomado en cuenta para mantener la cantidad necesaria de repuestos que se utiliza durante un período de un año. La información fue proporcionada al área de logística de repuestos.



- Se realizó una serie de guías rápidas de las reparaciones más comunes en equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR, las cuales fueron proporcionadas al personal técnico del taller de servicio de Gentrac y se presentan en el apéndice.

## CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un inventario de repuestos e insumos en general, el cual permitió determinar los costos promedio que se generan durante un año y la necesidad de mantener ciertos repuestos disponibles para efectuar las reparaciones correspondientes. La información obtenida fue trasladada al área de logística de Gentrac para el análisis y la implementación del mismo.
2. Se implementó la estandarización de los tiempos de mano de obra que el técnico debe invertir para los procesos de reparaciones más comunes de maquinaria CATERPILLAR. Esta información fue trasladada al área de presupuestos de Gentrac y al personal involucrado en las reparaciones.
3. Se realizó un diseño de adaptaciones mecánicas y una implementación de mejoras para facilitar la compatibilidad con equipos que aún utilizan instrumentación análoga o comunicación por panel de control sin respuesta remota.
4. Se elaboró una guía rápida, la cual fue entregada a los técnicos de CATERPILLAR para facilitarle a los mismos el desarrollo adecuado de las reparaciones más comunes presentadas en los motores de combustión interna.



## RECOMENDACIONES

1. Ampliar la propuesta de Diseño e implementación de mejoras y adaptaciones aplicados al monitoreo de condiciones de equipos de generación eléctrica para maquinaria marca OLIMPYAN, la cual es una marca absorbida por CATERPILLAR.
2. Estimar un inventario de partes y consumibles para los trabajos de mantenimiento mayor (reemplazo de lubricante y filtros), por períodos más cortos: mensual, bimestral, trimestral y semestral.
3. Realizar un análisis y comparación de costos, relacionados con el almacenamiento de los repuestos y la importación de los mismos, para los mismos períodos, mencionados anteriormente.
4. Profundizar en el estudio de la utilización de los sistemas de comunicación remota para equipos de generación de potencia.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CASTAÑEDA, S. *El aceite lubricante y su motor*. Estados Unidos: CAT Learning. 2001. 33 p.
2. CATERPILLAR. *Power Pro* [en línea] <http://www.gentrac.com.gt>. [Consulta: julio de 2012].
3. *Gentrac Ahora*. PARODI, A. 3a ed. Guatemala. 2012. 11 p.
4. GENTRAC. *CATERPILLAR digital* [en línea] <http://www.cat-electronicpower.com>. [Consulta: julio de 2012].
5. MORALES, B. *Información General de tecnología sobre Generadores CATERPILLAR*. Guatemala: CAT Learning. 2001. 35 p.
6. NAVARRO, C. *Análisis periódico de aceite: el aceite lubricante y su motor*. Estados Unidos. 2001. 33 p.
7. NAVARRO, D. *Parámetros de mantenimiento programables: manual de operación y mantenimiento de motores*. Guatemala: CAT Learning. 2006. 45 p.
8. PÉREZ, A. *Conozca el sistema de enfriamiento: el refrigerante y su motor*. Estados Unidos: CAT Learning. 1989. 31 p.

9. PINTO, C. *Productos y herramientas para mangueras*. 6a ed. Guatemala: CAT Learning. 2006. 408 p.
10. ROSALES, G. *El Refrigerante y su motor*. Estados Unidos: CAT Learning. 1989. 31 p.
11. RUIZ, J. *Su única fuente segura*. Ahumada, N. Estados Unidos. 2007. 552 p.
12. RUIZ, R. *Gentrac Ahora*. PARODI, A. 2a ed. Guatemala. 2011. 13 p.
13. SIS *System Information* [en línea] <https://login.cat.com/cgi-bin/login> [Consulta: agosto de 2012]
14. *Sistema Operativo de Base de datos "DBS" (Data Base System)*. Guatemala; [Consulta: agosto de 2012].

## APÉNDICE

### 1. Guía rápida para las reparaciones más comunes

A continuación se presenta el formato de la guía elaborada como material didáctico para facilitar las reparaciones más comunes en los equipos de generación eléctrica.





## **Introducción**

El proceso de estandarización del tiempo de la mano de obra que se requiere para realizar la mayoría de las reparaciones más comunes en equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR, solo puede ser posible cuando la mayoría del personal técnico del taller de servicios de Gentrac, desarrolla habilidades y competencias similares. Es por esta razón que se desarrollan las siguientes guías rápidas para documentar dichas reparaciones, las cuales son un breve resumen de trabajos que pueden ser más ampliamente explicados en los manuales de operación y mantenimiento. Pero, la adquisición del manual puede ser impráctico y costoso.

Las guías rápidas extraen información importante y facilitan el aprendizaje. Además son un útil recordatorio de los pasos a seguir cuando se realizan estas reparaciones.

## **Objetivos**

1. Proporcionar y facilitar información certera de los pasos a seguir cuando se requiere realizar una reparación específica.
2. Obtener información confiable y breve para la realización de las reparaciones más comunes en equipos de generación eléctrica marca CATERPILLAR.
3. Evitar costos de adquisición de manuales de operación y mantenimiento, que debería estimarse para el personal técnico del taller de servicios de Gentrac.

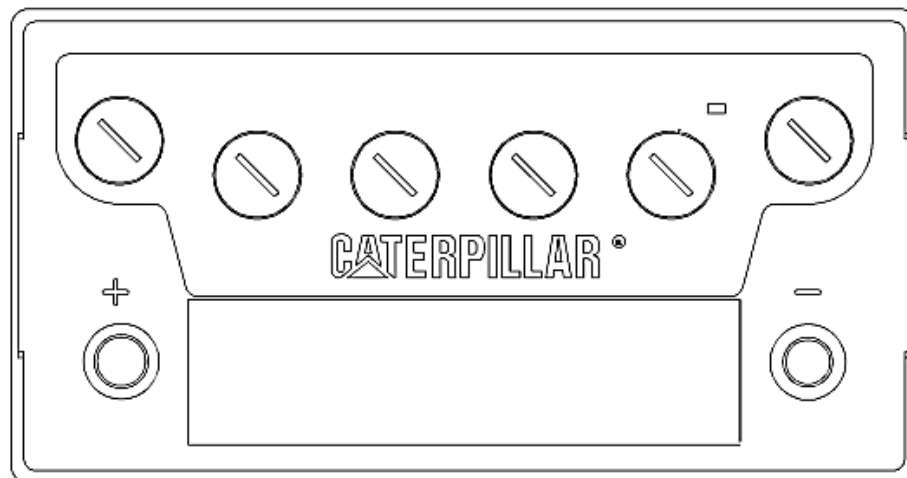
## 1. Servicio de 250 horas

Actividad o Tarea	Servicio de 250 Horas	Observaciones
Tiempo Estimado	Desde 4 hasta 16 horas	Dependiendo del tamaño del equipo. Para algunos casos es necesaria la asistencia de más de un técnico.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Drenar Aceite	Se abre llave de paso o se afloja tapón de aceitera y se coloca un recipiente para recolectar el lubricante usado.
	c) Reemplazar filtros	Se retiran los filtros de lubricante, aire y combustible para reemplazarlos por los nuevos.
	d) Reemplazo de Lubricante	Se apertura el tapón de llenado de la tapadera de válvulas y se inicia el ingreso del lubricante nuevo.
	e) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.
	f) Toma de muestra S.O.S.	Se toma una muestra de aceite y después se lleva al laboratorio, para su posterior análisis.
	g) Elimina alarma	Con equipo de cómputo se configura en el equipo la realización del servicio de mantenimiento.

## 2. Reemplazo de baterías

Actividad o Tarea	Reemplazo de Batería(s)	Observaciones
Tiempo Estimado	De 01 a 02 Horas	El tiempo estimado depende de la cantidad y tamaño de la(s) batería(s) que utilice el equipo.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Aflojar Bornes de Batería.	Se aflojan las terminales de la(s) Batería(s).
	c) Reemplazo de Batería(s)	Se extrae(n) la(s) batería(s) usada(s) y se coloca(n) las nuevas con cuidado en la base del equipo.
	d) Fijación de Terminales	Se aprietan las terminales y se verifican que no existan falsos contactos ni formación de sarro.
	e) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

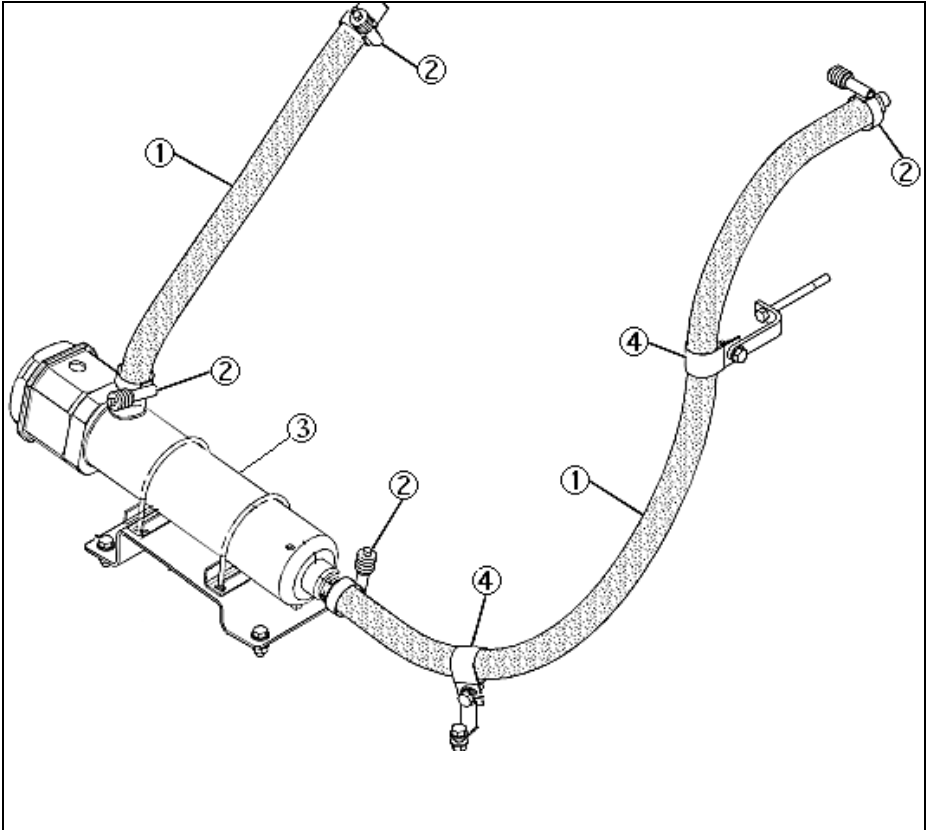
**Figura 1: Diagrama de una batería CATERPILLAR**



### 3. Calentador de agua

Actividad o Tarea	Reemplazo de calentador de agua.	Observaciones
Tiempo Estimado	De 04 a 06 Horas	El tiempo estimado depende del tamaño del equipo y de la facilidad para extraer este componente. Por lo general es más dificultoso en equipos grandes.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Cerrar Llaves de Paso	Se cierran las llaves de paso para evitar derrames de refrigerante al momento de la extracción del calentador de agua.
	c) Extracción del calentador de agua.	Se desatornilla la tapadera del calentador de agua y se retira la resistencia.
	d) Reemplazo de calentador de agua.	Se conecta correctamente la resistencia nueva y se atornilla la tapadera del calentador de agua.
	e) Apertura de las llaves de paso.	Se abre nuevamente las llaves de paso y se permite el ingreso de refrigerante a la carcasa del calentador de agua. De ser necesario hay que nivelarlo.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

**Figura 2: Diagrama del calentador de agua**

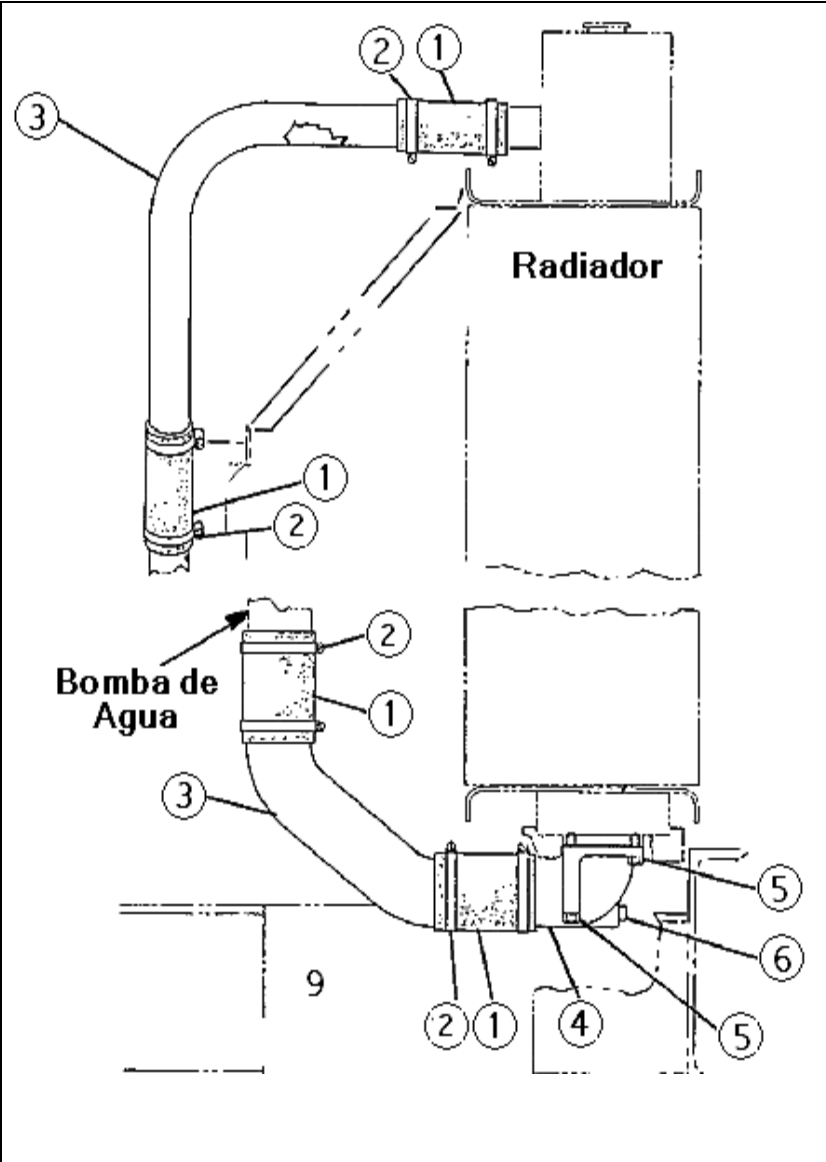


- Descripción
- 1. Manguera
  - 2. Abrazadera
  - 3. Calentador de Agua
  - 4. Sujetadores

#### 4. Reemplazo de uniones de radiador

Actividad o Tarea	Reemplazo de Uniones del Radiador.	Observaciones
Tiempo Estimado	De 04 a 06 Horas	El tiempo estimado depende del tamaño del equipo y de la facilidad para extraer este componente. Por lo general es más dificultoso en equipos grandes.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Drenado	Se retira todo el refrigerante del Sistema de Enfriamiento y se almacena en recipientes limpios.
	c) Extracción de las uniones del radiador.	Se quitan las abrazaderas y las uniones del radiador.
	d) Reemplazo de las uniones del radiador.	Se colocan las uniones nuevas juntamente con las abrazaderas de manera adecuada para evitar fugas.
	e) Llenado de Refrigerante	Se agrega el refrigerante Reposado. Es recomendable utilizarlo cuando se han precipitado las partículas sólidas.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

**Figura 3: Diagrama del radiador**



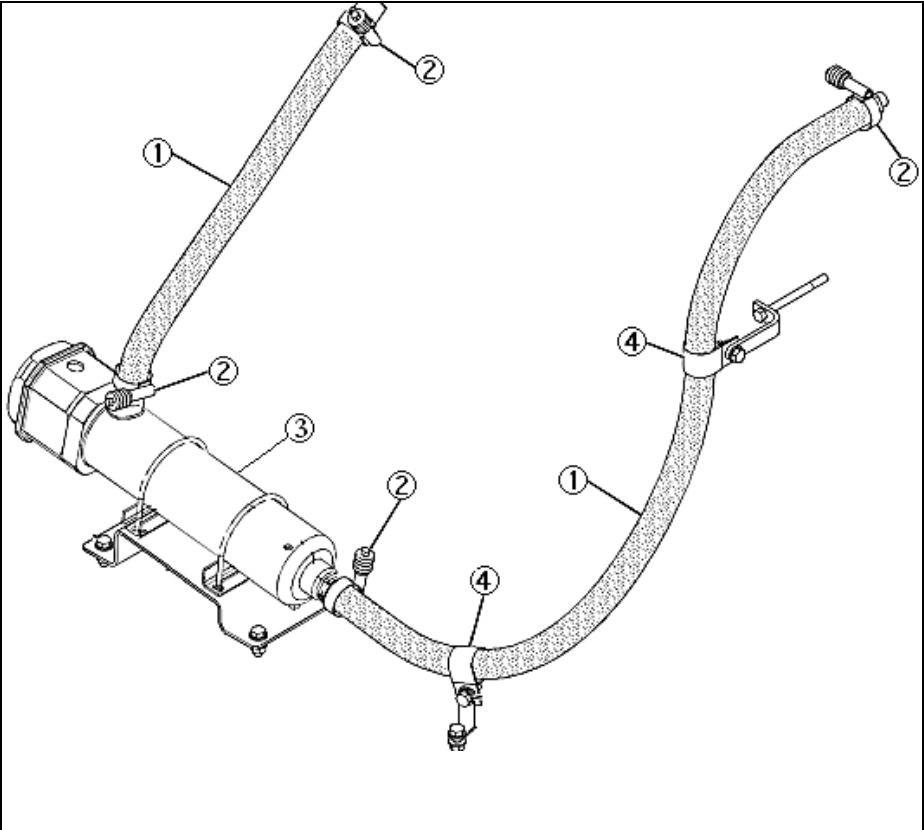
- | No. | Descripción |
|-----|-------------|
| 1.  | Unión       |
| 2.  | Abrazadera  |
| 3.  | Tubería     |
| 4.  | Codo        |
| 5.  | Tortillería |
| 6.  | Conexión    |



## 5. Reemplazo de mangueras del calentador de agua

Actividad o Tarea	Reemplazo de Mangueras del calentador de agua.	Observaciones
Tiempo Estimado	De 03 a 04 Horas	El tiempo estimado depende del tamaño del equipo y de la facilidad para extraer este componente. Por lo general es más dificultoso en equipos grandes.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Cerrar Llaves de Paso	Se cierran las llaves de paso para evitar derrames de refrigerante al momento de la extracción del calentador de agua.
	c) Extracción de las mangueras del calentador de agua.	Se desenroscan las mangueras del calentador de agua y se retiran. Probablemente ocurra un pequeño derrame al hacerlo.
	d) Reemplazo de calentador de agua.	Se conecta rápidamente las nuevas mangueras al calentador de agua, juntamente con todos sus accesorios de tubería.
	e) Apertura de las llaves de paso.	Se abre nuevamente las llaves de paso y se permite el ingreso de refrigerante a la carcasa y mangueras del calentador de agua. De ser necesario hay que nivelarlo.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

**Figura 4: Diagrama mangueras y del calentador de agua**



- Descripción
- 1. Manguera
  - 2. Abrazadera
  - 3. Calentador de Agua
  - 4. Sujetadores

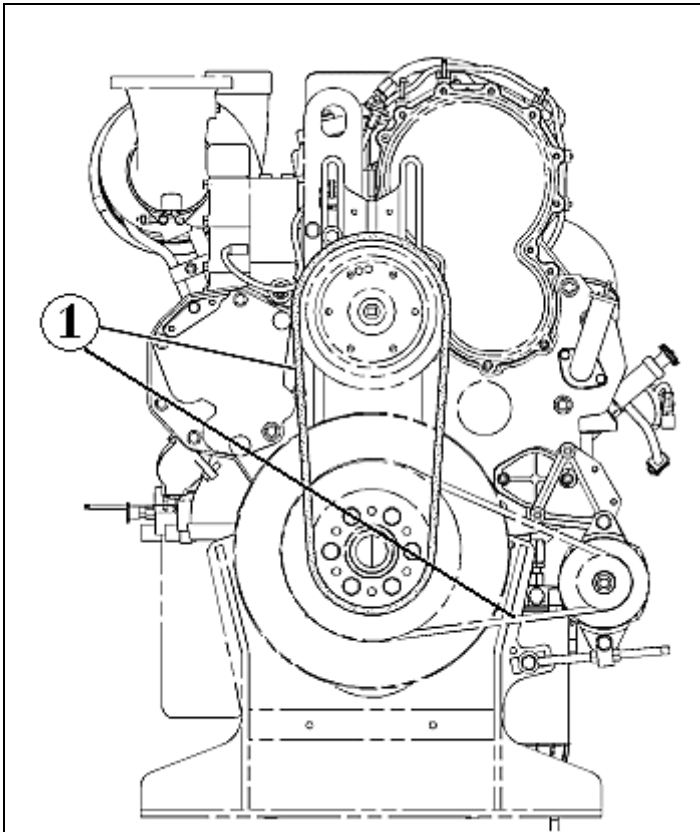
## 6. Reemplazo de regulador de voltaje

Actividad o Tarea	Reemplazo de Regulador de Voltaje.	Observaciones
Tiempo Estimado	De 04 a 06 Horas	El tiempo estimado depende del tamaño del equipo y de la facilidad para extraer este componente. Por lo general es más dificultoso en equipos grandes.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Destapar Caja de Conexiones.	Al destapar esta caja, se procede a ubicar el regulador de voltaje e identificar sus terminales.
	c) Extracción del Regulador de Voltaje.	Se extrae el regulador de voltaje, teniendo cuidado de no averiar sus terminales.
	d) Reemplazo de Regulador de Voltaje.	Se coloca el nuevo regulador de voltaje, juntamente con sus terminales.
	e) Tapar Caja de conexiones.	Se coloca la tapadera aun sin realizar las pruebas como una norma de seguridad. Si Después de la puesta en marcha hay necesidad de realizar algún ajuste se detendrá el equipo y se realizaran los pasos anteriores para calibrar.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

## 7. Reemplazo de fajas del motor

Actividad o Tarea	Reemplazo de fajas de Motor	Observaciones
Tiempo Estimado	De 02 a 06 Horas	El tiempo estimado depende del tamaño del equipo y de la facilidad para extraer este componente. Por lo general es más difícil en equipos grandes.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Desalojar guardas del Ventilador.	Se desatornillan las guardas del ventilador para tener acceso a las poleas donde se encuentran ubicadas las fajas.
	c) Reemplazo de fajas de motor.	Se ubica el mecanismo de tensión y se aflojan las fajas. Una vez aflojadas se procede al cambio por unas nuevas.
	d) Tensado de Fajas.	Ya instaladas las fajas del motor, se procede a ajustar las fajas a través de la calibración del mecanismo de tensión.
	e) Colocar guardas del Ventilador	Nuevamente se coloca la tapadera de la caja de conexiones aun sin realizar las pruebas o evaluación. Esto es por norma de seguridad industrial. Si después de la puesta en marcha hay necesidad de realizar algún ajuste se detendrá el equipo y se realizaran los pasos anteriores para calibrar.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

**Figura 5: Diagrama de la ubicación de las fajas del motor**



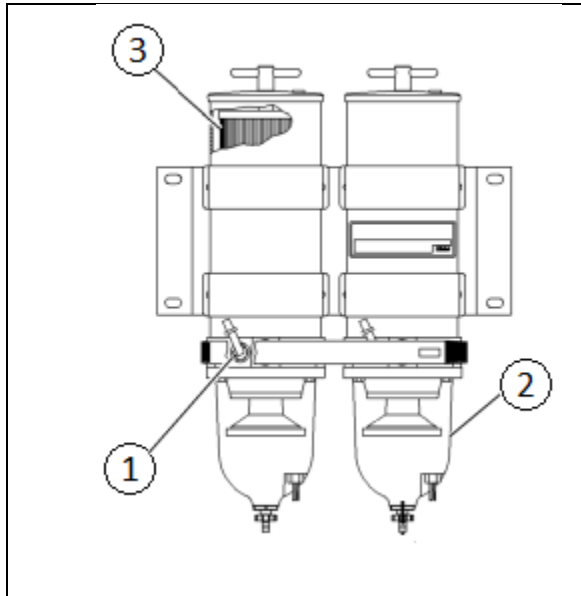
Descripción

1. Fajas de Motor.

## 8. Reemplazo de trampas de agua

Actividad o Tarea	Reemplazar Trampa de Agua.	Observaciones
Tiempo Estimado	De 01 a 06 Horas	El tiempo estimado depende de si el equipo requiere la instalación completa del separador de agua o solamente del elemento filtrante.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Cerrar llave de Paso de Combustible.	Se restringe el paso de combustible a las líneas de combustible desde el tanque de almacenamiento.
	c) Extracción del elemento filtrante	Se desenrosca la base del filtro separado de agua y se extrae el elemento. Puede ocurrir un ligero derrame de combustible.
	d) Instalación de Separador de agua completo.	Se realiza instalando las líneas de combustible al separador de agua y este último sobre el bastidor de la planta directamente conectada a la bomba de inyección de combustible a través de mangueras o segmento de tubería.
	e) Purgar Separador.	Inicialmente se abre el paso del combustible desde el depósito de combustible y se purga el elemento separador para evitar el ingreso de aire a las líneas de combustible.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.

**Figura 6: Diagrama para el reemplazo de trampas de agua**



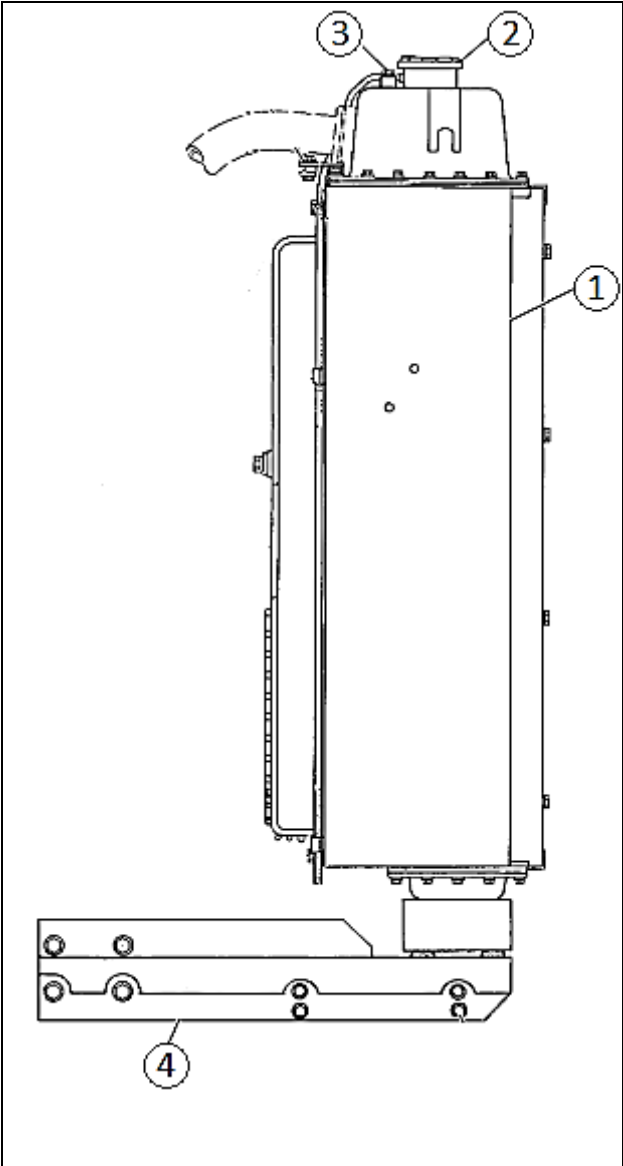
- | No. | Descripción         |
|-----|---------------------|
| 1.  | Válvula de Drenaje. |
| 2.  | Copa.               |
| 3.  | Elemento Filtrante. |

## 9. Limpieza interna del Radiador

Actividad o Tarea	Limpieza Interna del Radiador	Observaciones
Tiempo Estimado	desde 4 hasta 6 horas	El tiempo estimado depende del tamaño del equipo.
Procedimiento	a) Deshabilitar el equipo	Consiste en presionar el botón de paro de emergencia o deshabilitar cualquier sistema eléctrico que esté relacionado con la función del componente a reemplazar.
	b) Arranque del equipo	Se pone en marcha al equipo para que el sistema de enfriamiento ponga en movimiento al refrigerante.
	c) Llenado de Cleaner	Se agrega al sistema de enfriamiento para que remueva todas las impurezas.
	d) Drenado	Se retira todo el refrigerante del sistema de enfriamiento juntamente con el cleaner y las impurezas obtenidas.
	e) Llenado de agua Desmineralizada	Se pone en marcha nuevamente para terminar de limpiar todo el sistema de enfriamiento de impurezas rezagadas.
	f) Drenado	Se retira toda el agua desmineralizada juntamente con las últimas partes de las impurezas.
	e) Llenado de Refrigerante	Se agrega el refrigerante nuevo al sistema de enfriamiento.
	f) Prueba y evaluación de Funcionamiento	Inicialmente se habilita al equipo, se realiza una prueba de arranque y se pone en marcha al equipo, para verificar que funcione adecuadamente.
	g) Toma de muestra S.O.S.	Se toma una muestra de Refrigerante y después se lleva al laboratorio, para su posterior análisis.



**Figura 7: Diagrama del Radiador para realizar limpieza interna**



- No. Descripción.
- 1. Radiador.
  - 2. Tapón del Radiador.
  - 3. Válvula de alivio.
  - 4. Base del Radiador.