



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

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y  
EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN DATA CENTER  
(CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)**

**Juan Luis Bal Ponciano**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y  
EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN *DATA CENTER*  
(CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JUAN LUIS BAL PONCIANO**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoá
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

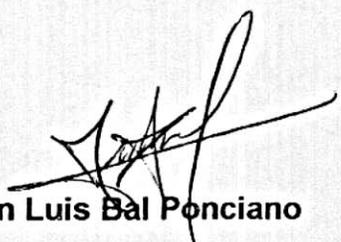
DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Mirando Orozco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## 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:

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y  
EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN *DATA CENTER*  
(CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 21 de octubre 2015.

  
Juan Luis Bal Ponciano



Guatemala, 23 de febrero de 2016  
Ref.EPS.DOC.112.02.16.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

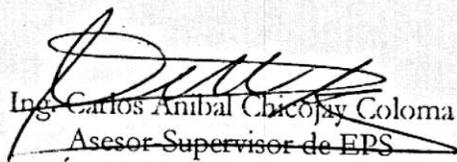
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Luis Bal Ponciano** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200819198, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN DATA CENTER (CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)**.

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

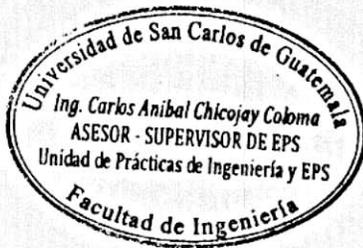
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

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, 23 de febrero de 2016  
REF.EPS.D.98.02.16

Ing. Roberto Guzmán  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán:

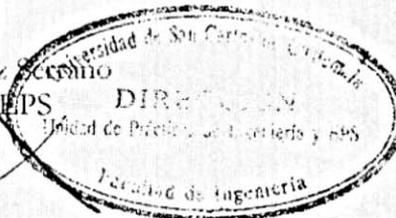
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN DATA CENTER (CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Luis Bal Ponciano** 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Secorino  
Director Unidad de EPS

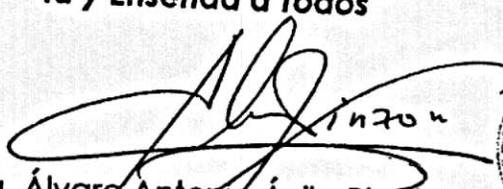


SJRS/ea

Ref.E.I.M.163.2016

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación de EPS titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN DATA CENTER (CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)** desarrollado por el estudiante **Juan Luis Bal Ponciano, carné 2008-19198** recomienda su aprobación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón  
Coordinador Área de Diseño  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo 2016



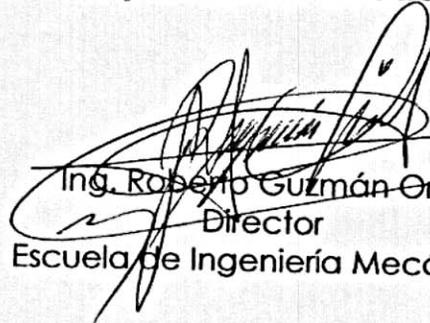
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.193.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN DATA CENTER (CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)** del estudiante **Juan Luis Bal Ponciano**, carné No. **2008-19198**, procede a la autorización del mismo para su revisión.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



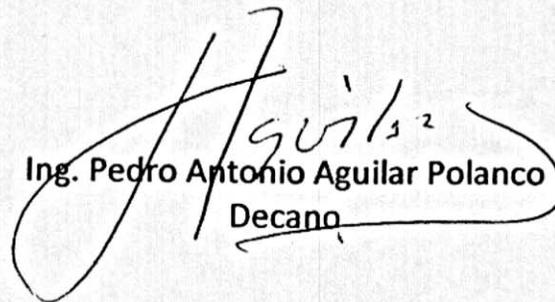
Guatemala, julio de 2016  
/aej



DTG. 326.2016

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: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOGENERADOR Y EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN UN DATA CENTER (CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS)**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Luis Bal Ponciano**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, julio de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres</b>	Eulogio Ramiro Bal Monroy y Ana Lucrecia Gudiel Ponciano, por su ayuda en todos los aspectos de mi vida.
<b>Mis hermanas</b>	Heidy Flor de Liz, Dulcinea Maribel, Bilba Brigida, Tania Anaite, Andrea Suseth, Anthea Diana y Velveth Eleonor Bal Ponciano, por enseñarme a luchar, trabajar y estudiar.
<b>Mis hermanos</b>	Reymer Mauricio, Billy Ramiro, Eswin David y Brian Daniel Bal Ponciano, por su ayuda incondicional en los momentos difíciles.
<b>Mario Delgado</b>	Por sus consejos y recuerdos compartidos en esta vida.
<b>Mis tíos y tías</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
<b>Mis amigos</b>	Por acompañarme en la trayectoria de mi carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la fuerza, paciencia y sabiduría para alcanzar mis metas.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por enseñarme a ser un universitario conciente, consecuente y darme los conocimientos y habilidades para ser un profesional competente.
<b>Compañía Electrónica y Eléctrica S. A.</b>	Por permitir realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en tan prestigiosa empresa y apoyarme con las herramientas técnicas y académica.
<b>Ing. Carlos Aníbal Chicojay</b>	Por transmitirme sus conocimientos y guiarme en este proceso de la carrera.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Historia de la empresa .....	1
1.1.2. Valores fundamentales .....	2
1.1.3. Misión .....	2
1.1.4. Visión .....	2
1.1.5. Organigrama .....	2
1.2. Descripción de un <i>data center</i> .....	3
1.2.1. Definición .....	4
1.2.2. Seguridad física .....	6
1.2.3. Refrigeración y energía .....	7
1.3. Sistema de aire acondicionado de precisión de un <i>data center</i> .....	8
1.3.1. Conceptos del aire acondicionado .....	8
1.3.2. Ciclo de refrigeración .....	11
1.3.2.1. Expansión .....	11
1.3.2.2. Evaporización .....	12
1.3.2.3. Compresión .....	12

	1.3.2.4.	Condensación .....	12
1.3.3.		Aire acondicionado de precisión.....	13
1.3.4.		Comparativo entre sistemas de precisión y sistemas de confort .....	15
	1.3.4.1.	Condiciones de diseño .....	16
	1.3.4.2.	Cantidad de aire .....	17
	1.3.4.3.	Control de humedad.....	17
	1.3.4.4.	Horas anuales de funcionamiento .....	18
	1.3.4.5.	Controles de precisión.....	19
1.4.		Grupo electrógeno en un <i>data center</i> .....	21
	1.4.1.	Definición.....	21
	1.4.2.	Partes que lo conforman .....	22
	1.4.3.	Panel de instrumentación .....	23
	1.4.4.	Motor de combustión interna.....	25
	1.4.5.	Sistema de admisión y escape.....	28
	1.4.6.	Sistema de refrigeración.....	29
	1.4.7.	Sistema de alimentación combustible .....	30
	1.4.8.	Sistema de lubricación .....	31
	1.4.9.	Generador eléctrico .....	32
1.5.		Funcionamiento del motogenerador.....	33
1.6.		Ahorro energético en aire acondicionado de precisión.....	33
	1.6.1.	Selección adecuada del equipo.....	34
	1.6.2.	Pasillos calientes y fríos .....	35
	1.6.3.	Componentes tecnológicos para ahorro energético.....	36
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	39
	2.1.	Mantenimiento.....	39
	2.1.1.	Mantenimiento preventivo .....	39

2.2.	Plan de mantenimiento .....	40
2.3.	Formato para registro de mantenimiento preventivo para motogenerador .....	41
2.4.	Mantenimiento preventivo de un motogenerador .....	44
2.4.1.	Equipos de medición y herramientas.....	44
2.4.2.	Identificar el motogenerador .....	44
2.4.3.	Actividades de mantenimiento preventivo menor ...	45
2.4.3.1.	Inspección del sistema de enfriamiento .....	45
2.4.3.2.	Inspección del sistema de lubricación.....	46
2.4.3.3.	Inspección del sistema de combustible.....	48
2.4.3.4.	Inspección del sistema de admisión y escape .....	49
2.4.3.5.	Inspección del sistema de arranque y eléctrico.....	49
	2.4.3.5.1. Generador eléctrico .....	50
	2.4.3.5.2. Panel de control.....	50
2.4.4.	Actividades de mantenimiento preventivo mayor....	51
2.4.4.1.	Cambio de filtros de aire .....	51
2.4.4.2.	Cambio de aceite de motor y sus filtros .....	53
	2.4.4.2.1. Procedimiento de cambio de aceite y elementos filtrantes .....	54
2.4.4.3.	Cambio de los filtros de combustible ...	57
2.4.4.4.	Cambio de refrigerante y filtro.....	59
2.4.4.5.	Cambio de fajas.....	63

	2.4.4.5.1.	Cambio de faja alternador y bomba del refrigerante .....	64
	2.4.4.5.2.	Cambio de faja principal.....	66
	2.4.4.5.3.	Mantenimiento preventivo turbocompresor .....	67
2.5.		Procedimiento de mantenimiento de aire acondicionado de precisión.....	70
	2.5.1.	Herramientas y equipo de medición básico.....	70
	2.5.2.	Inspección y limpieza del condensador .....	71
	2.5.3.	Medición de parámetros eléctricos en el condensador.....	72
	2.5.4.	Inspección en la manejadora de aire de precisión ..	75
	2.5.5.	Reemplazo de filtros de aire.....	77
	2.5.6.	Extracción de faja.....	79
	2.5.7.	Instalación y tensión de la faja .....	80
	2.5.8.	Limpieza de sistema del humidificador.....	82
	2.5.9.	Medición de carga del refrigerante .....	84
	2.5.10.	Medición de parámetros eléctricos en la manejadora de aire .....	87
	2.5.10.1.	Medición de voltaje en el interruptor principal.....	89
	2.5.10.2.	Medición de voltaje en el interruptor principal.....	90
	2.5.10.3.	Medición de voltaje de control.....	90
	2.5.10.4.	Medición de corriente en el motor eléctrico .....	91

2.5.10.5.	Medición de corriente en el compresor.....	92
2.6.	Descripciones de fallas en motogenerador.....	95
2.7.	Descripciones de fallas en aire acondicionado de precisión....	98
3.	FASE DE DOCENCIA .....	101
3.1.	Buenas prácticas de mantenimiento.....	101
	CONCLUSIONES .....	105
	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICE.....	111
	ANEXO .....	113



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama CESA.....	3
2.	<i>Data center</i> .....	5
3.	Diagrama de energía eléctrica .....	7
4.	Vibración molecular.....	9
5.	Humedad en el aire .....	9
6.	Movimiento y circulación del aire .....	10
7.	Ciclo de refrigeración .....	13
8.	Aire acondicionado de precisión .....	14
9.	Sala de ordenadores .....	16
10.	Flujo de aire en <i>data center</i> .....	17
11.	Medidor de humedad y temperatura .....	18
12.	Partes de una manejadora de aire acondicionado de precisión.....	20
13.	Partes que conforman el grupo electrógeno 1/2 .....	22
14.	Partes que conforman el grupo electrógeno 2/2 .....	23
15.	Panel de instrumentación.....	24
16.	Partes que conforman el motor 1/2 .....	26
17.	Partes que conforman el motor 2/2 .....	27
18.	Esquema de sistema de admisión y escape .....	28
19.	Sistema de refrigeración .....	29
20.	Sistema de alimentación combustible .....	30
21.	Sistema de lubricación .....	31
22.	Partes del generador eléctrico .....	32
23.	Diseño de pasillos en un <i>data center</i> .....	36

24.	Consumo de energía eléctrica en un aire acondicionado de precisión .....	37
25.	Válvula de expansión electrónica .....	38
26.	Viscosidad de aceite contra temperatura .....	47
27.	Indicador de obstrucción de aire .....	52
28.	Filtro de aire .....	53
29.	Cambio de aceite con relación a azufre en el combustible .....	53
30.	Selección de aceite .....	54
31.	Válvula de drenado de aceite .....	56
32.	Filtro de aceite .....	56
33.	Filtro de combustible .....	58
34.	Elementos para purga de combustible .....	59
35.	Etiqueta de control de refrigerante .....	60
36.	Tornillos de purga de refrigerante .....	60
37.	Ubicación componentes del sistema de refrigeración .....	61
38.	Tapón del radiador .....	62
39.	Nivel de refrigerante .....	63
40.	Fajas de motogenerador .....	64
41.	Ajuste de faja .....	65
42.	Tensor de fajas principales .....	66
43.	Turbocompresor del grupo electrógeno .....	69
44.	Ubicación de bridas del turbocompresor .....	69
45.	Condensador .....	72
46.	Panel eléctrico del condensador .....	74
47.	Medición de parámetros eléctricos .....	75
48.	Manejadora de aire acondicionado de precisión .....	76
49.	Filtro de manejadora de aire de precisión .....	77
50.	Indicador de obstrucción de filtro de aire .....	78
51.	Tornillo de ajuste .....	79

52.	Faja de motor-soplador .....	80
53.	Base del motor con sistema de tensión automática .....	81
54.	Humidificador infrarrojo .....	83
55.	Punta de manguera de manómetro.....	85
56.	Manómetros para aire acondicionado .....	85
57.	Desglose de partes del circuito de refrigeración .....	87
58.	Tarjeta electrónica.....	88
59.	Interruptor de desconexión.....	89
60.	Transformador de voltaje .....	91
61.	Contactador del motor eléctrico .....	92
62.	Medición de corriente del compresor .....	93
63.	Panel eléctrico de manejadora de aire de precisión.....	94
64.	Capacitación de buenas prácticas de mantenimiento .....	104

## **TABLAS**

I.	Diferencia entre equipos de precisión y de confort .....	19
II.	Designación del tipo de motor.....	25
III.	Información técnica del motor .....	25
IV.	Mantenimiento preventivo menor .....	40
V.	Mantenimiento preventivo mayor .....	41
VI.	Reporte de mantenimiento grupo electrógeno .....	42
VII.	Reporte parte operativa de grupo electrógeno.....	43
VIII.	Descripción de fallas .....	95
IX.	Descripción de fallas .....	98



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>Hz</b>	Hertz
<b>KPA</b>	Kilopascal
<b>KVA</b>	Kilovoltio amperio
<b>KW</b>	Kilowatts
<b>N</b>	Newton
<b>CFM</b>	Pies cúbicos por minuto
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Breaker</b>	Aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula sobrepasa su valor de diseño.
<b>Cebar</b>	Poner una máquina o un aparato en condiciones de empezar a funcionar.
<b><i>Display</i></b>	Dispositivo de ciertos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario de manera visual.
<b>Escalabilidad</b>	Propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso que indica su habilidad para reaccionar y adaptarse si perder calidad.
<b>Enrutador</b>	Dispositivo para la interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.
<b><i>Manifold</i></b>	Parte del sistema de tuberías de cargue, descargue o manejo de productos en el cual confluyen varios tubos y válvulas.

<b>Manocontacto</b>	Su función es la de indicar la existencia de presión de aceite en el motor. Si no hay aceite o se acaba, el manocontacto abre o cierra un circuito eléctrico avisando mediante un piloto indicador.
<b>OEG</b>	Organización Eléctrica Guatemalteca.
<b>Termocontacto</b>	Interruptor eléctrico accionado por temperatura. Los contactos pueden abrirse o cerrarse cuando se alcanza una determinada temperatura.
<b>UPS</b>	Uninterruptible power supply, fuente de poder ininterrumpida.
<b>Rack</b>	Soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones.
<b>Servidor</b>	Una aplicación informática o programa que realiza algunas tareas en beneficio de otras aplicaciones llamadas clientes.
<b>Switch</b>	Dispositivo de red analógico de lógica de interconexión de redes de computadoras.

## RESUMEN

La empresa, actualmente trabaja en la venta e instalación de equipos que conforman un *data center* (centro de procesamiento de datos) para el área del sector financiero y de telecomunicaciones en Guatemala.

En un *data center* se encuentran dos equipos específicamente del área de ingeniería mecánica: motogeneradores y equipos de aire acondicionado. Se describe el funcionamiento de estos equipos para llegar a proponer un plan de mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento incluye hojas de registro, que debe incluir datos del equipo, revisiones inspecciones visuales, mediciones de parámetros *stand-by* y en operación, firma del técnico y supervisor, observaciones, fecha y hora de su próximo de mantenimiento. Esto incluye al motogenerador y equipo acondicionamiento de aire.

Después se procede a documentar cada procedimiento que se realizó para llenar las hojas de registro en las cuales deben de incluir: equipo de medición, procedimiento, tiempo y medidas de seguridad para el técnico. Estos registros se usarán para llevar un mejor control de los procedimientos en el departamento de mantenimiento, conocer las fallas más comunes y capacitación hacia el personal en las buenas prácticas de mantenimiento, lo cual hace que el equipo funcione en óptimas condiciones y alargue su tiempo de vida. Por lo tanto se llega a dar un mejor servicio a los clientes.



# **OBJETIVOS**

## **General**

Documentar los procedimientos para el mantenimiento preventivo de un motogenerador y equipo de aire acondicionado de precisión.

## **Específicos**

1. Establecer un orden en el mantenimiento del motogenerador y acondicionamiento de aire.
2. Conocer las fallas más comunes del motogenerador y el acondicionamiento de aire.
3. Capacitar al personal técnico con procedimientos de mantenimiento preventivo.
4. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo en el motogenerador y acondicionamiento de aire.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, CESA ofrece el servicio de venta e instalación y mantenimiento de los equipos para centros de procesamientos de datos (*data center*), donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización, se usa principalmente en el área de telecomunicaciones. La cual cuenta con varios sistemas para su funcionamiento.

Para mantener el tiempo de vida de los equipos en óptimas condiciones se necesita un ambiente climatizado, por lo que se usarán equipos de aire acondicionado de precisión para lograr la temperatura y la humedad necesaria.

El servicio de energía eléctrica de la red comercial es muy irregular en el interior del país, por lo que se instala una planta de emergencia eléctrica en los centros de procesamiento de datos (*data center*).

La planta de emergencia está compuesta por un grupo electrógeno, este es un generador eléctrico acoplado a un motor de combustión interna, su objetivo principal es suministrar energía eléctrica después de establecer los parámetros solicitados por el *data center*.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Compañía Electrónica y Eléctrica S. A. es una empresa de Grupo OEG, especializada en el suministro de soluciones de infraestructura, energía y clima para instalaciones de alta disponibilidad, enfocados en el sector de telecomunicaciones y recientemente en los sectores de datos comunicaciones en banca y finanzas, entre otros.

### **1.1.1. Historia de la empresa**

El 16 de julio de 1969 se funda OEG, gracias a la visión emprendedora del Sr. Juan José Estrada Rosa. Inició como una distribuidora de materiales eléctricos y fue expandiendo sus servicios y mercados, lo que originó la formación de nuevas empresas y alianzas estratégicas por iniciativa de sus hijos Lic. Juan José e Ing. Estuardo Ramón Estrada Escudero. En la actualidad, Grupo OEG es dirigido por la tercera generación de la familia liderada por el Lic. Juan José y Lic. Alejandro Estrada Toledo, quienes comparten los mismos valores y espíritu emprendedor de sus progenitores. Actualmente, se encuentra ubicada en la calzada Atanasio Tzul 22-00 zona 12, edificio empresarial El Cortijo 2, bodega 110. Grupo OEG ofrece un servicio de calidad, ya que cumple con los requisitos de la certificación de ISO 27001, Sistema de Gestión de Seguridad de la Información, por lo tanto se reserva el uso de fotos de sus equipos y servicios, por lo que de aquí en adelante se denominará: empresa objeto en estudio.

### **1.1.2. Valores fundamentales**

Promover el espíritu emprendedor y el aprendizaje continuo, tolerando los errores humanos y honestos, siendo responsables de nuestras acciones. Ser rigurosos y disciplinados en cuanto a quién está dentro y fuera de nuestra elite profesional.

### **1.1.3. Misión**

“Crear relaciones estratégicas a largo plazo con nuestros socios comerciales, excediendo las expectativas de nuestros clientes a todo nivel, proveyendo soluciones de infraestructura, energía y clima para instalaciones de alta disponibilidad a través de una cultura enfocada a la innovación, el trabajo en equipo y la realización personal; apoyándonos siempre de nuestros principios y valores fundamentales”<sup>1</sup>.

### **1.1.4. Visión**

“Convertirnos en el más importante proveedor de soluciones innovadoras e integrales de infraestructura, energía y clima para instalaciones de alta disponibilidad en la región de Centroamérica”<sup>2</sup>.

### **1.1.5. Organigrama**

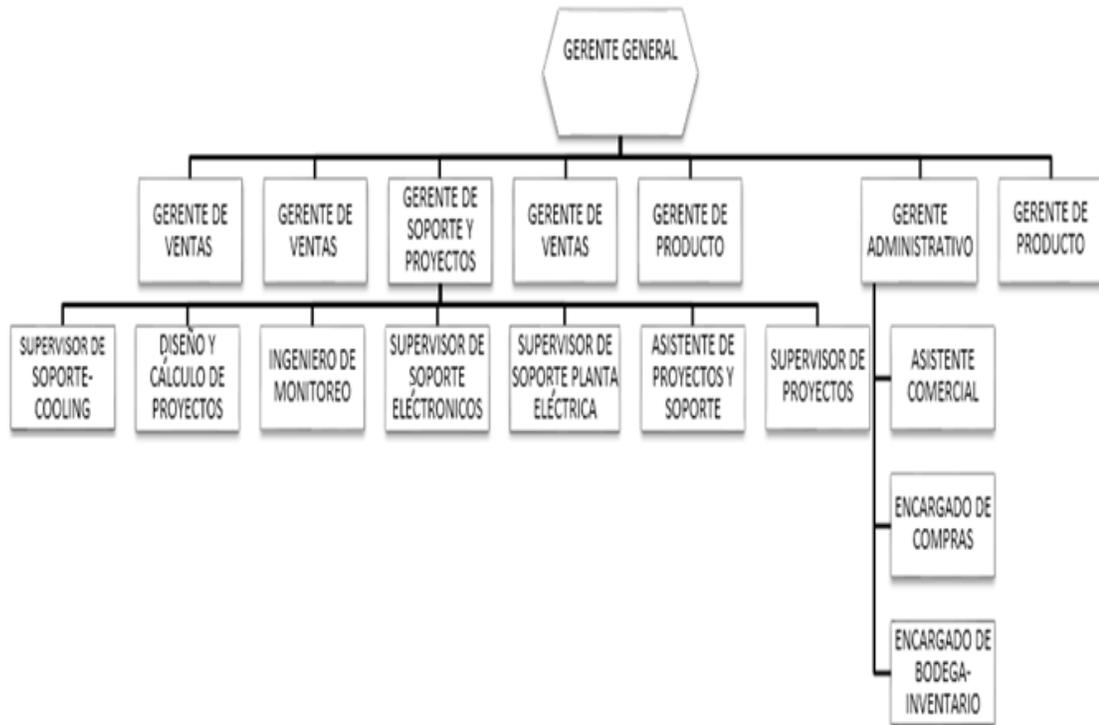
La jerarquía de los puestos principales dentro de la empresa se compone como se describe en la figura.1.

---

<sup>1</sup> CESA. Departamento Recursos Humanos.

<sup>2</sup> Ibíd.

Figura 1. Organigrama CESA



Fuente: elaboración propia.

## 1.2. Descripción de un *data center*

Un *data center* es, tal y como su nombre indica, un centro de datos o centro de proceso de datos (CPD). En donde los datos son almacenados, tratados y distribuidos al personal o procesos autorizados para consultarlos o modificarlos. Los servidores en los que se albergan estos datos se debe de mantener en funcionamiento óptimo.

### 1.2.1. Definición

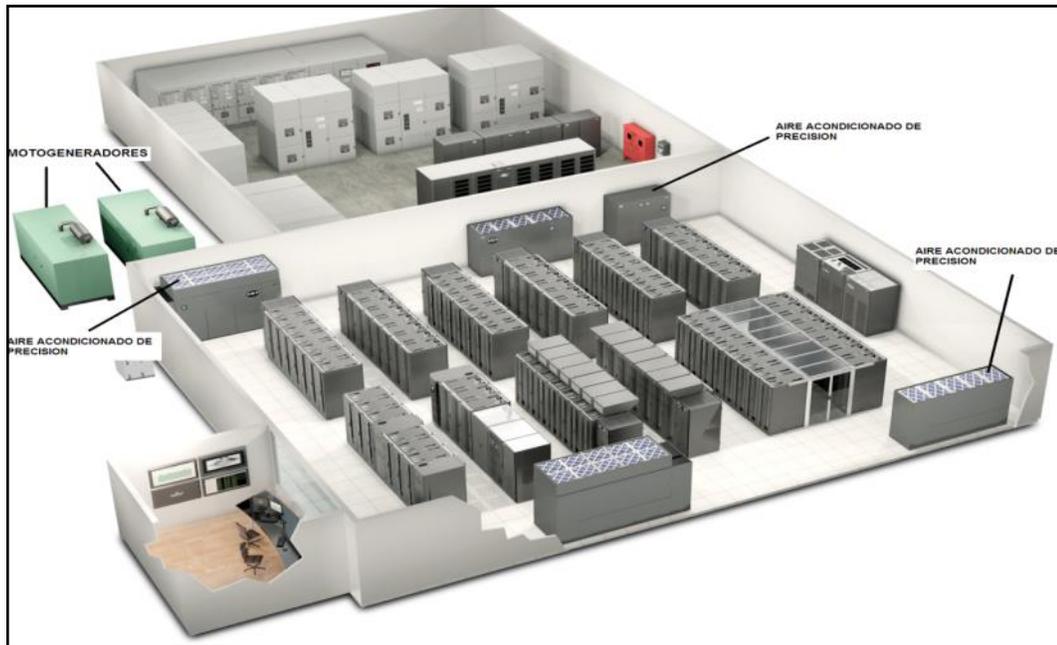
*Data center* o centro de procesamiento de datos es un entorno proyectado para concentrar servidores, equipo de procesamiento y almacenamiento de datos y sistemas de activos de red, como *switchs*, enrutadores y otros. Por ello, es considerado el sistema nervioso de las empresas.

Con la finalidad de abrigar miles de servidores, bancos de datos y procesar grandes cantidades de información, los equipos generalmente se ensamblan en *racks* o armarios metálicos. Cuentan con protección contra incendios, además de sistemas de enfriamiento en los *racks* para mantener la temperatura estable. En la mayoría de los casos están ubicados en grandes almacenes con acceso restringido de empleados por cuestiones de seguridad. Estos espacios son fundamentales para servicios y actividades de diversos sectores de la economía: energía, iluminación, telecomunicaciones, internet, transportes, bancos, sistemas de seguridad, salud pública, entretenimiento, entre otros.

Los *data centers* deben contar con algunos componentes básicos para tener un buen funcionamiento, los cuales se describen a continuación.

- Infraestructura de red: el *data center* es un componente importante para cualquier organización; por lo tanto es indispensable que esté concebido para ofrecer los servicios de manera flexible y dinámica, siguiendo las tendencias tecnológicas y de sostenibilidad, actualmente exigidas.

Figura 2. ***Data center***



Fuente: empresa objeto en estudio.

Dos características esenciales de un *data center* son escalabilidad y flexibilidad. Estas son necesarias, casi para todas las actividades empresariales realizadas actualmente en internet.

Además, las cuestiones de infraestructura incluyen también, el suministro de energía eléctrica, aire acondicionado, red de comunicación de datos, almacenamiento, servidores y virtualización. Estos son otros puntos importantes para que el *data center* funcione de manera correcta.

### 1.2.2. Seguridad física

Este aspecto es muy importante en un *data center*, existen diversas directrices y buenas prácticas que se deben considerar, estas son algunas de ellas:

- Garantizar la protección física del lugar: construir las paredes, puertas y ventanas del *data center* de tal manera, que proporcionen seguridad adicional incluso contra desastres naturales.
- Instalar jaulas y armarios: con dichas estructuras es posible garantizar más seguridad para switches, enrutadores y discos duros, entre otros componentes del *data center*.
- Instalar sistemas de control de acceso electrónico: de esta forma el acceso a todos los puntos del *data center* estarán protegidos por mecanismos de control de acceso electrónico que solo permitirán a personas autorizadas la entrada al establecimiento.
- Crear un proceso de provisión: cualquier individuo que solicite acceso al *data center* debe estar registrado en un sistema para garantizar la seguridad de los datos.
- Instalar alarmas: todas las áreas de un *data center* deben contar con alarmas para prevenir posibles invasiones y permitir mayor efectividad en la toma de providencias.
- Organizar un equipo de seguridad: formar un equipo eficiente para realizar diariamente una serie de actividades, tales como monitorear alarmas, capacitar agentes de seguridad para emergencias, monitorear accesos no autorizados, ayudar a todos los colaboradores que tengan acceso al *data center*, controlar el acceso a través de la confirmación de la identidad del colaborador, además de emitir reportes de monitoreo y responder llamadas telefónicas y de radio.

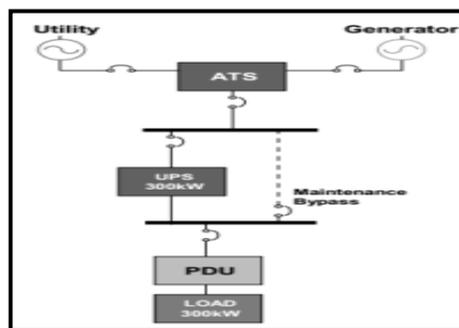
### 1.2.3. Refrigeración y energía

Buenos sistemas de refrigeración y energía garantizan el funcionamiento adecuado de los equipos y sistemas dentro de un *data center*. La refrigeración desempeña la función de mantener la temperatura del entorno en niveles correctos para que todo opere en perfectas condiciones y sin oscilaciones muy grandes, pues esto es sumamente perjudicial para la operación del *data center*.

En lo que respecta al suministro de energía eléctrica, es imprescindible que su abastecimiento sea constante, ya que si hay oscilaciones, la eficiencia de trabajo del *data center* disminuirá, lo que puede causar trastornos a las empresas que contrataron el servicio.

Generalmente, para evitar daños y problemas con el suministro de energía, el sistema cuenta con UPS y generadores, además de ser alimentado por más de una subestación de energía. Esto asegura rendimiento y eficiencia al sistema.

Figura 3. Diagrama de energía eléctrica



Fuente: POLLAN, Raúl. *Diseño y dimensionamiento de data centers*.

<http://disi.unal.edu.co/~gjhernandezp/heterparallcomp/datacenters/unal-datacenters.pdf>.

Consulta: enero de 2016.

### **1.3. Sistema de aire acondicionado de precisión de un *data center***

Para mantener los parámetros de temperatura y humedad, dentro de los rangos y límites en un *data center*, se instalan equipos de aire acondicionado de precisión para mantener la confiabilidad de los equipos.

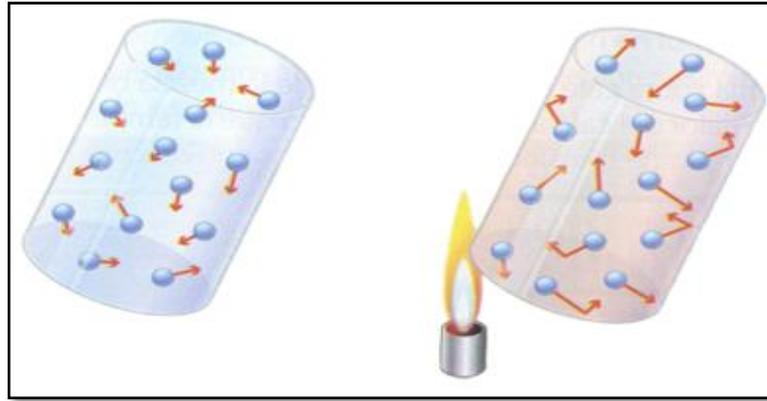
A continuación se presentan conceptos para comprender el funcionamiento del aire acondicionado de precisión y las diferencias con el aire acondicionado de confort.

#### **1.3.1. Conceptos del aire acondicionado**

La climatización es el proceso de tratamiento del aire de tal forma que se controlan simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado.

- El control de temperatura: el calor es una forma de energía relacionada directamente con la vibración molecular. Cuando se calienta una sustancia, sus moléculas se mueven rápidamente, generando así una energía: el calor. Si esta se enfría, el movimiento molecular se detiene, bajando así la temperatura.

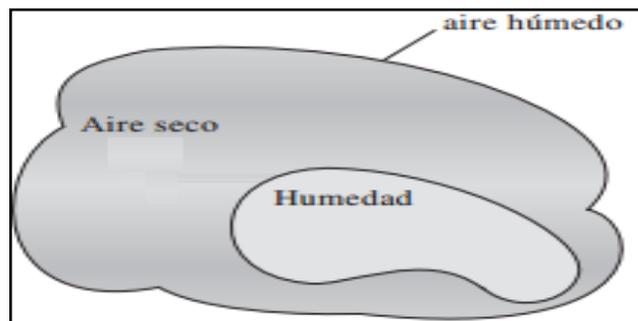
Figura 4. **Vibración molecular**



Fuente: *Teoría cinética de la materia*. <http://607u7r.blogspot.es/>. Consulta: enero de 2016.

- El control de humedad: se refiere a la cantidad de agua contenida en el aire y se registra por sensaciones de humedad. Este concepto está directamente relacionado con la sensación de confort. El aire ambiente se controla para mantener la humedad relativa preestablecida mediante la humidificación o des humidificación del aire ambiente.

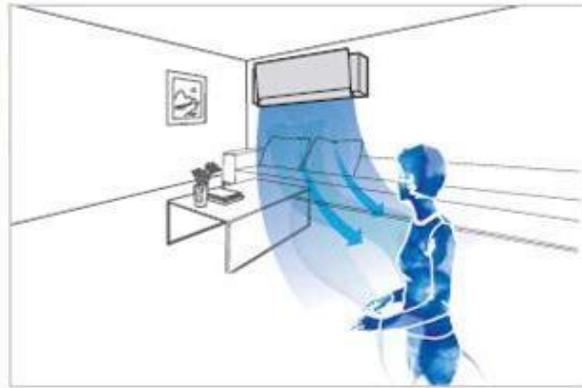
Figura 5. **Humedad en el aire**



Fuente: CENGEL, Yunes. *Termodinámica*. p.740.

- Movimiento y circulación del aire: para obtener el confort deseado, es necesario que el aire sea distribuido y circule uniformemente por todo el recinto, sin producir corrientes desagradables.

Figura 6. **Movimiento y circulación del aire**



Fuente: *Aire acondicionado*. <http://tuairemercado.blogspot.com/2015/07/no-sopla-nada-mi-aire-acondicionado.html>. Consulta: febrero de 2016.

- Limpieza y purificación del aire: la eliminación de las partículas de polvo es fundamental para la salud. Conseguir un adecuado filtraje de aire es una labor básica de un equipo de aire acondicionado.

Aunque el confort dependa de las condiciones humanas y tipo de trabajo que se realiza, los sistemas de climatización vienen preparados para controlar los cuatro elementos básicos. El calor y el frío que el hombre siente, no solo dependen de la temperatura del aire, sino también de la humedad y de la apropiada distribución del aire.

### **1.3.2. Ciclo de refrigeración**

En el ciclo de refrigeración circula un refrigerante (para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo, cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante), que pasa por diversos estados o condiciones, cada uno de estos cambios se denomina procesos.

El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definitiva y vuelve a su condición inicial. Esta serie de procesos se denominan: ciclo de refrigeración. El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales.

#### **1.3.2.1. Expansión**

Al principio, el refrigerante está en estado líquido y a una temperatura y presión alta y fluye del receptor hacia el control del flujo del refrigerante.

La presión del líquido se reduce a la presión del evaporador cuando el líquido pasa por el control de flujo de refrigerante, de tal forma que la temperatura de saturación del refrigerante que entra en el evaporador es inferior a la temperatura del ambiente refrigerado. Una parte del líquido se evapora al pasar por el control del refrigerante para reducir la temperatura del líquido hasta la temperatura de evaporización.

### **1.3.2.2. Evaporización**

En el evaporador el líquido se evapora a una temperatura y presión constante, mientras el calor necesario para el suministro de calor latente de evaporación pasa de las paredes del evaporador hacia el líquido que se evapora. Todo el refrigerante se evapora en el evaporador.

### **1.3.2.3. Compresión**

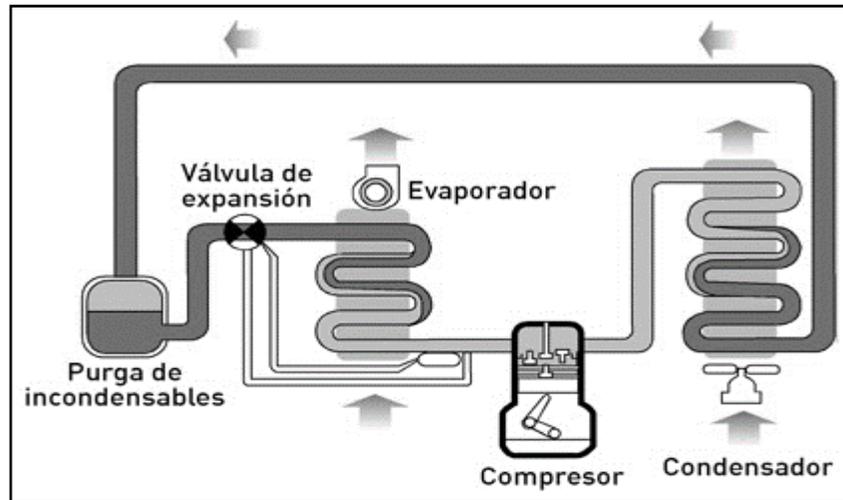
Por la acción del compresor, el vapor que resulta de la evaporación se lleva por la línea de aspiración desde el evaporador hacia la entrada de aspiración del compresor. En el compresor, la temperatura y presión del vapor aumenta debido a la compresión. El vapor de alta temperatura se descarga del compresor en la línea de descarga.

### **1.3.2.4. Condensación**

El vapor fluye por la línea de descarga hacia el condensador donde evacúa calor hacia el aire relativamente frío que el ventilador del condensador hace circular a través del condensador.

Cuando el vapor caliente evacúa calor hacia el aire más frío, su temperatura se reduce a la nueva temperatura de saturación que corresponde a la nueva presión y el vapor se condensa, volviendo al estado líquido. Antes de que el refrigerante alcance el fondo del condensador, se condensa todo el vapor y luego llega al proceso de subenfriado. A continuación el líquido en este estado pasa al receptor y queda listo para volver a circular.

Figura 7. **Ciclo de refrigeración**



Fuente: ESPINO, Jonathan. *Refrigeración*. <http://www.refrigeraciona.blogspot.com/>. Consulta: diciembre de 2015.

### 1.3.3. **Aire acondicionado de precisión**

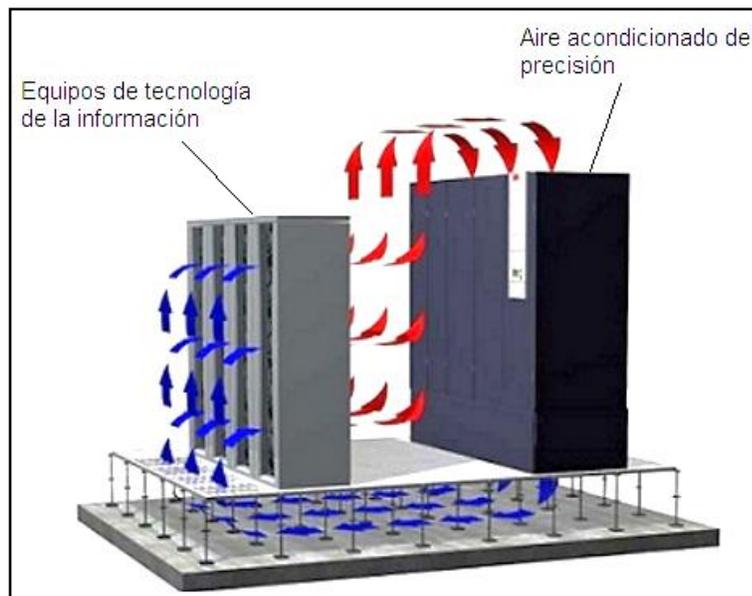
Es un equipo o sistema diseñado para acondicionar ambientes destinados a salas de cómputo, salas de informática, procesadores de datos, centros de cálculos, centrales telefónicas y otras aplicaciones de proceso en las que exista la necesidad fundamental de asegurar la operación y conservación de la máquina de proceso. Esta es la característica principal que los diferencia de los equipos diseñados para el bienestar o confort de personas, y que es necesario considerar en el momento de la adquisición.

El concepto de los equipos de aire de precisión se puede definir como aquellos equipos diseñados para lograr un ambiente, donde, en forma simultánea y continua, se controlen la temperatura, la humedad, la circulación y la limpieza del aire, a la vez que se mantiene una presión positiva en la sala de

equipos de tecnología de la información, en relación con otros ambientes, para una exigencia de trabajo de 24 horas al día durante los 365 días del año, por un tiempo de vida útil entre 15 y 20 años.

Estas condiciones de operación se logran con un diseño y fabricación superiores a los equipos destinados al confort de personas.

Figura 8. **Aire acondicionado de precisión**



Fuente: *CPD corporativos*. <http://www.dobarro.com.uy/canal.asp?canalid=40>. Consulta: febrero de 2016.

Las salas de ordenadores se pueden comparar con hornos eléctricos muy grandes, los cuales generan significativas cantidades de calor y sus componentes son muy sensibles a las temperaturas extremas, a la humedad y a la presencia de polvo; por ello, la importancia del aire acondicionado de precisión.

#### **1.3.4. Comparativo entre sistemas de precisión y sistemas de confort**

El aire acondicionado de precisión realiza un control simultáneo de temperatura, humedad, movimiento de aire y la limpieza en un área específica, en forma continua y con precisión.

Modernos edificios de oficinas han aceptado largamente la comodidad del aire acondicionado como una influencia en el incremento de la productividad, la salud, la asistencia y el confort de sus ocupantes. El diseño del sistema varía en función de los tipos de edificios y su ubicación geográfica.

En el aire acondicionado industrial es muy común que ciertos procesos requieran un control de la temperatura y la humedad, no solo por el bien del proceso del producto, sino también del trabajador de la fábrica. En términos generales, el control de este tipo de sistemas no es lo suficientemente preciso para el equipo electrónico sofisticado actualmente, tales como salas de ordenadores. La sala de ordenadores requiere aire acondicionado de precisión durante todo el año.

Por otra parte, los sistemas convencionales no pueden manejar las cargas térmicas de las salas de ordenadores, que requieren tolerancias en la temperatura y la humedad durante todo el año. Las condiciones del aire acondicionado de confort, principalmente son para eso, la comodidad de las personas.

En el proceso de diseño de la sala de ordenadores o centro de cómputo, después de realizar el cálculo de la carga térmica es obligatorio, con la participación del propietario o usuario, lograr el nivel de confiabilidad del

sistema para ver si será del 50, 100 o 150 por ciento. Por ello, se deberán definir los equipos por instalar en condición de *stand-by*.

#### **1.3.4.1. Condiciones de diseño**

La temperatura media de las personas es de 26,66 °C. Si la habitación es más fría, los cuerpos irradian calor, y si es más cálida, lo absorben. Consecuentemente, los sistemas de aire acondicionado de confort están diseñados a 26,66 °C en el verano y a 15,55 °C en el invierno.

Estas diferencias representan un rango demasiado amplio para aplicaciones en salas de ordenadores. Un ordenador irradia una cantidad de calor considerable y requiere una temperatura estable de entre 22,22 y 23,88 °C.

Figura 9. **Sala de ordenadores**

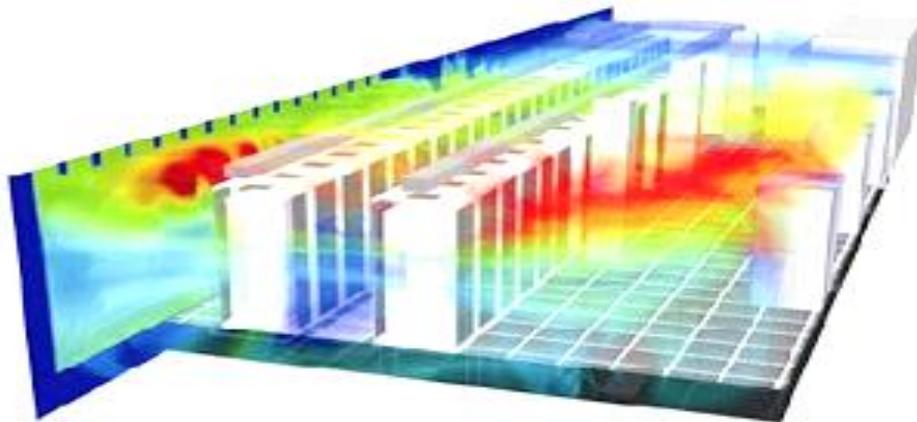


Fuente: CESA Departamento de Mantenimiento.

### 1.3.4.2. Cantidad de aire

En los sistemas de confort con cuarto de enfriamiento, las temperaturas de diseño son de aproximadamente 26,66 °C y, normalmente suministran entre 350 y 400 CFM por tonelada de refrigeración. Las salas de ordenadores, debido a un requisito de temperatura de diseño más baja de (22,22 °C), requieren entre 50 y 60 % más de aire, por el orden de 500 a 600 CFM/Ton. Además de la cantidad de aire, el patrón de distribución de la sala es crítico.

Figura 10. Flujo de aire en *data center*



Fuente: *Temperatura correcta de un data center.*

<http://www.datacentershoy.com/2013/07/cual-es-la-temperatura-correcta-de-un.html>. Consulta: febrero de 2016.

### 1.3.4.3. Control de humedad

Tanto la humedad, como la temperatura deben ser exactas para las salas de ordenadores; de lo contrario, pueden suscitarse paros costosos, debido a los sistemas de aire acondicionado convencional que normalmente no tienen ninguna capacidad de humidificación.

El proceso de deshumidificación se produce durante los modos de operación de refrigeración, pero no se producirá si el nivel aumenta la humedad, sin aumentar la temperatura. Los sistemas de aire acondicionado de precisión proporcionan el control simultáneo de la humedad y la temperatura; además, aseguran que la humidificación y la des humidificación operen separadas una de otra.

Figura 11. **Medidor de humedad y temperatura**



Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

#### **1.3.4.4. Horas anuales de funcionamiento**

En general, el aire acondicionado de confort está en funcionamiento alrededor de 8 horas al día, cinco días a la semana, durante los meses de noviembre a abril. Este promedio de operación representa 1 mil 200 horas de trabajo en forma intermitente. Por otro lado, el aire acondicionado de precisión funciona de manera continua durante todo el día, todos los días del año. Eso representa 8 mil 760 horas de operación sin parar.

### 1.3.4.5. Controles de precisión

Los controles de precisión de temperatura y humedad en una sala de ordenadores presenta demandas que son de acción rápida y con capacidad de mantener los límites de las habitaciones de una oscilación de la temperatura de entre 0,55 a 1,66 °C, y una oscilación de humedad de entre 2 y 4 % de humedad relativa.

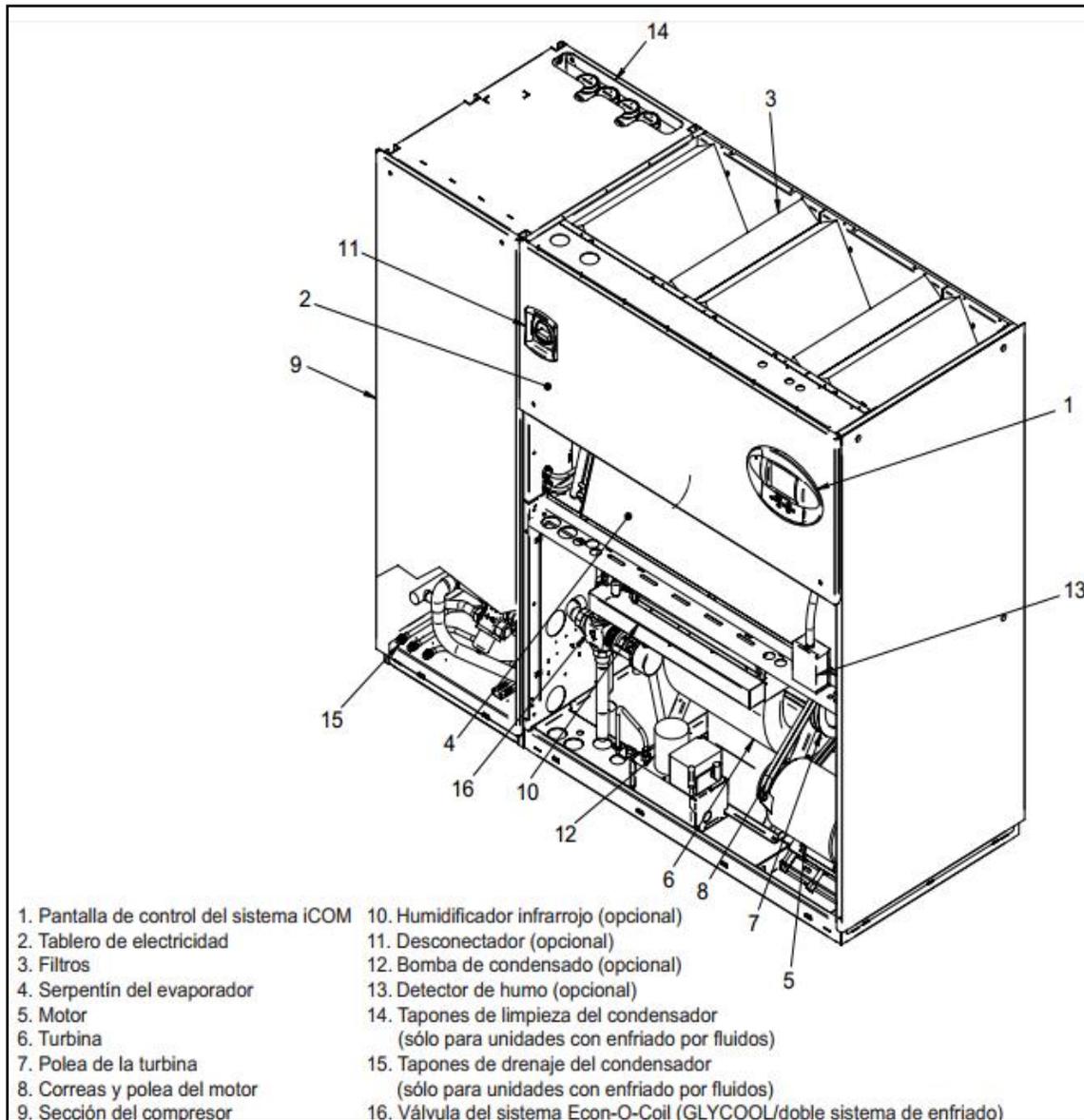
Tabla I. **Diferencia entre equipos de precisión y de confort**

PARÁMETROS	EQUIPO DE PRECISIÓN	EQUIPO DE CONFORT
Temperatura de operación	22,22 °C +/- 1 °C	23 °C +/- 2 °C
Humedad relativa de operación	50 % HR +/- 1 %	50 % HR +/- 10 %
Factor de calor sensible	90 a 95 %	65 a 70 %
Densidad de carga térmica	50 a 100ft <sup>2</sup> /Ton	250 a 300ft <sup>2</sup> /Ton
Cantidad de aire (caudal)	500 a 600 CFM/Ton	350 a 400 CFM/Ton
Horas de operación/día	24 h/día	8 h/día
Horas operación/año	8760 h/año	1200 h/año
Control de precisión	0,5 a 1,66 °C	1,66 a 3,33 °C
Filtros de aire	60 a 90 % de eficiencia	20 a 30 % de eficiencia
Vida útil	15 a 20 años	7 a 10 años

Fuente: RAMÍREZ, Luis. *Aa de precisión vs aa de confort*.

<http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/01/aa-de-precision-vs-aa-de-confort/>. Consulta: diciembre de 2015.

Figura 12. Partes de una manejadora de aire acondicionado de precisión



Fuente: EMERSON. *Manual del usuario. Libert ds. p.2.*

## **1.4. Grupo electrógeno en un *data center***

Uno de los aspectos más importantes que exige todo *data center* es el suministro eléctrico. Este es el que alimenta el funcionamiento del sistema, por lo que ha de ser continuo y seguro. Para evitar errores no permitidos en ningún procesamiento y almacenamiento de datos, se debe garantizar un suministro de energía eléctrica de emergencia que esté conectada forma paralela.

### **1.4.1. Definición**

Grupo electrógeno conjunto de máquinas rotativas, eléctricas y de combustión, acopladas mediante un eje mecánico (cigüeñal), capaces de transformar la energía térmica precedente del combustible en energía mecánica, luego en energía eléctrica de corriente alterna.

El grupo electrógeno deberá ser capaz de suministrar energía eléctrica a los equipos de cómputo y telecomunicaciones, en caso de ocurrir un fallo en la red eléctrica comercial. Este deberá ser diseñado para suministrar la frecuencia impuesta por el Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) y por las cargas computacionales.

Asimismo, el grupo electrógeno deberá ser capaz de suministrar energía a los sistemas de aire acondicionado de precisión con el fin de evitar una sobrecarga térmica en los equipos de tecnología de la información. Si los generadores no respalden los sistemas de refrigeración de precisión, el beneficio de los mismos sería mínimo.

### 1.4.2. Partes que lo conforman

A continuación se identificarán las principales partes y sistemas que conforma el grupo electrógeno

Figura 13. Partes que conforman el grupo electrógeno 1/2



Fuente: empresa objeto en estudio.

Figura 14. Partes que conforman el grupo electrógeno 2/2



Fuente: empresa objeto en estudio.

### 1.4.3. Panel de instrumentación

También conocido como panel de control es el encargado de monitorear los parámetros de térmicos, eléctricos y mecánicos del grupo electrógeno. También es el encargado de controlar el arranque y paro del grupo electrógeno.

Figura 15. **Panel de instrumentación**



- 1 Medidor de funcionamiento del motor. Unidad de medida en horas
- 2 Medidor de presión de aceite en el motor. Unidad de medida en bar
- 3 Luz indicadora de *Standby*
- 4 Medidor de temperatura del motor. Unidad de medida Centígrados
- 5 Perilla de control para estado del grupo electrógeno. Manual, automático, apagado, *test*
- 6 Medidor de voltaje de batería. Unidad de medida Volts
- 7 Medidor de combustible en el tanque
- 8 Pulsador de paro de emergencia del grupo electrógeno
- 9 Perilla de control para medir línea 1,2, 3
- 10 Medidor de corriente de salida del generador eléctrico
- 11 Medidor de voltaje de salida del generador eléctrico
- 12 Medidor de frecuencia de salida del generador eléctrico
- 13 Perilla de control para medir voltaje entre fases.
- 14 Perilla de control para arranque manual del grupo electrógeno.

Fuente: empresa objeto en estudio.

#### 1.4.4. Motor de combustión interna

El motor representa la fuente de energía mecánica para que el generador eléctrico gire y genere electricidad. El actual motor tiene los datos técnicos que se muestran en las tablas.

Tabla II. Designación del tipo de motor

<b>T</b>	Turboalimentado
<b>W</b>	Pos enfriador Agua/aire
<b>D</b>	Diesel
<b>16,000</b>	Centímetros cúbicos de cilindrada
<b>3</b>	Generación
<b>0</b>	Versión
<b>G</b>	Motor del grupo electrógeno

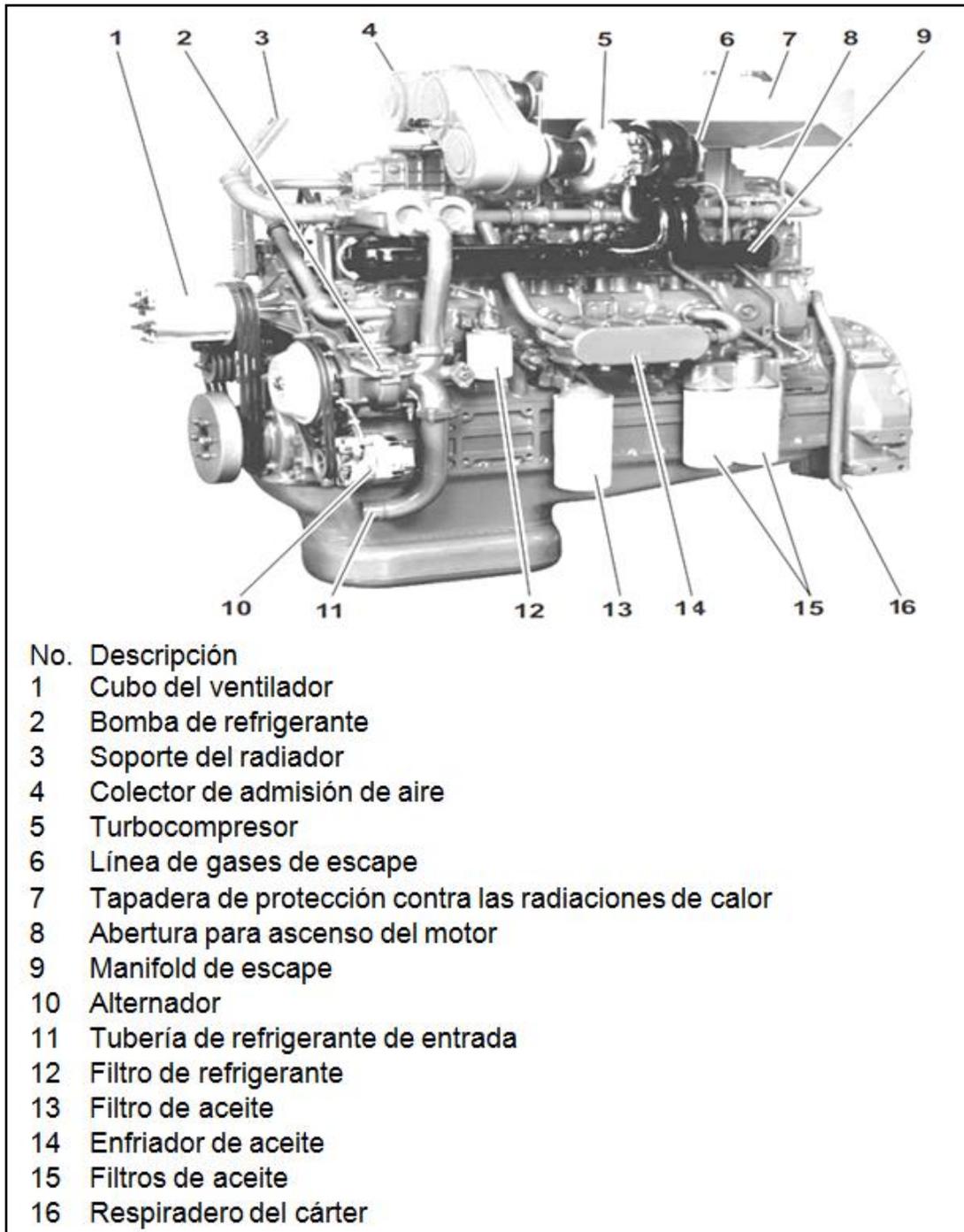
Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Información técnica del motor

Marca	Volvo
Modelo	TWG 1630G
Cilindrada	16 000 cms <sup>3</sup>
Número de cilindros	6
Posición de cilindros	Línea
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Relación de compresión	19.2:01
Dirección de rotación, viendo de frente al volante	Antihorario
Velocidad media del pistón	10m/s
Capacidad de aceite incluye filtros	64 litros
Capacidad de refrigerante incluye radiador y mangueras	59 litros
Capacidad de tanque diesel	119 galones

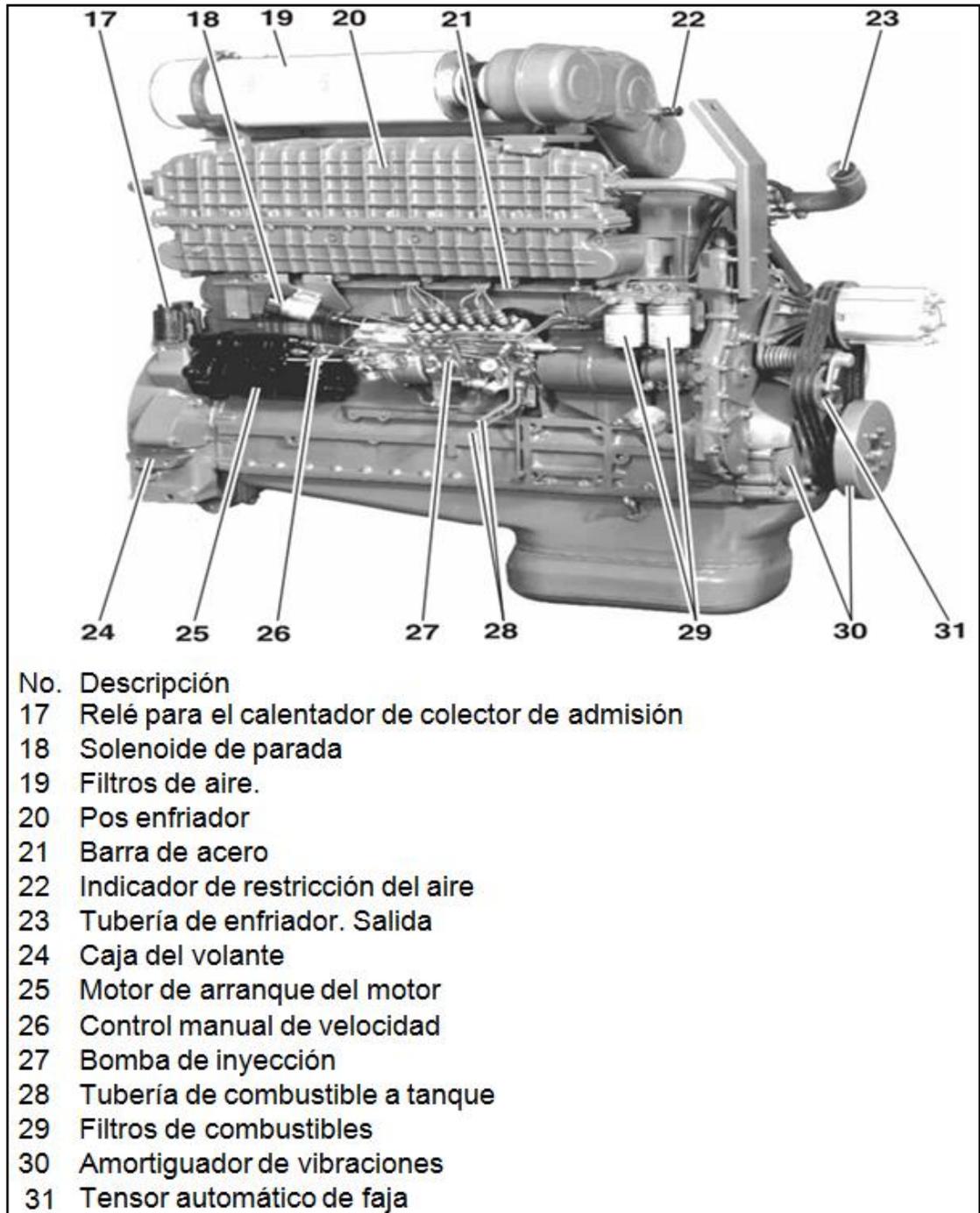
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Partes que conforman el motor 1/2



Fuente: empresa objeto en estudio.

Figura 17. Partes que conforman el motor 2/2



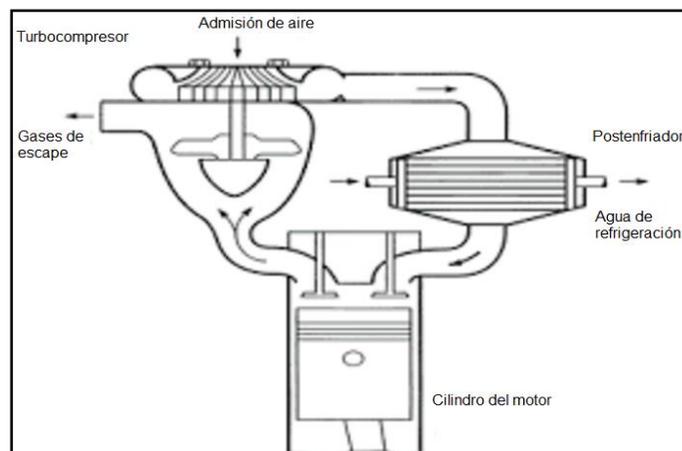
Fuente: empresa objeto en estudio.

### 1.4.5. Sistema de admisión y escape

Su función es guiar el aire desde el medio ambiente hacia las cámaras de combustión, y guiar los gases de escape desde las cámaras de combustión hacia el medio ambiente. La necesidad de suministrar aire limpio y a ciertas condiciones termodinámicas, conlleva al diseño e instalación de componentes como filtros, compresores de aire, enfriadores de aire. En la actualidad, la mayoría de los motores funcionan bajo el principio de la sobrealimentación, ya que es beneficioso para un rendimiento óptimo del motor.

Al introducir un exceso de aire en el cilindro aumenta la compresión, lo que facilita el encendido y el quemado completo del combustible inyectado, lo que se traduce en un aumento de potencia del motor. Por otro lado, la mayor presión de entrada de aire favorece la expulsión de los gases de escape y el llenado del cilindro con aire fresco, con lo que se consigue un aumento del rendimiento volumétrico, que es lo mismo el motor: "respira mejor".

Figura 18. Esquema de sistema de admisión y escape



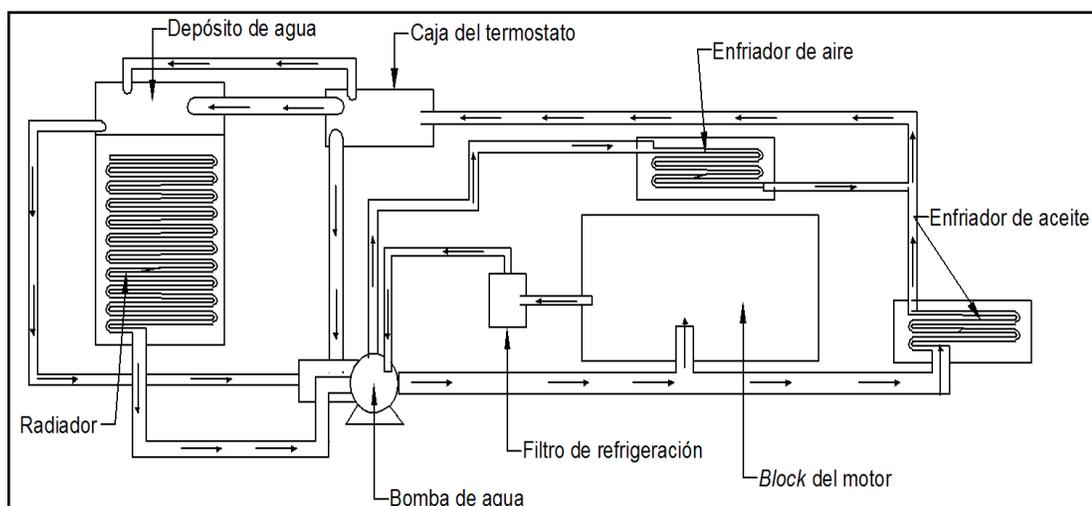
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 1.4.6. Sistema de refrigeración

El circuito de refrigeración de este motor inicia en el depósito de agua, luego circula por el radiador en donde pasa por un serpentín para disminuir su temperatura, luego pasa a la bomba de refrigerante la cual aumenta su presión, en la salida de la bomba tienes dos salidas. Una tubería lleva el refrigerante hasta el enfriador de aire que pasa por intercambiador de calor este aumenta la temperatura, luego se dirige hacia el termostato, dependiendo de la temperatura del refrigerante activa el termostato, este se regresa a la bomba o es llevado hacia el radiador para disminuir su temperatura.

En la otra salida de la bomba, el refrigerante entra al *block* del motor enfriando los cilindros, en otro ducto interno del motor envía el refrigerante hacia el enfriador de aceite. En donde aumenta su temperatura y es enviado al termostato.

Figura 19. Sistema de refrigeración

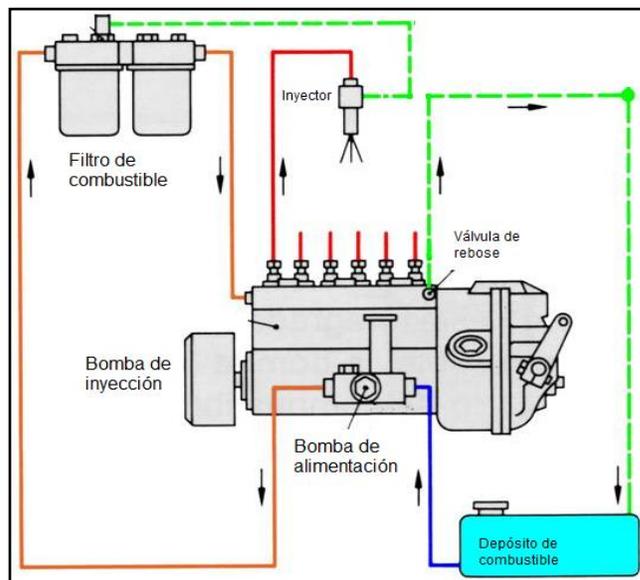


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 1.4.7. Sistema de alimentación combustible

El circuito de alimentación inicia por el depósito de combustible, una bomba de alimentación activada por una leva de la bomba de inyección succiona el combustible, la cual es llevada a los filtros donde se elimina las impurezas y el agua del combustible, luego es dirigido a la bomba de inyección lineal donde esta eleva su presión y suministra combustible en forma alternativa en cada inyector, la sincronización la realiza por medio de un eje de levas conectado al motor. Cuando existe una inundación de combustible en el inyector este retorna hacia el filtro de combustible y es llevado nuevamente a la bomba de inyección. La bomba de inyección cuenta con una válvula de rebose que retorna el combustible al tanque cuando tiene una sobrepresión

Figura 20. Sistema de alimentación combustible

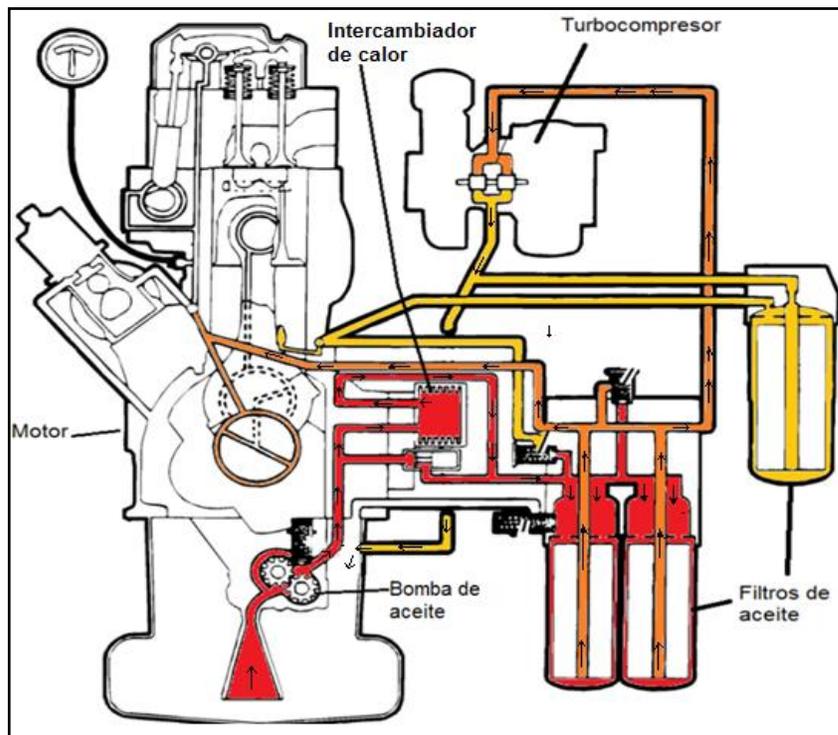


Fuente: *Conjunto bomba de inyección*. <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/bombas1/conjuntobombadeinyeccion.html>. Consulta: febrero de 2016.

### 1.4.8. Sistema de lubricación

El circuito de lubricación inicia cuando la bomba succiona aceite y eleva su presión llevando el aceite hacia un intercambiador de calor donde disminuye su temperatura, luego es llevado a los filtros donde se reduce las impurezas del aceite. Con el aceite limpio y a baja temperatura es llevado al *block* de motor para que lubrique y enfríe las paredes de los cilindros, eje de levas, cojinetes del cigüeñal, cojinetes del turbo compresor, luego el aceite retorna hacia el depósito de aceite.

Figura 21. Sistema de lubricación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

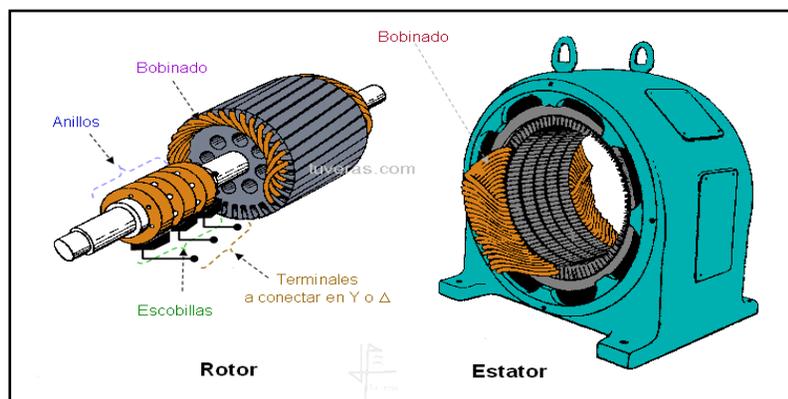
### 1.4.9. Generador eléctrico

La energía eléctrica de salida se produce por medio de la energía mecánica que sale del motor de combustión interna en donde el rotor está acoplado al eje del cigüeñal, el giro rotacional del rotor crea un campo magnético, el cual es transferido hacia el estator del generador eléctrico creando energía eléctrica.

Los componentes de un generador son:

- Estator: es una armadura metálica en reposo recubierta por alambres de cobre que forman un circuito.
- Rotor: es un eje que rota dentro del estator impulsado por una turbina. Este rotor en su parte más externa tiene un electroimán alimentado por una corriente eléctrica pequeña.

Figura 22. Partes del generador eléctrico



Fuente: *Partes fundamentales del motor*. <http://motoreselectricos7.webnode.es/partes-fundamentales/>. Consulta: marzo de 2016.

## **1.5. Funcionamiento del motogenerador**

Se inicia suministrando diesel en el tanque, luego este combustible se inyecta en la cámara de combustión interna en forma atomizada por medio del sistema de alimentación de combustible, que se mezcla con el oxígeno que se suministró por medio de la válvula de admisión. El pistón sube a su punto muerto superior comprimiendo la mezcla aire-combustible. Una reacción química hace que exista una explosión y empuja el pistón hacia su punto muerto inferior. El movimiento lineal de pistón y biela se transmite al cigüeñal, creando un movimiento de rotación de 1 800 rpm, ese movimiento rotacional es transmitido al rotor del generador eléctrico.

En el generador eléctrico, el rotor crea un campo magnético giratorio el cual crea un voltaje y una frecuencia de 60 Hz. En el estator del generador eléctrico este voltaje de corriente alterna es la que se usará para cuando no se dispone de la energía eléctrica comercial. La cantidad de voltaje dependerá de la configuración de las bobinas del estator.

## **1.6. Ahorro energético en aire acondicionado de precisión**

Conforme pasa el tiempo, el calentamiento global sigue afectando las estaciones del año para que esto no siga sucediendo, la humanidad tiene que ahorrar energía eléctrica, para reducir la demanda de la creación de nuevas plantas eléctricas, ya que estas funcionan con base en los recursos naturales.

Para lograr obtener ahorro energético en los aires acondicionados de precisión se considerando los siguientes aspectos.

### **1.6.1. Selección adecuada del equipo**

La producción de calor de los equipos que conforman un *data center* es uno de los problemas principales y que más preocupan a sus administradores.

El exceso de calor en una sala de servidores afecta negativamente el rendimiento del equipo y acorta su vida útil, además de suponer un peligro en el caso de alcanzar niveles elevados. Por eso es de vital importancia el diseño de un buen sistema de refrigeración.

En este diseño es fundamental el dimensionamiento del sistema, que exige comprender la cantidad de calor producida por los servidores junto con el que producen otras fuentes de calor que habitualmente están presentes como los UPS, la distribución de alimentación, unidades de aire acondicionado, iluminación y personas.

Observar todo ello es básico para calcular la carga térmica. En una instalación típica las cargas que más peso tienen son: el 70 % que suele corresponder a la carga de los servidores, el 9 % a la iluminación, el 6 % a la distribución de la alimentación y el 2 % a las personas.

Además de eliminar el calor, un sistema de aire acondicionado para un *data center* está diseñado para controlar la humedad. En la mayoría de sistemas de aire acondicionado la función de refrigeración por aire del sistema causa una importante condensación de vapor de agua y la consiguiente pérdida de humedad. Por tanto, es necesaria una humidificación suplementaria para mantener el nivel de humedad deseado.

### 1.6.2. Pasillos calientes y fríos

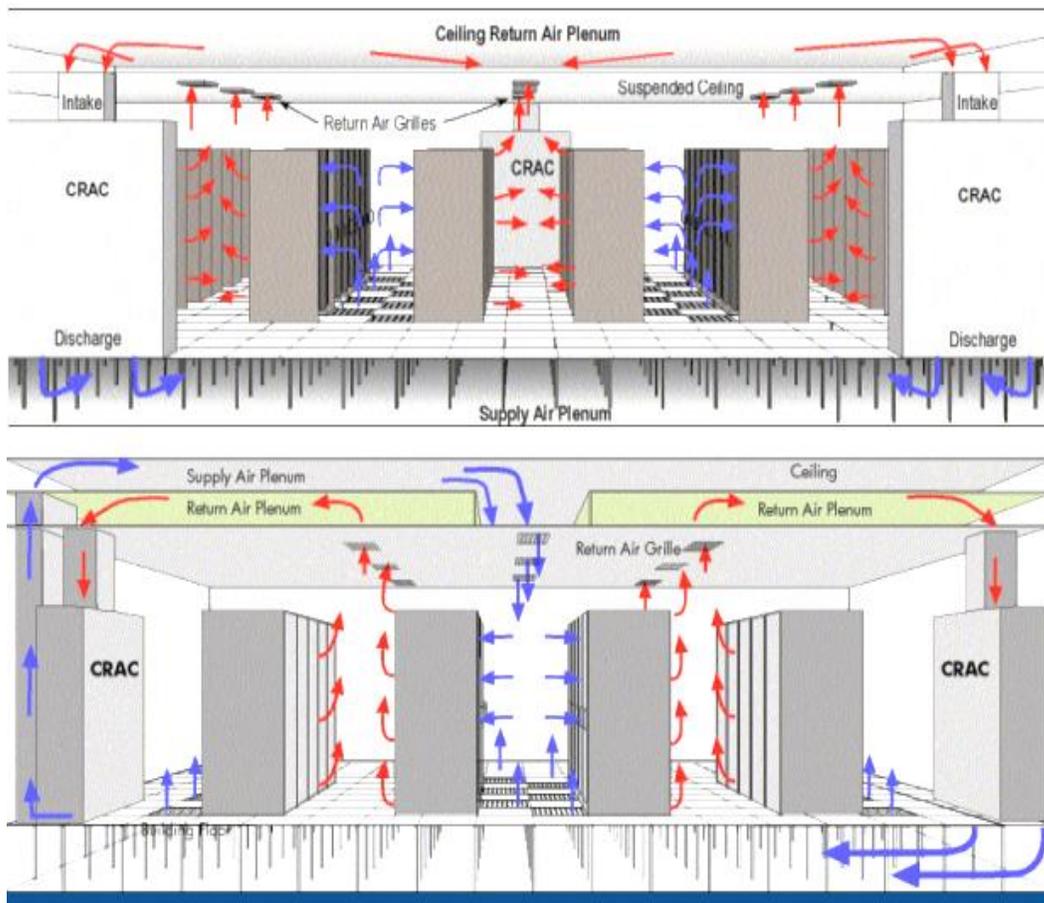
Gabinetes/*racks* deberán ser arreglados en un patrón alternante, con partes delanteras de los gabinetes/*racks* enfrentando uno al otro en una fila para crear pasillos calientes y fríos.

- Pasillos fríos: están en frente de *racks* y gabinetes. Si hay un piso de acceso, cables de distribución de poder deberían ser instalados aquí debajo del piso de acceso sobre la losa.
- Pasillos calientes: están detrás de los *racks* y gabinetes. Si hay un piso de acceso, las bandejas de cable para el cableado de telecomunicaciones deberían ser localizadas debajo del piso de acceso en los pasillos calientes.
- Espacios libres: “un mínimo de 1 m de espacio delantero será proveído para la instalación de los equipos. Un espacio libre delantero de 1,2 m es preferible para acomodar equipos más profundos. Un mínimo de 0,6 m de espacio trasero será proveído para acceso de servicio a la parte trasera de *racks* y gabinetes. Un espacio libre trasero de 1 m es preferible. Algunos equipos pueden requerir espacios de servicio más grandes que 1 m”.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Standard TIA-942. *Diseño y cableado de un centro de datos*.  
<http://es.slideshare.net/EfrenEstebanPichuchoHuera/cableado-de-un-centro-de-datosx6>.  
Consulta: febrero de 2016.

Figura 23. **Diseño de pasillos en un *data center***



Fuente: POLLAN, Raúl. *Diseño y dimensionamiento de data center*.

<http://disi.unal.edu.co/~gjhernandezp/heterparallcomp/datacenters/unal-datacenters.pdf>.

Consulta: enero de 2016.

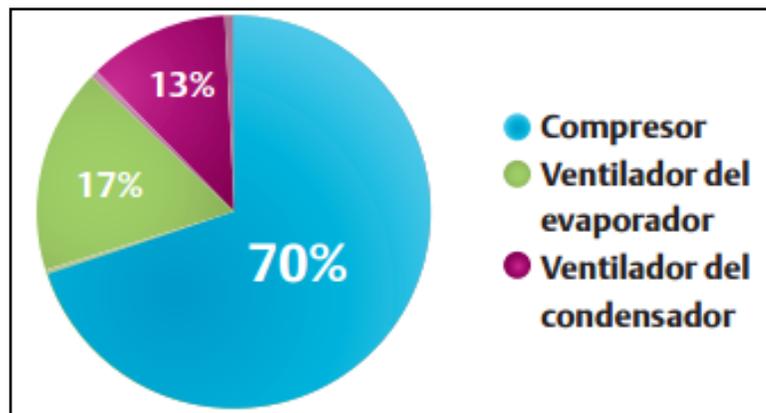
### 1.6.3. Componentes tecnológicos para ahorro energético

Los usos innovadores de las tecnologías permiten al equipo de aire acondicionado de precisión escalar el funcionamiento del compresor, los ventiladores y serpentines, según la carga del *data center*. Esto elimina el

enfriamiento excesivo y el consumo energético innecesario y permite que el sistema funcione eficientemente con cargas parciales o a carga plena.

En un equipo de aire acondicionado de precisión, los componentes que más consumen energía eléctrica se presentan en la figura 24.

Figura 24. **Consumo de energía eléctrica en un aire acondicionado de precisión**



Fuente: *Sistema de aire acondicionado de precisión*. <http://www.emersonnetworkpower.com/escala/products/precisioncooling/largeroomcooling/documents/sl-18927-sp.pdf>. Consulta: enero de 2016.

Los compresores constituyen la gran mayoría de la energía usada en sistemas de aire acondicionado y refrigeración. Esto significa que la selección del compresor es clave para mejorar la eficiencia en los aires acondicionados de precisión.

- Válvulas de expansión electrónica usadas en vez de válvulas de expansión térmica, permiten un funcionamiento con temperaturas de

condensación más bajas, lo cual reduce la potencia del compresor y mejora la eficiencia.

Figura 25. **Válvula de expansión electrónica**



Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

- Ventiladores EC: la avanzada tecnología de motores EC combina tensión alterna (AC) y tensión continua (DC) en un mismo motor. Con este nuevo concepto se puede beneficiar simultáneamente lo mejor de ambos tipos de motor, la alta eficiencia de los motores DC y la flexibilidad de utilización de los AC. La rectificación de la tensión de alterna continua se efectúa en el interior del motor mediante una placa electrónica de tecnología avanzada situada en la base del estator. La placa electrónica, además de transformar la tensión de alterna a continua, permite también controlar el motor.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Mantenimiento**

Son todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluye la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

#### **2.1.1. Mantenimiento preventivo**

Es el destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro. En el mantenimiento preventivo se observa lo siguiente:

- Mantenimiento programado: como el que se realiza por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, entre otros.
- Mantenimiento de oportunidad: es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.

## 2.2. Plan de mantenimiento

Conjunto estructurado de tareas que comprenden las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar un mantenimiento preventivo en un equipo.

El siguiente plan de mantenimiento se basa en las condiciones ambientales que son a una temperatura de 30 °C, humedad de 60 % y presión atmosférica de 101 kpa a la cuales se encuentra el motogenerador, las propiedades físicos-químicas de los insumos, recomendaciones del manual del fabricante, análisis de fallos que pretende evitarse, instrucciones genéricas hechas por los técnicos que habitualmente trabajan en el centro de procesamientos de datos.

Se recomienda realizar actividades de mantenimiento preventivo como se presenta a continuación en la tabla IV y V para tener una mejor respuesta de funcionamiento cuando sea requerido.

Tabla IV. **Mantenimiento preventivo menor**

Actividad	Diario	Mensual
Inspección del sistema de refrigeración	X	
Inspección del sistema de lubricación	X	
Inspección del sistema de combustible	X	
Inspección del sistema de admisión y escape		X
Inspección del sistema de arranque y eléctrico	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Mantenimiento preventivo mayor**

Actividad	Semestral	Anual
Cambio de filtros de aire		X
Cambio de aceite y filtros		X
Cambio de refrigerante y filtro		X
Cambio de filtros de combustible		X
Ajuste de fajas	X	
Cambio de fajas		X
Mantenimiento preventivo de turbocompresor		X

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Formato para registro de mantenimiento preventivo para motogenerador

Un formato de mantenimiento preventivo es el que ayuda a llevar un mejor control de las actividades que el técnico debe realizar, inspeccionar el estado del grupo electrógeno en operación y en *stand-by*, obtener información general, entre otros.

Tabla VI. Reporte de mantenimiento grupo electrógeno

DATOS DEL EQUIPO			
Marca		núm. de Serie	
Modelo		núm. de unidad	
Capacidad		Tipo de mantenimiento	

INSPECCIÓN DEL SISTEMA							
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO				SISTEMA DE ADMISIÓN			
DESCRIPCIÓN	Operando	Reparar	Cambio	DESCRIPCIÓN	Operando	Reparar	Cambio
RADIADOR-TAPA				TURBO ALIMENTADOR			
VENTILADOR				FILTRO DE AIRE			
POLEAS-FAJAS				MÚLTIPLE DE ADMISIÓN - EMPAQUETADURAS			
BOMBA DE AGUA				<b>SISTEMA ELÉCTRICO DE ARRANQUE</b>			
MANGUERAS				MOTOR DE ARRANQUE			
<b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>				BATERÍA			
FILTRO DE ACEITE				TERMINALES - CABLES			
RETES DEL CIGÜEÑAL				BORNES			
NIVEL DE ACEITE				ALTENARDOR			
<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>				CARGADOR ESTÁTICO			
TUBERIA DE INYECCIÓN				FAJA ALTERNADOR			
TUBERIA DE RETORNO				GENERADOR			
BOMBA DE INYECCIÓN				MÓDULO DE CONTROL			
MECANISMO DE VARILLAJE				DISPLAY			
TANQUE DE COMBUSTIBLE DIARIO				INSTRUMENTOS			
TANQUE DE COMBUSTIBLE MENSUAL				LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN			
SISTEMA DE TRASIEGO ELECTRICO				CONTACTORES			
SISTEMA DE TRASIEGO MANUAL				FUSIBLES			
RED DE TUBERÍA DE COMBUSTIBLE				CABLEADO DE FUERZA			
FILTRO DE GASOLINA				CABLEADO DE CONTROL			

OBSERVACIONES

Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

Tabla VII. Reporte parte operativa de grupo electrógeno

PARTE OPERATIVA DE GRUPO ELECTRÓGENO					
<b>1. EN VACÍO</b>					
	L1	L2	L3		
VOLTAJE (V)				FRECUENCIA	Hz
	L1-L2	L2-L3	L3-L1		
VOLTAJE ENTRE LÍNEAS (V)					
<b>2. CON CARGA</b>					
	L1	L2	L3		
VOLTAJE (V)				FRECUENCIA	Hz
	L1-L2	L2-L3	L3-L1		
VOLTAJE ENTRE LÍNEAS (V)					
	L1	L2	L3		
CORRIENTE (A)					
VOLTAJE DE BATERÍA núm. 1			V	NIVEL DE COMBUSTIBLE	
VOLTAJE DE BATERÍA núm. 2			V	TANQUE DIARIO	Gal
VOLTAJE DE CARGADOR ESTÁTICO			V	TANQUE MENSUAL	Gal
PRESIÓN DE ACEITE			PSI		
TEMPERATURA			°C		
HORÓMETRO			H		
<b>OBSERVACIONES</b>					
Responsable de la Ejecución del Servicio			Nombre y firma recepción de trabajo (Cliente)		

Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

## **2.4. Mantenimiento preventivo de un motogenerador**

A continuación se presentan los procedimientos y herramientas a utilizar en el mantenimiento preventivo menor y mayor en un motogenerador.

### **2.4.1. Equipos de medición y herramientas**

El técnico deberá tener la herramienta y el equipo adecuado para realizar un buen mantenimiento preventivo; a continuación se describe lo más indispensable.

- Multímetro
- Manómetro
- Juego de llaves
- Extractor de filtro
- Juego de copas
- Juego de destornilladores

### **2.4.2. Identificar el motogenerador**

A continuación se presentan las características que el técnico deberá identificar y apuntar en el formato de mantenimiento preventivo.

- Modelo
- Marca
- Capacidad
- Núm. serie
- Núm. unidad
- Tipo de mantenimiento

### **2.4.3. Actividades de mantenimiento preventivo menor**

El motogenerador está conformado por distintos sistemas, los cuales se tienen que inspeccionar de forma independiente para llevar un mejor control. En el mantenimiento preventivo menor son inspecciones, revisiones y mediciones básicas estas se realizaran como se describe a continuación.

#### **2.4.3.1. Inspección del sistema de enfriamiento**

En el sistema de enfriamiento del motogenerador el técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo.

- El motor tiene que estar apagado.
- Se inspeccionar que la tapa del radiador no presente sarro ni óxido, el empaque y resorte se encuentre en buen estado.
- Revisar el nivel de refrigerante.
- Revisar que el serpentín, depósito inferior y superior del radiador, no presente fugas ni golpes.
- Inspeccionar que el ventilador no presente residuos de basura ni rajaduras en sus hélices y estas giren libremente.
- Inspeccionar que la polea del ventilador no tenga agua, aceite y no presente indicios de óxido sobre su superficie.
- Revisar que la faja de la bomba de refrigeración tenga la tensión recomendada por el fabricante y que no se encuentre rajada, quemada o torcida.
- En la bomba de refrigeración verificar que no tenga fugas en sus empaques y no presente indicios de corrosión.

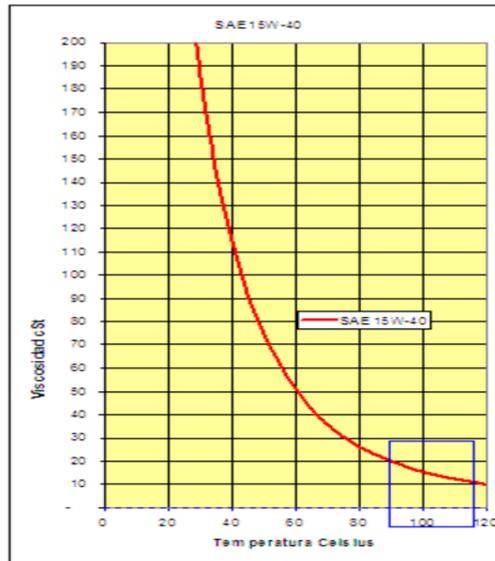
- Revisar que se encuentren en buen estado las mangueras, que no presenten grietas ni fugas y las abrazaderas de las mangueras estén colocados adecuadamente.
- Realizar una revisión general de la estructura que sostiene el radiador, que no presente golpes y las fijaciones estén apretadas.
- Revisar que no existan fugas en las uniones de las mangueras en la caja del termostato.

#### **2.4.3.2. Inspección del sistema de lubricación**

En el sistema de lubricación del motogenerador el técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo.

- Revisar el nivel de aceite, retirar la varilla de aceite y limpiarla con un paño limpio, colocar la varilla de nuevo en la tubería conectada al cárter de aceite. Insertarla completamente hacia abajo hasta que esté bien colocada y esperar 10 segundos. Retirar la varilla por segunda vez para medir el nivel de aceite. Mirar la punta de la varilla para ver donde termina la marca de aceite. En el extremo inferior de la barra se leerá las palabras MIN y MAX.
- Además de comprobar la cantidad de aceite, también se debe verificar la calidad, tomando como base la figura 26.

Figura 26. **Viscosidad de aceite contra temperatura**



Fuente: WIDMAN, Richard. <http://widman.biz/boletines/36.html>. Consulta: abril de 2016.

El aceite SAE 15w40 debe presentar una viscosidad de 15 cst a una temperatura de operación del motor de 100 °C. Menos viscosidad causa roce de piezas lo que produce un desgaste. Más que eso, existiría demasiada resistencia, causando mayor consumo de combustible.

- Inspeccionar que los filtros de aceite no tengan fugas entre la unión del empaque y la base de los filtros.
- Revisar que no exista fuga de aceite entre el empaque del *block* del motor y en la tapadera de válvulas.
- Inspeccionar que no exista fuga en el empaque que va entre la tapadera del carter y la parte inferior del *block* del motor.

- Revisar que no exista fuga de aceite en el enfriador de aceite.
- Limpieza con desengrasante la tapadera del cárter, enfriador de aceite y su tubería y la base de los filtros.

### **2.4.3.3. Inspección del sistema de combustible**

En el sistema de combustible del motogenerador el técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo.

- Inspeccionar que no existan fugas en la tubería y mangueras del circuito de alimentación de combustible, las abrazaderas de las mangueras que salen del depósito hacia la bomba de alimentación estén apretadas correctamente, palpar todas las conexiones de las tuberías en busca de alguna fuga.
- Revisar que la bomba de inyección lineal no presente fugas en los empaques del cuerpo de la bomba, en la entrada y salida de las tuberías, que el tornillo del ralentí de alta permanezca en la posición asignada por el fabricante.
- Inspeccionar que no presente fugas los dos filtros de combustibles.
- Revisar que el tornillo de purga de la base de los filtros de combustibles esté cerrada.
- Inspeccionar que no tenga grietas ni golpes el depósito de combustible diario.
- Revisar que el nivel del tanque de combustible esté a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad total.
- Limpieza superficial del tanque, bomba de inyección, filtros, tubería y mangueras con desengrasante.

#### **2.4.3.4. Inspección del sistema de admisión y escape**

En el sistema de admisión y escape del motogenerador el técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo.

- Revisar la luz indicadora de obstrucción de aire que se ubica en el filtro de aire. Si está en rojo es porque necesita un cambio de filtro.
- Revisar si tiene grietas las mangueras y tubos por donde pase el aire.
- Verificar las abrazaderas de las mangueras que conectan el filtro de aire al turbo compresor se encuentren apretadas adecuadamente.
- Verificar que el turbocompresor, múltiple de admisión y el de escape, no presente grietas.
- Inspeccionar que el silenciador no presente golpes, grietas ni fugas.
- Limpieza de la superficie del turbocompresor, enfriador de aire, múltiple de escape, múltiple de admisión y tubería de escape.

#### **2.4.3.5. Inspección del sistema de arranque y eléctrico**

En el sistema de arranque y eléctrico del motogenerador el técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo.

- Inspeccionar que el motor de arranque no presente golpes, sarro en las conexiones y que estén conectados adecuadamente.
- Inspeccionar que la batería no tenga golpes en sus superficie, sus bornes no tengan sarro y sus conectores estén con el apriete adecuado.

- Con un multímetro medir voltaje en los bornes de las dos baterías, el voltaje esperado deberá de ser 12 voltios corriente directa por batería, las dos baterías están conectadas en un circuito en serie para tener un total de 24 voltios de corriente directa.
- Revisar la colocación del cableado, buscando posibles cortocircuitos causados por el contacto con piezas externas (por ejemplo, frotación contra bordes metálicos afilados).
- Inspeccionar la zona alrededor del conector de los sensores en busca de cables que se hayan salido, bornes mal colocados, conectores dañados y empalmes corroídos o dañados.

#### **2.4.3.5.1. Generador eléctrico**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo.

- Inspeccionar que el generador eléctrico no presente golpes en la carcasa, tenga un espacio limpio y buen flujo de aire.
- Revisar que los soportes y fijaciones no presenten grietas y estén apretados adecuadamente.
- Inspeccionar el regulador de voltaje, no tenga conectores dañados, limpios y estén bien aislados.

#### **2.4.3.5.2. Panel de control**

En el panel de control el técnico tiene que realizar las siguientes inspecciones para lograr un exitoso mantenimiento preventivo.

- Inspeccionar que el cajón no tenga golpes y los medidores, las perillas se encuentren en buenas condiciones.

- Verificar que el pulsador de emergencia no esté activado.
- Inspeccionar que la perilla selectora esté en automático.
- Revisar la luz indicadora de *standby* que no tenga rajaduras y con buena iluminación.
- Verificar que el *breaker* eléctrico de salida del grupo electrógeno se encuentre abierto (*ON*).
- Inspeccionar que la llave este en la posición *ON*.
- Revisar que el indicador de alarma no esté activa.

#### **2.4.4. Actividades de mantenimiento preventivo mayor**

Estas actividades se realizan respetando la tabla V, ya que es un motogenerador que se mantiene en *stand-by*.

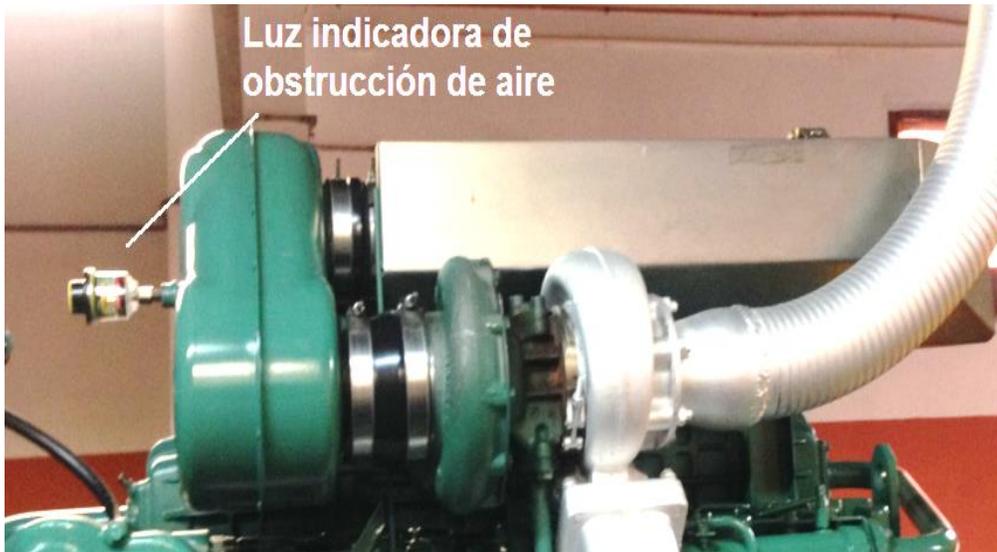
##### **2.4.4.1. Cambio de filtros de aire**

Cambiar el filtro de aire cuando la luz indicadora de obstrucción esté roja o después de 12 meses. Para ello, realizar los siguientes pasos:

- Pasar el equipo de automático a manual.
- Limpiar a fondo toda suciedad alrededor del área del filtro de aire.
- Aflojar la abrazadera 1 con desarmador plano.
- Aflojar la abrazadera 2 con un llave de cola con medida de 10 mm.
- Retirar el filtro de aire.
- Limpiar el área donde se colocará el nuevo filtro.
- Revisar que el filtro sea un Luberfiner LAF 3701.

- Colocar el filtro de aire nuevo: nunca volver a instalar un filtro de aire que muestre evidencia de estar en malas condiciones (perforado, abollado, entre otros). y que permita la entrada de aire no filtrado al motor.
- Apretar la abrazadera 1 y 2.
- Oprimir completamente el botón de reinicio de la luz indicadora de obstrucción de aire y soltarlo para reiniciar el indicador.

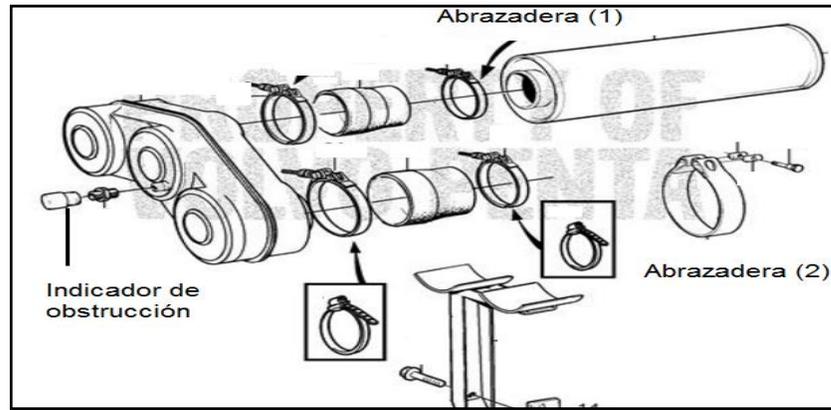
Figura 27. **Indicador de obstrucción de aire**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Revisar que el sistema de aire esté en condiciones adecuada
- Pasar el equipo de estado manual a automático

Figura 28. **Filtro de aire**



Fuente: *Volvo penta despiece de filtro de aire*. <https://www.marinepartseurope.com/en/volvo-penta-explodedview-7745780-25-442.aspx>. Consulta: enero de 2016.

#### 2.4.4.2. **Cambio de aceite de motor y sus filtros**

El grupo electrógeno de un data center funciona como una planta eléctrica de emergencia, por lo cual entra en funcionamiento cuando la red eléctrica comercial deja de suministrar energía eléctrica. Su cambio de aceite y elemento filtrante se realizará anualmente, ya que depende de la calidad del lubricante y el contenido de azufre del combustible.

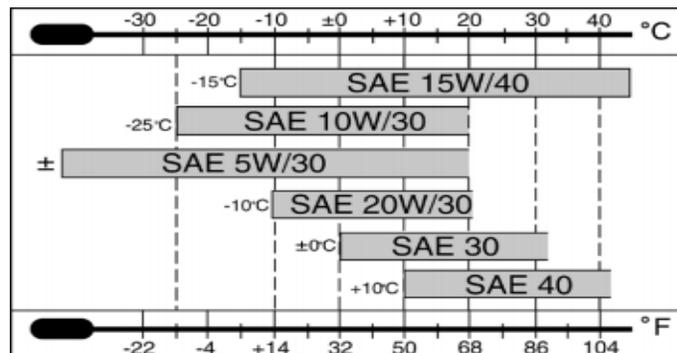
Figura 29. **Cambio de aceite con relación a azufre en el combustible**

Motor	Calidad de aceite	Contenido de azufre en el combustible por peso		
		<0.5%	0.5-1.0%	>1%
TWD1630	Volvo Ultra VDS-3- SAE 15W-40	400 horas/12 meses	200 horas/12 meses	100 horas/12 meses

Fuente: AB VOLVO PENTA. *Manual de taller twd1630*. p.19.

La temperatura ambiente donde se colocará el motor afectará la viscosidad del aceite, se utiliza la siguiente grafica para una adecuada selección.

Figura 30. **Selección de aceite**



Fuente: AB VOLVO PENTA. *Manual de taller twd1630g*. p.19.

Siempre que se realiza el cambio de aceite, también se hace el cambio del filtro de aceite, ya que si deja el mismo filtro este contamina el aceite nuevo.

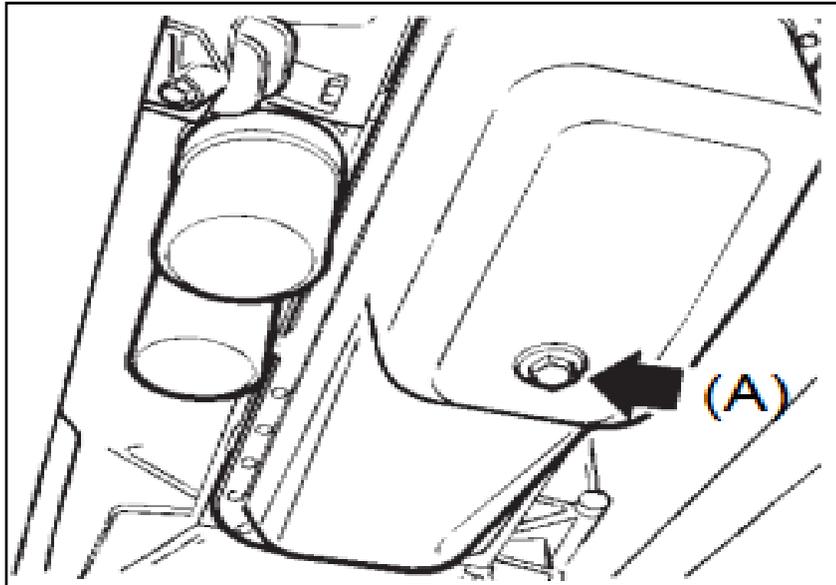
#### **2.4.4.2.1. Procedimiento de cambio de aceite y elementos filtrantes**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo mayor en el motogenerador.

- Apagar el motor.
- Arrancar el motor unos 5 minutos para calentar el aceite.
- Apagar el motor.
- Retirar la tapadera de suministro de aceite.
- Abrir la válvula de vaciado del cárter de aceite "A" (ver figura 31)

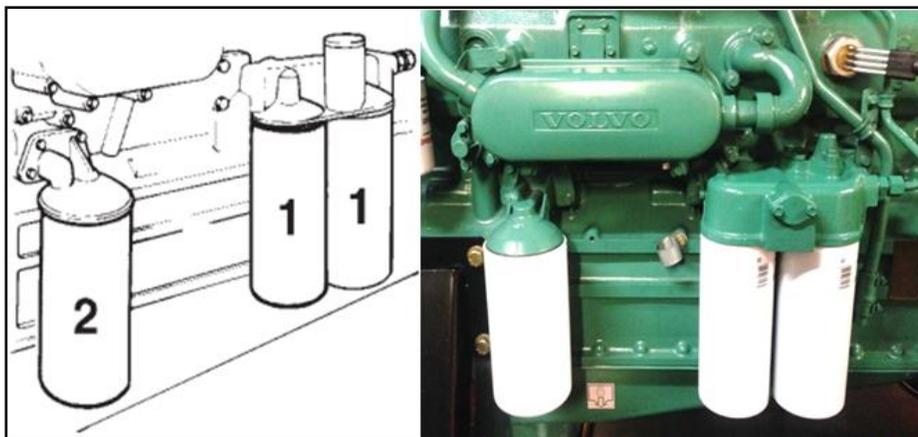
- Vaciar el aceite del cárter en una bandeja.
- Con una aspiradora agregar aire en el suministro de aceite del motor.
- Esperar que todo el aceite evacue el motor.
- Luego que se drenó todo el aceite, cerrar válvula de vaciado.
- Identificar los filtros (ver figura 32).
- Retirar los filtros 1 y 2 con un extractor de filtros.
- Verificar que los filtros nuevos tenga las mismas características, dimensiones, roscas y el tamaño de malla debe ser de 0,04 mm.
- Se recomienda utilizar filtros de aceite Luberfiner LFP777B.
- Limpiar el soporte del filtro de aceite a fondo para evitar la entrada de suciedad cuando se instalan los nuevos filtros.
- Llenar los filtros con aceite.
- Colocar los filtros nuevos, agregando un poco de aceite alrededor del empaque donde se asienta con la base.
- Atornillar los filtros con la mano hasta llegar al tope.
- Luego apretar con un extractor de filtros media vuelta más.
- Agregar 55 litros de aceite 15W40 hasta el nivel correcto. No llenar por encima del nivel máximo.
- Arrancar el motor.
- Revisar que no existan fugas en la válvula de vaciado y en los filtros.
- Apagar el motor.
- Revisar el nivel de aceite, nivelar si es necesario.
- Arrancar el motor.
- Comprobar en el panel de instrumentación que la presión de aceite se mantenga en 0,5 Mpa.
- Parar el motor y comprobar que no hay fugas de aceite alrededor del filtro y en la válvula de vaciado.
- Reciclar el aceite y los filtros usados.

Figura 31. **Válvula de drenado de aceite**



Fuente: empresa objeto en estudio.

Figura 32. **Filtro de aceite**



Fuente: empresa objeto en estudio.

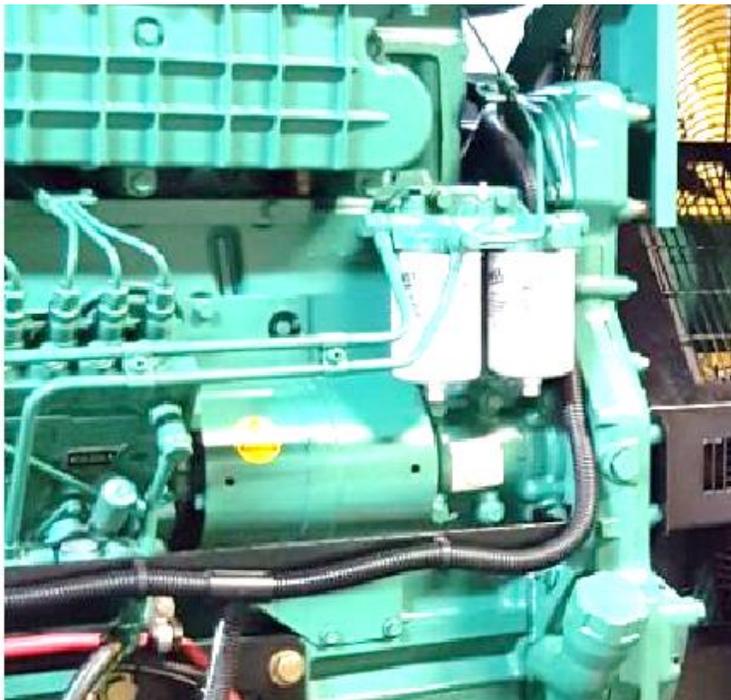
### 2.4.4.3. Cambio de los filtros de combustible

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo mayor en el motogenerador.

- El motor tiene que estar apagado.
- Identificar los filtros de combustible (ver figura 33).
- Quitar los filtros con un extractor de filtros girándolos en sentido antihorario.
- Limpiar la base de los filtros con desengrasante.
- Verificar que el nuevo filtro tenga las mismas características: rosca, dimensiones, tamaño de malla y sea también un separador agua. Usar filtro de combustible luberfiner LFF8062.
- Colocar una capa de aceite alrededor del empaque de los filtros de combustible.
- Con la mano atornillar los filtros nuevos en su base en sentido horario, hasta que llegue a al tope.
- Con un extractor de filtros apretar media vuelta más.
- Purgar el sistema.
- De forma manual bombear la bomba de alimentación de combustible.
- Con una llave aflojar el tornillo de purga que se ubica en la base del filtro (ver figura 34).
- Verificar que circule combustible, luego cerrar el tornillo de purga.
- Bombear hasta que evacúe todo el aire por el tornillo de purga y solamente quede combustible.
- Apretar el tornillo de purga.
- Limpiar cualquier superficie que tenga combustible.
- Arrancar el motor por 5 minutos.

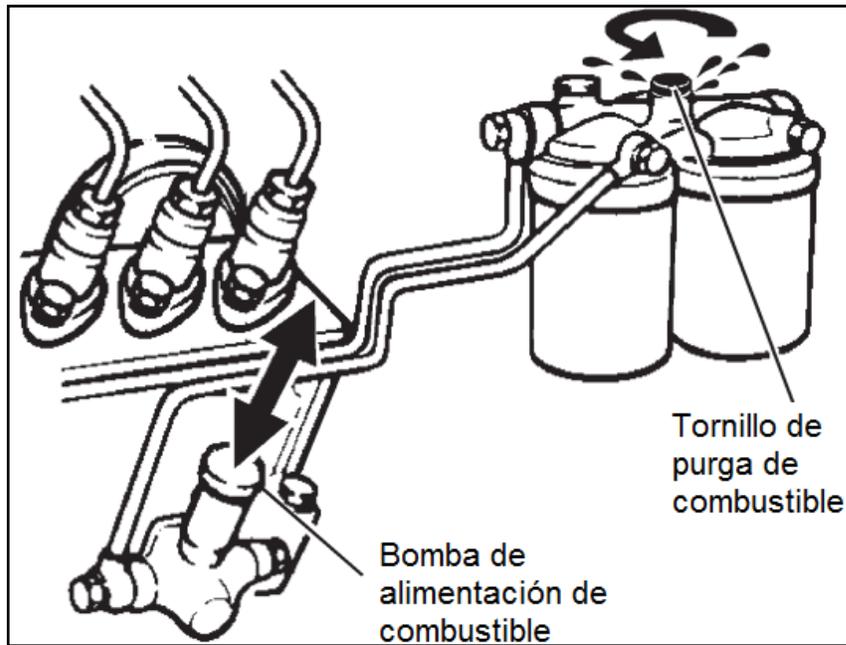
- Revisar que no existan fugas en la base de los filtros de combustible, en los filtros y tornillo de purga.
- Apagar el motor.
- Reciclar los filtros de combustibles usados.

Figura 33. **Filtro de combustible**



Fuente: empresa objeto en estudio.

Figura 34. **Elementos para purga de combustible**



Fuente: AB VOLVO PENTA. *Manual de taller twd1630g*, p.58.

#### 2.4.4.4. **Cambio de refrigerante y filtro**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo mayor en el motogenerador.

- Preparar la mezcla de agua y glicol como lo indica el fabricante en la etiqueta que se ubica en el radiador.

Figura 35. **Etiqueta de control de refrigerante**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Se mezcla en un recipiente 30 litros de agua con 29 litros de glicol, esta mezcla protege el motor de la corrosión interna, cavitación y reduce el riesgo de sobrecalentamiento del motor.
- La cantidad total de la mezcla tiene que ser de 59 litros.
- Proceder a evacuar el refrigerante del motor.
- Identificar los tornillos de drenado del motor y radiador. Tornillo de purga de refrigerante, en la parte inferior del enfriador de aceite y debajo del radiador (ver figura 36).

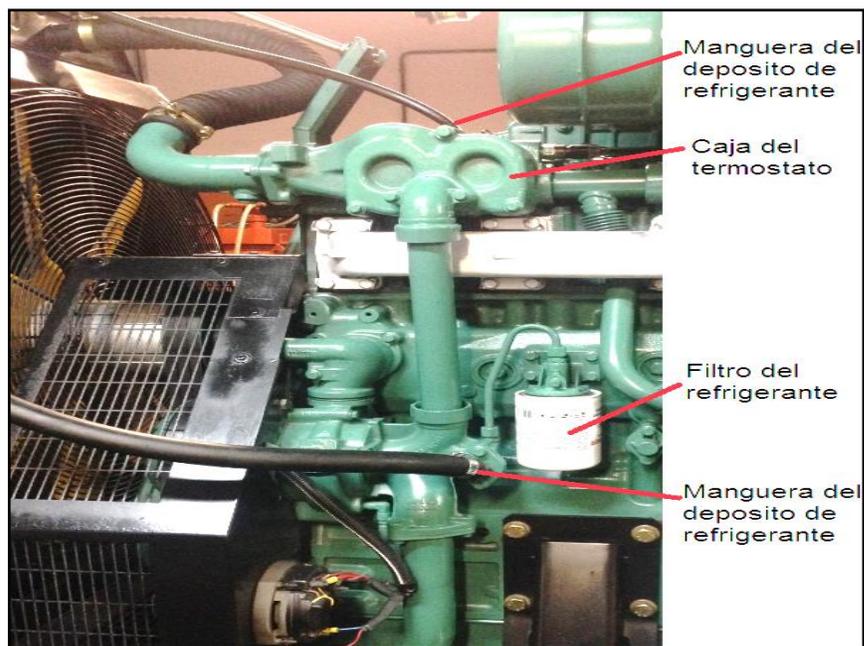
Figura 36. **Tornillos de purga de refrigerante**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Bajar el nivel de refrigerante, desconectando la manguera del depósito de agua en la entrada de la bomba de refrigerante y en la caja del termostato (ver figura 37).
- Depositar el refrigerante en cubetas.

Figura 37. **Ubicación componentes del sistema de refrigeración**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Retirar los tornillos de purga del radiador y del enfriador de aceite para evacuar el refrigerante.
- Retirar el tapón del radiador (ver figura 38).

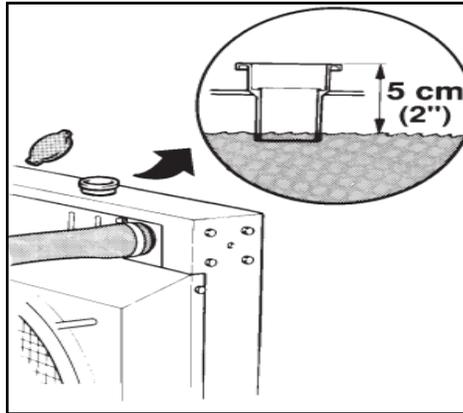
Figura 38. **Tapón del radiador**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Drenar todo el refrigerante del motor y del radiador.
- Con un extractor de filtros retirar el filtro del refrigerante usado.
- Verificar que el nuevo filtro de refrigerante tenga las mismas características se recomienda usar luberfiner LFW5141XL.
- Atornillar en sentido horario el nuevo filtro de refrigerante con la mano.
- Con el extractor de filtros apretar media vuelta más en sentido horario.
- Verificar que todas las abrazaderas de las mangueras y tornillos de purga estén apretados.
- Llenar el radiador con 59 litros de la mezcla de glicol y agua.
- El nivel adecuado de refrigerante es de 5 cm medido desde la parte superior del agua hasta la boquilla (ver figura 39).

Figura 39. Nivel de refrigerante



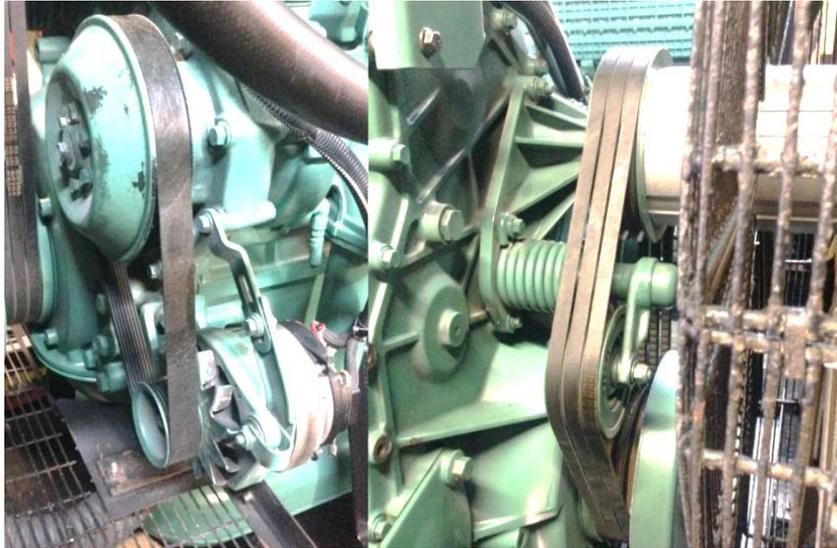
Fuente: AB VOLVO PENTA. *Manual de taller twd1630g*. p.60.

- Colocar el tapón del radiador.
- Verificar que no existan fugas en los tornillos de purga, mangueras y filtro.
- Arrancar el motor por 5 minutos.
- Verificar que no existan en el tapón del radiador, tornillos de purga, mangueras y filtro de refrigerante.
- Apagar el motor.
- Nivelar el refrigerante en el depósito.
- Reciclar filtro y refrigerante ya usado.

#### 2.4.4.5. Cambio de fajas

Mantener el aceite y grasa lejos de la faja. Ellos pueden hacer que la faja resbale y acortar la vida de servicio. La tensión excesiva de la faja puede causar un rápido desgaste del cojinete alternador y acortar el tiempo de vida.

Figura 40. **Fajas de motogenerador**



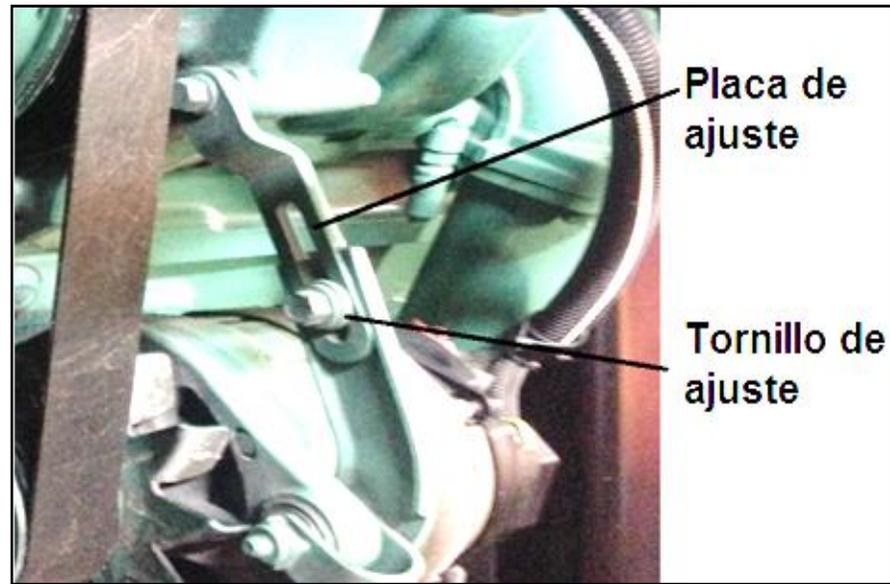
Fuente: empresa objeto en estudio.

#### **2.4.4.5.1. Cambio de faja alternador y bomba del refrigerante**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo mayor en el motogenerador.

- Apagar el motor.
- Desmontar paneles de protección.
- Marcar la posición del tornillo de ajuste con la corredera (ver figura 41).
- Aflojar el tornillo de ajuste para que pierda tensión la faja.
- Mover el alternador hacia arriba.
- Extraer la faja usada.
- Verificar que la faja nueva tenga las misma dimensiones, el mismo material y su área transversal sean igual a la usada.

Figura 41. **Ajuste de faja**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Limpiar con desengrasante las poleas.
- Verificar que la polea no presente fisuras y que permanezca fija en su eje.
- Colocar la faja nueva en la polea del alternador y bomba de refrigerante.
- Mover el alternador hacia abajo.
- Llevar el tornillo de ajusta hasta la marca en la corredera.
- Utilizar una barra sólida para hacer palanca entre el *block* del motor y el alternador si es necesario.
- Girar en sentido horario el tornillo de ajuste hasta que llegue al tope y darle  $\frac{3}{4}$  de vuelta más.
- Reciclar la faja usada.

#### 2.4.4.5.2. Cambio de faja principal

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo mayor en el motogenerador.

- Apagar el motor.
- Identificar las fajas principales.
- Desmontar paneles de protección.
- Girar en sentido antihorario el tornillo de ajuste del tensor hasta que las fajas pierdan su tensión.

Figura 42. **Tensor de fajas principales**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Extraer las tres fajas principales.
- Verificar que las fajas nuevas tengan las mismas dimensiones, el mismo material y la área transversal sean igual a la usada.
- Se recomienda usar faja Volvo 967139 12,5X1425.
- Limpiar con desengrasante las poleas.
- Colocar las fajas nuevas en las poleas.
- Girar en sentido horario el tornillo de ajuste del tensor hasta que tense las fajas.
- Aplicar una fuerza de 98 N en un punto medio entre el tensor y el eje de levas.
- Si la desviación es de 12 mm, la tensión es la correcta. En caso contrario ajustar la tensión con el tornillo de ajuste del tensor.
- Colocar las tapaderas de protección.
- Arrancar el motor.
- Revisar que no existan ruidos.
- Apagar el motor y colocarlo en modo automático.
- Reciclar fajas usadas.

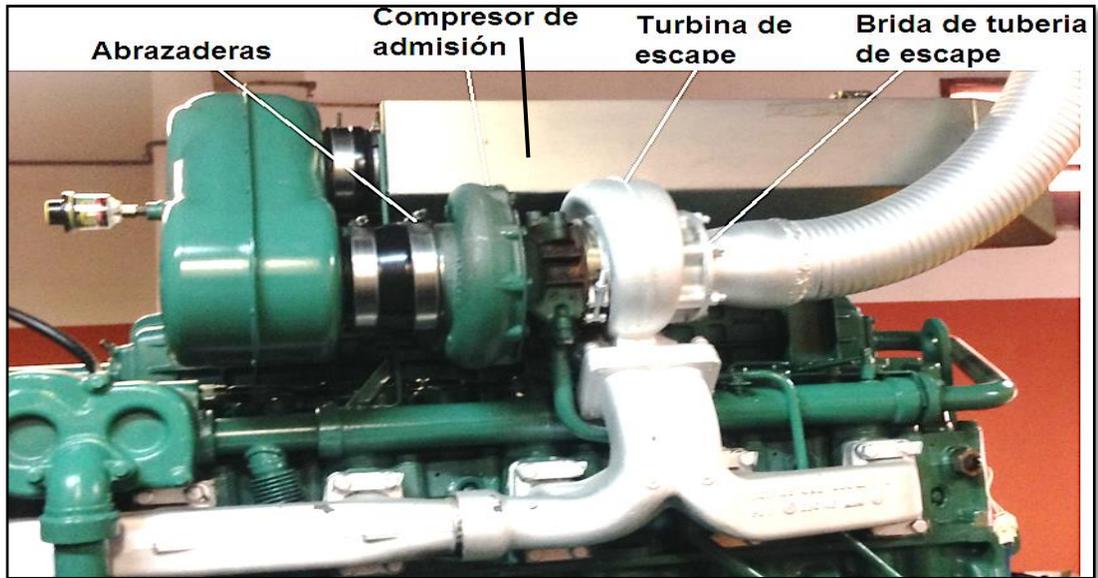
#### **2.4.4.5.3. Mantenimiento preventivo turbocompresor**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo mayor en el motogenerador.

- Apagar el motor.
- Quitar los tornillos de la tubería de suministro de aceite.
- Extraer los tornillos de la tubería de retorno de aceite.

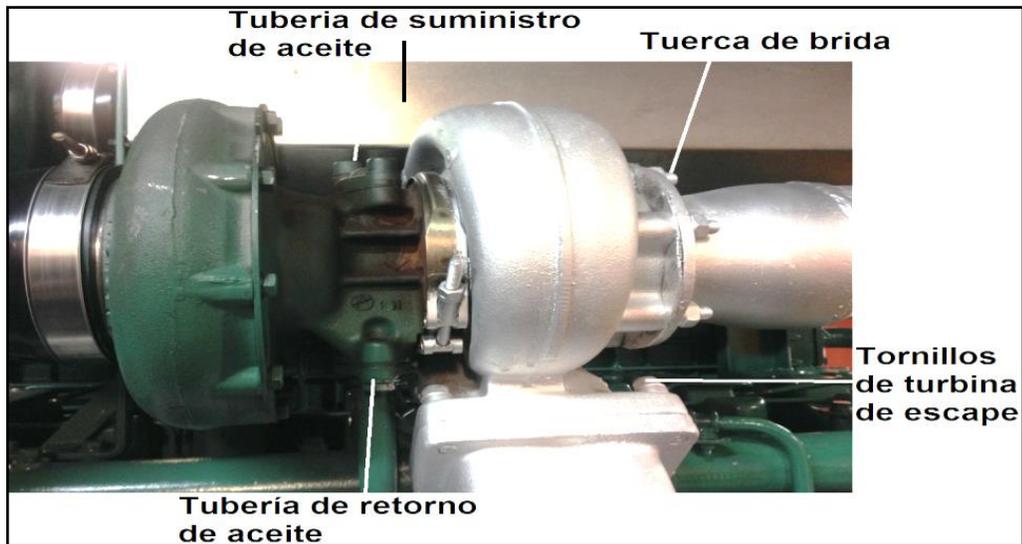
- Despegar la tubería de suministro y retorno del turbocompresor usar un destornillador plano si es necesario.
- Retirar la abrazadera que entra en la turbina del caracol de admisión.
- Quitar los tornillos de la tobera de salida del caracol de admisión.
- Extraer las tuercas de la brida de la turbina de escape.
- Retirar los tornillos de la brida de entrada de la turbina de escape.
- Extraer el turbocompresor.
- Colocarlo en un banco de trabajo.
- Inspeccionar que la turbina gire libremente.
- Revisar que los alabes de la turbina estén en buen estado.
- Revisar que no tenga fisuras internas en la carcasa del caracol de admisión y escape.
- Inspeccionar que los ductos de aceite no tengan obstrucciones.
- Descarbonizar la superficie interna del caracol de escape.
- Limpiar detalladamente los alabes de las turbinas.
- Retirar residuos empaques de las bridas con desengrasante.
- Poner empaques nuevos en las bridas de escape, admisión y tubería de aceite.
- Colocar la abrazadera y darle un torque de 8,5 Nm al tornillo.
- Montar todos los tornillos y tuercas del turbocompresor.
- Apretarlos al torque adecuado.
- Arrancar el motor.
- Colocar un poco de agua con jabón en cada unión del turbo compresor.
- Verificar que no existan fugas.
- Inspeccionar que no exista ni un ruido anómalo en el funcionamiento.
- Apagar el motor.

Figura 43. **Turbocompresor del grupo electrógeno**



Fuente: empresa objeto en estudio.

Figura 44. **Ubicación de bridas del turbocompresor**



Fuente: empresa objeto en estudio

## **2.5. Procedimiento de mantenimiento de aire acondicionado de precisión**

El técnico tiene que realizar las actividades de mantenimiento basándose en las horas de funcionamiento del equipo. En el apéndice encontrará con qué frecuencia se deberá de realizar las actividades de mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

### **2.5.1. Herramientas y equipo de medición básico**

Para realizar las actividades de mantenimiento al equipo de aire acondicionado de precisión, el técnico debe de contar con las siguientes herramientas.

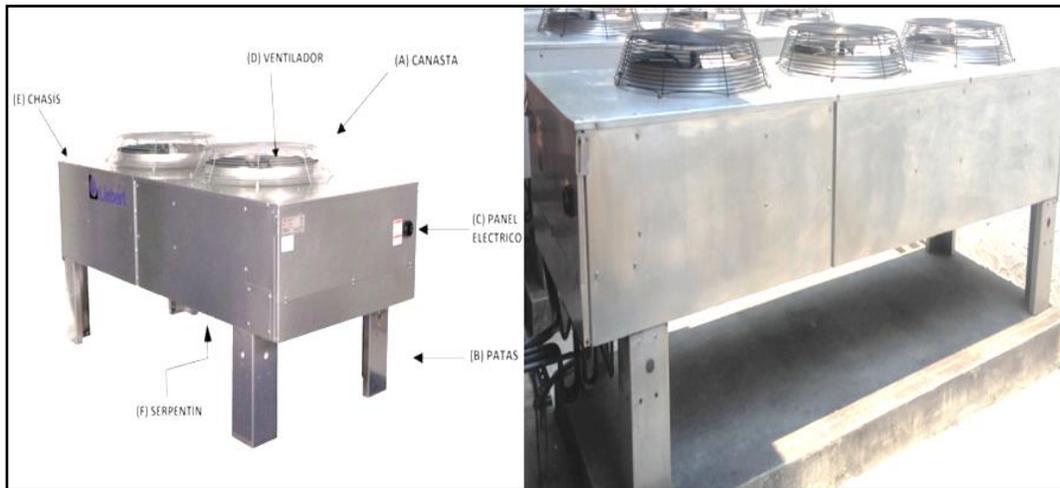
- Hidrolavadora
- Termo higrómetro
- Amperímetro
- Juego de manómetros
- Juego de llaves para tubo
- Juego de llaves de cola
- Juego de copas
- Llaves allen
- Juego de desarmadores
- Multímetro

### **2.5.2. Inspección y limpieza del condensador**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Desenergizar el condensador.
- Desmontar la canasta, ventilador y motor eléctrico.
- Lavar el serpentín utilizando la hidrolavadora, usando solamente agua potable.
- Luego en el depósito de la hidrolavadora se tiene que diluir desengrasante (Acti-Brite) con agua, la relación de agua-desengrasante dependerá de la suciedad del serpentín se recomienda, 3/5 partes de agua por 1 parte de Acti- Brite.
- Seguidamente, este se aplica en él todo el panel del serpentín, dejar que el producto permanezca sobre la superficie, 5-10 minutos. No permitir que el producto se seque sobre el serpentín.
- Por último, se vuelve a lavar con la hidrolavadora utilizando solamente agua, para asegurar que no quede desengrasante en el serpentín.
- Se lava la canasta y el ventilador.
- Luego se monta el motor eléctrico, ventilador y canasta.
- Se realiza una inspección general verificando que todos los tornillos y tuercas este apretados adecuadamente y las conexiones eléctricas estén en su lugar.

Figura 45. **Condensador**



Fuente: empresa objeto en estudio.

### 2.5.3. **Medición de parámetros eléctricos en el condensador**

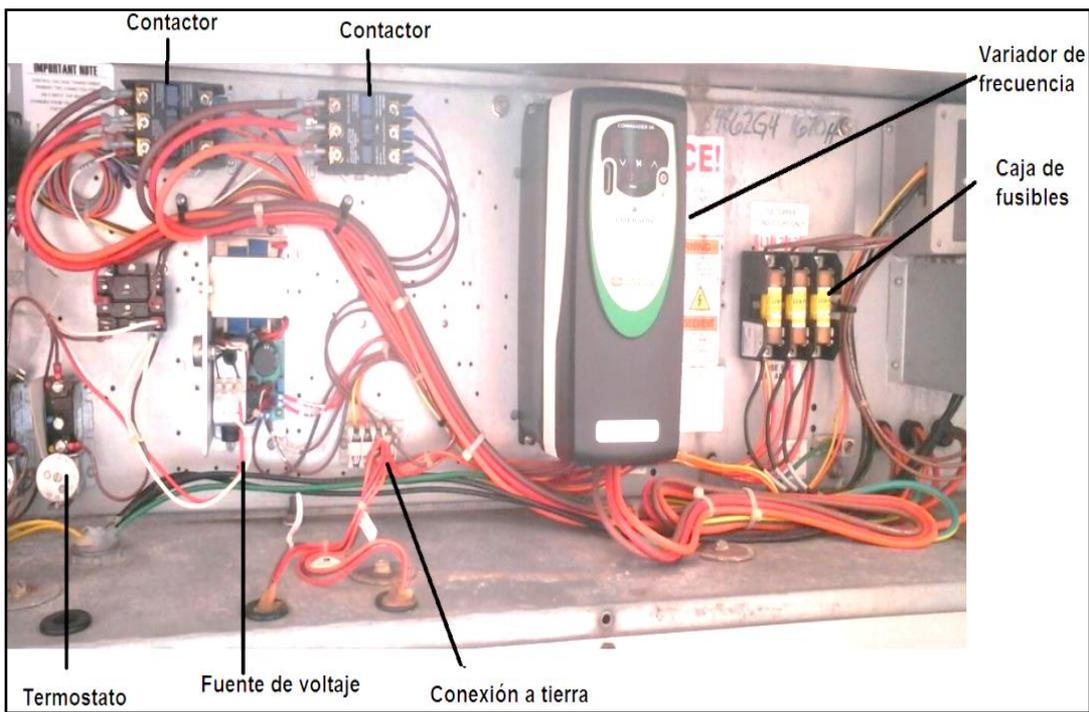
El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Desenergizar el equipo.
- Se procede a realizar una inspección visual que todas las conexiones eléctricas estén en buen estado y los alambres tengan aislante.
- Inspeccionar y limpiar el sarro de lo bornes eléctricos.
- Revisar que los fusibles estén en buen estado.
- Inspeccionar que las terminales estén apretadas.
- Energizar el condensador.
- Identificar cada alambre que suministra voltaje al condensador como A, B, C. estos puede tener configuración trifásica o monofásica.

- En el multímetro colocar el selector en la posición de medir voltaje de corriente alterna.
- Colocar las puntas del multímetro en los alambres que entran en el interruptor de desconexión y medir el voltaje entre cada fase.
- El voltaje esperado debe ser  $208 \pm 10$  VCA en cada fase.
- Anotar los datos en el reporte de mantenimiento (ver anexos).
- En el multímetro colocar el selector en la posición para medir frecuencia (Hz).
- Colocar las puntas del multímetro en los alambres que se ubican en la entrada del interruptor de desconexión y medimos frecuencia entre cada fase.
- El valor esperado deberá ser de 60 Hz.
- Anotar los datos en el reporte de mantenimiento (ver anexos).
- En el amperímetro colocar el selector en la posición de amperios de corriente alterna.
- Abrir el gancho del amperímetro, colocarlo en el alambre que suministra voltaje al condensador, ya sea A, B, o C, dentro del gancho y después cerrarlo.
- El valor esperado debe ser  $11 \pm 3$  amperios.
- Anotar los datos en el reporte de mantenimiento.
- Identificar los cables que suministra el voltaje de control, los cuales se encuentran en la salida de la fuente de voltaje (ver figura 46).
- En el multímetro colocar el selector en la posición de voltaje de corriente alterna.
- Proceder a colocar las puntas del multímetro en los cables de la salida de la fuente de voltaje.
- El valor esperado debe ser  $24 \pm 2$  voltios corriente alterna.
- Anotar el dato en el reporte de mantenimiento (ver anexos).

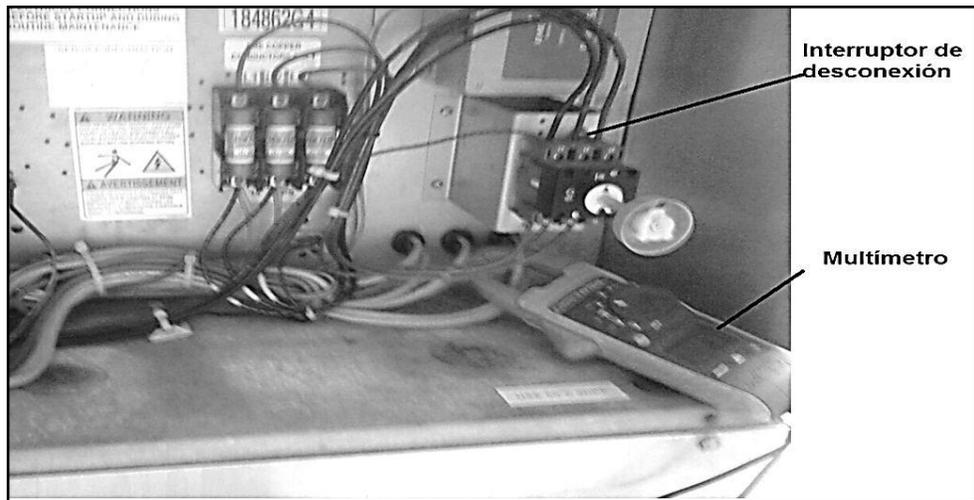
- En el amperímetro colocar el selector en la posición para medir amperios.
- Medir la corriente que sale del variador de frecuencia y alimentan al motor eléctrico del ventilador utilizando el gancho del amperímetro (ver figura 47).
- El valor esperado deberá de ser  $3 \pm 0,5$  amperios.
- Anotar los datos en el reporte de mantenimiento (ver anexos).

Figura 46. **Panel eléctrico del condensador**



Fuente: empresa objeto en estudio.

Figura 47. **Medición de parámetros eléctricos**



Fuente: empresa objeto en estudio.

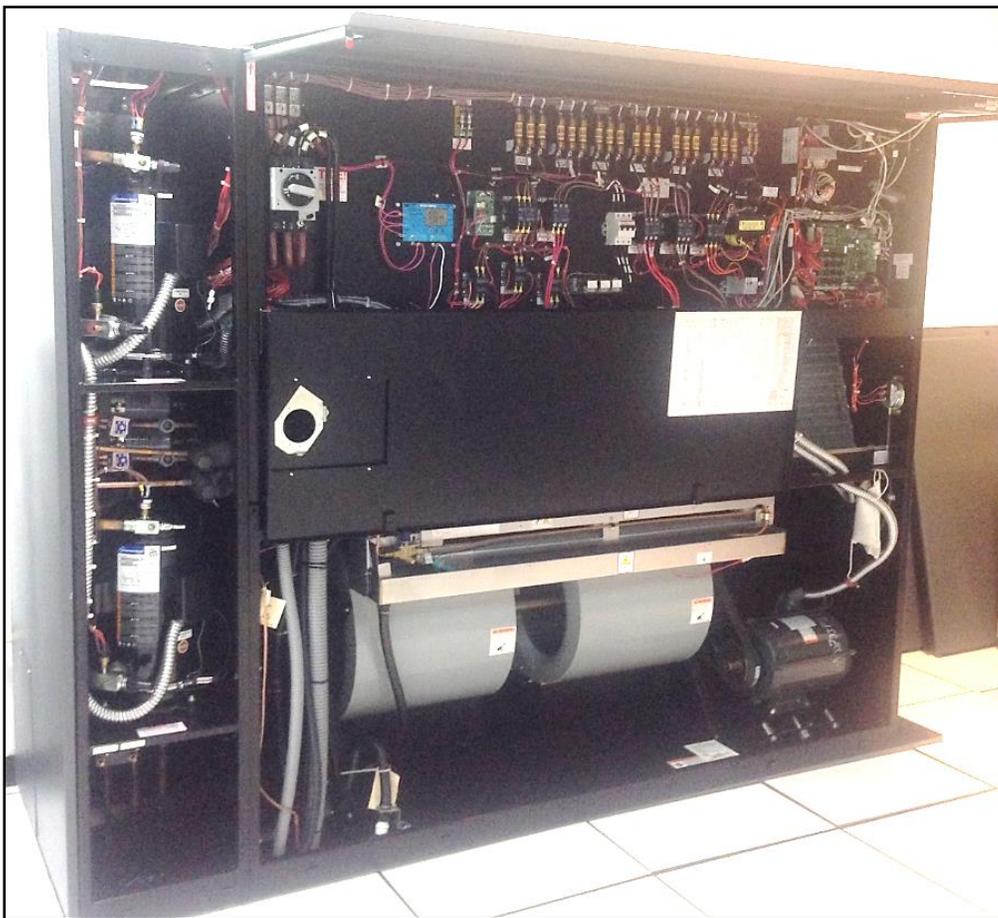
#### **2.5.4. Inspección en la manejadora de aire de precisión**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Desenergizar la manejadora de aire.
- Inspeccionar que el serpentín del evaporador no tenga golpes y no presente escarcha.
- Revisar que los filtros de aire no tenga exceso de partículas de polvo.
- Inspeccionar que las turbinas no presente abolladuras en su carcasa.
- Revisar con una lámpara que dentro de la turbina no presente partículas de polvo y sus aspas no estén dobladas.
- Inspeccionar que el compresor no tenga abolladuras y sin fugas de aceite y refrigerante.

- Revisar que las válvulas de servicio del compresor se encuentre en buen estado y no tenga fugas de refrigerante.
- Inspeccionar que los anclajes del compresor estén bien apretados.
- Inspeccionar las conexiones eléctricas del compresor en busca de cables que se haya salido de sus conectores, bornes mal colocados, conectores dañados y bornes o empalmes corroídos o dañados.
- Inspeccionar que el aislante de la tubería de succión y descarga no esté deteriorado.

Figura 48. **Manejadora de aire acondicionado de precisión**



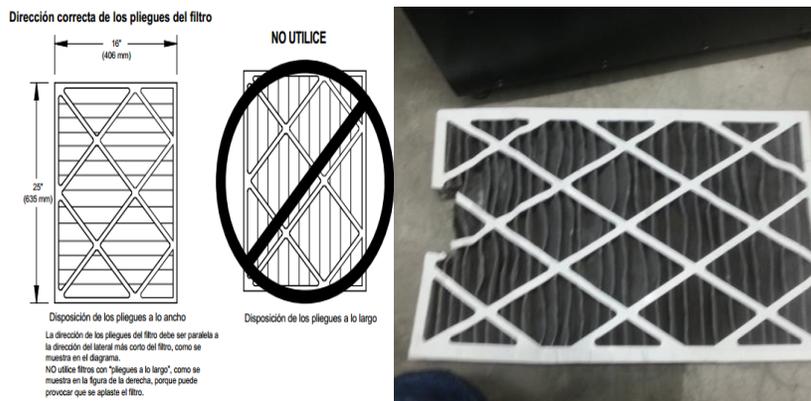
Fuente: empresa objeto en estudio.

### 2.5.5. Reemplazo de filtros de aire

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Desconectar la energía eléctrica de la unidad.
- Verificar las horas de funcionamiento de la manejadora de aire en el *display*.
- Abrir las compuertas del ducto de retorno del flujo de aire que conecta con la manejadora.
- Retirar los filtros viejos de la parte superior de la manejadora.
- Limpiar internamente la base en donde va colocado el filtro de aire.
- Verificar que los filtros nuevos tengan las mismas dimensiones que los usados.
- Colocar los filtros nuevos teniendo en cuenta que la dirección de los pliegues del filtro debe ser paralela a la dirección del lateral más corto del filtro (ver figura 49).

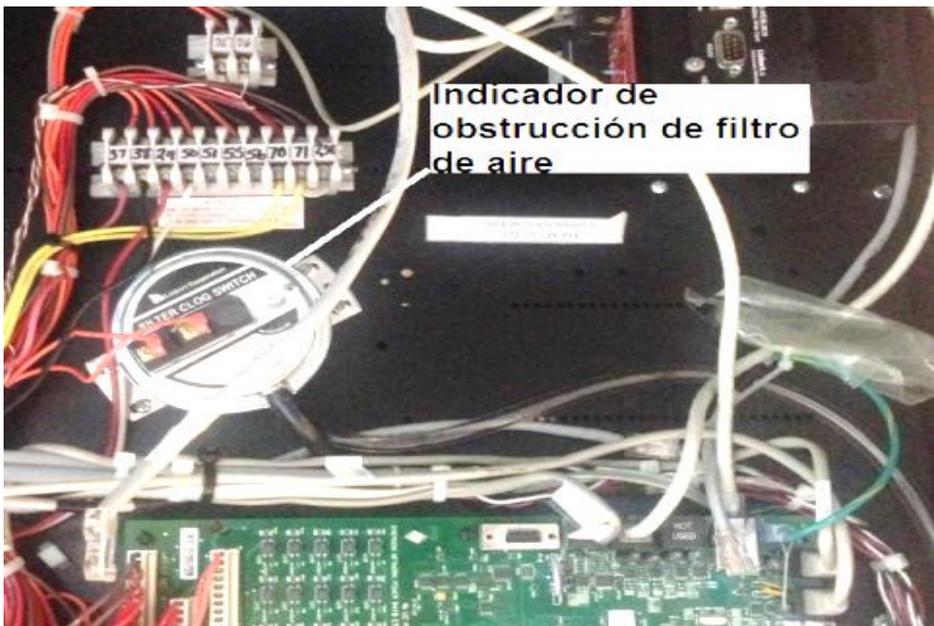
Figura 49. Filtro de manejadora de aire de precisión



Fuente: EMERSON. *Liebert ds. Manual del usuario*. p.58.

- Cerrar las compuertas del ducto.
- Se procede a calibrar el indicador de obstrucción de filtro (ver figura 50).

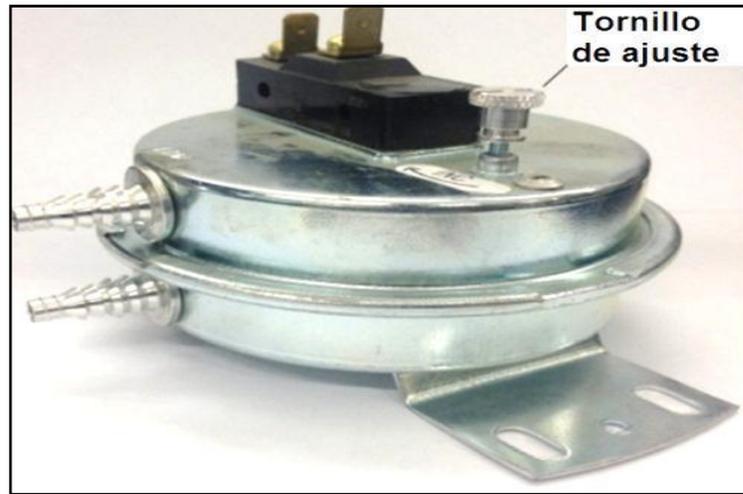
Figura 50. **Indicador de obstrucción de filtro de aire**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Los paneles de la manejadora tienen que estar colocados y cerrados para que no existan fugas de aire y perjudique la calibración.
- Energice la manejadora y haga funcionar la turbina.
- En el indicador de obstrucción se encuentra un tornillo de ajuste, girarlo en sentido antihorario hasta que se active la alarma (ver figura 51).

Figura 51. **Tornillo de ajuste**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Regresar el tornillo de ajuste una vuelta en sentido horario
- Cerrar compuerta de panel eléctrico
- Reciclar el filtro usado

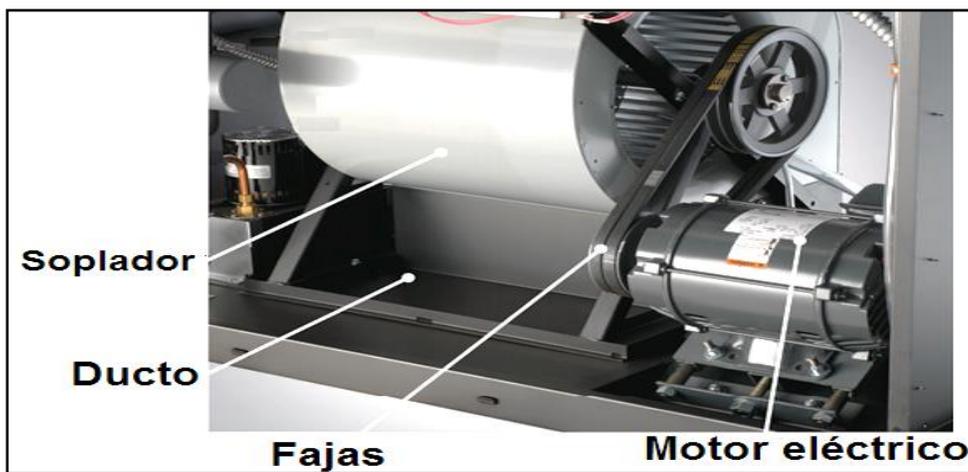
### **2.5.6. Extracción de faja**

El cambio de faja se realiza de acuerdo al plan de mantenimiento (ver anexos), también, por si la faja presenta excesivo desgaste y grietas en su superficie causadas por una mala instalación. Seguir los pasos a continuación.

- Desconectar la energía eléctrica de la unidad.
- Marcar la tuerca de ajuste con la base del motor.
- Con una llave corona girar la tuerca de ajuste en sentido antihorario hasta que la faja pierda su tensión (ver figura 53).

- Retirar la faja de las poleas y verificar que no presenten rajaduras y que estén fijadas en sus ejes.
- Con la mano hacer girar los alabes del soplador.
- Verificar que no existan ruidos inusuales.

Figura 52. **Faja de motor-soplador**



Fuente: empresa objeto en estudio.

### 2.5.7. **Instalación y tensión de la faja**

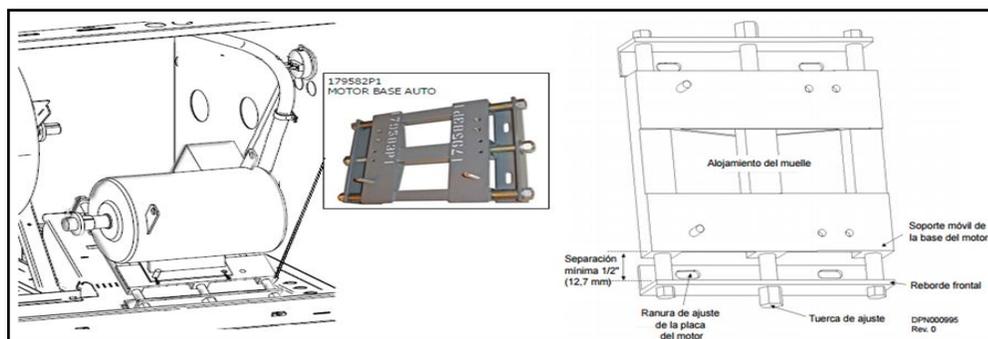
El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Seleccionar el repuesto adecuado de las correas.
- Verificar que la faja nueva tenga las mismas dimensiones y características que la faja dañada, principalmente el área transversal.
- Asegurarse de que las gargantas de la polea estén correctamente alineadas. Si es necesario ajustarlas, aflojar (no retirar) las cuatro “tuercas en las ranuras de ajuste” (ver figura 53), manteniendo la base

del motor unida a la estructura de la unidad y deslizar el conjunto de la base del motor hasta alinearla.

- Limpiar con desengrasante las poleas.
- Colocar la faja y tensarla, girando la tuerca de ajuste en sentido horario hasta que la marca de la tuerca se alinee con la marca de la base del motor.
- Asegurarse de dejar al menos un espacio libre de 12,7 mm desde el soporte móvil de la base del motor hasta el reborde frontal de la base (ver figura 53).
- La faja debe de tener un juego de 12,7 mm inferior y superior cuando se le aplica una fuerza en el centro de las dos poleas. En caso contrario, tensar por medio de la tuerca de ajuste.
- En el *display* accionar el motor-soplador por 10 minutos.
- Verificar que no existan ruidos en el soplador y en la fajas.
- Apagar el motor-soplador.
- Colocar paneles.
- Reciclar las fajas usadas.

Figura 53. **Base del motor con sistema de tensión automática**



Fuente: EMERSON. <http://applications.liebert.com/partsmanuals/ds/lds/default.htm>. Consulta: enero de 2016.

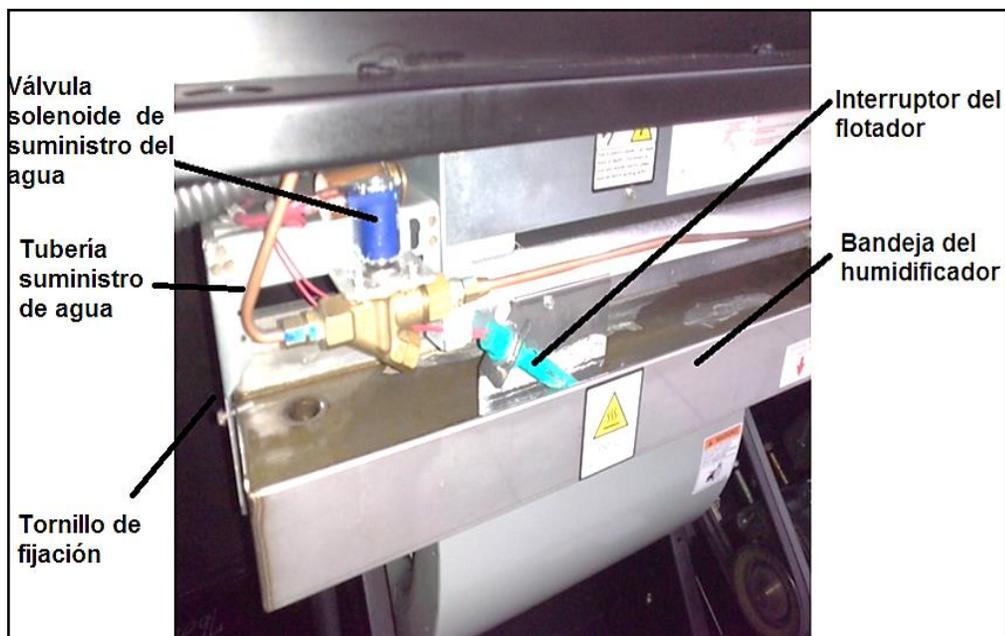
### 2.5.8. Limpieza de sistema del humidificador

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Configurar en el *display* modo manual del humidificador.
- Desmontar los paneles.
- Verificar que el agua se encuentre fría, en caso contrario, activar en el *display* la turbina por 5 minutos.
- Por medio de la bomba del condensado, drenar el agua de la bandeja del humidificador (ver figura 53).
- Desacoplar la manguera de drenado de la bandeja del humidificador.
- Inspeccionar que se encuentre en buenas condiciones.
- Quitar el termodisco de la parte inferior de la bandeja, desconectando sus conectores y retirando sus tornillos.
- Retirar los 4 tornillos de sujeción que se ubican en los laterales de la bandeja del humidificador.
- Retirar la bandeja deslizándola hacia fuera.
- Despegar el sarro adherido a los laterales y el fondo del depósito con un cepillo de alambre, si existe demasiado sarro se elimina, usando una lija 400, luego lavar con agua y jabón.
- Desmontar el flotador con su base, solamente desconectando el conector y retirar el tornillo de sujeción.
- Limpiar el sarro adherido en el interruptor de flotador y en su lámina de montaje.
- Buscar y eliminar todas las obstrucciones que encuentre en el trasiego de la tubería de descarga del condensado.

- Volver a colocar la bandeja del humidificador, el termodisco, el acoplamiento de drenaje, los tornillos en el humidificador y el interruptor de flotación.
- Inspeccionar que todos los conectores y tornillos estén bien apretados.
- Llenar la bandeja de agua por medio del *display*.
- Verificar que no existan fugas en el acoplamiento de la manguera de drenado.
- Haga funcionar el humidificador y verificar que no existan fugas.
- Verificar que en el *display* que no existan alarmas.
- Pasar de modo manual a automático.
- Colocar paneles.

Figura 54. **Humidificador infrarrojo**



Fuente: empresa objeto en estudio.

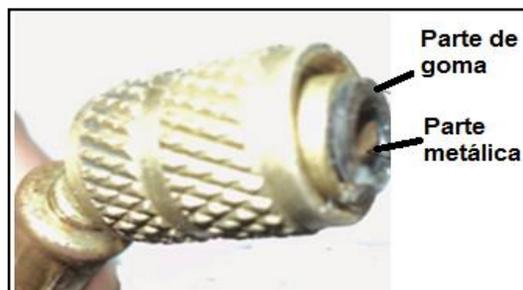
### **2.5.9. Medición de carga del refrigerante**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Desenergizar manejadora de aire.
- Desmontar paneles de la sección donde se ubica el compresor.
- Identificar los componentes principales del ciclo de refrigeración, compresor, válvula de expansión, evaporador y condensador.
- Situarse en el compresor e identificar la tubería de succión (mayor diámetro) y descarga (menor diámetro).
- Visualizar el trasiego del circuito de refrigeración.
- Identificar las válvulas de servicio, expansión, retención, solenoide y visores que conforma el circuito.
- Inspeccionar que el aislante de la tubería no esté deteriorado.
- Revisar que la tubería no presente corrosión.
- Palpar todo el recorrido del circuito en busca de fugas de refrigerante, principalmente en las uniones de tubería por soldadura, en la entrada y salida del compresor, y en los accesorios de tubería (válvulas, visores, codos, sifones).
- Si no presenta fugas, medir las presiones de succión y descarga por medio del manómetro de la siguiente manera:
  - Identificar el tipo de refrigerante.
  - Seleccionar el tipo de manómetro depende del refrigerante.
  - Verificar que el manómetro esté en buenas condiciones, principalmente en la punta de la manguera para asegurar que esté en condiciones adecuadas para que al pulsar el gusanillo de la válvula, tenga su goma y parte metálica.

- Energizar la manejadora de aire.
- Las válvulas de manifold del manómetro deben estar cerradas.

Figura 55. **Punta de manguera de manómetro**



Fuente: <http://www.aires-acondicionados.info/2014/09/como-medir-el-gas-refrigerante.html>.  
 Consulta: enero de 2016.

- Enroscar la manguera del manómetro de succión (azul) en la válvula de servicio de la entrada del compresor.
- Enroscar la manguera del manómetro de descarga (rojo) en la válvula de servicio de la salida del compresor.
- Abrir las válvulas del manifold que trae el manómetro.

Figura 56. **Manómetros para aire acondicionado**



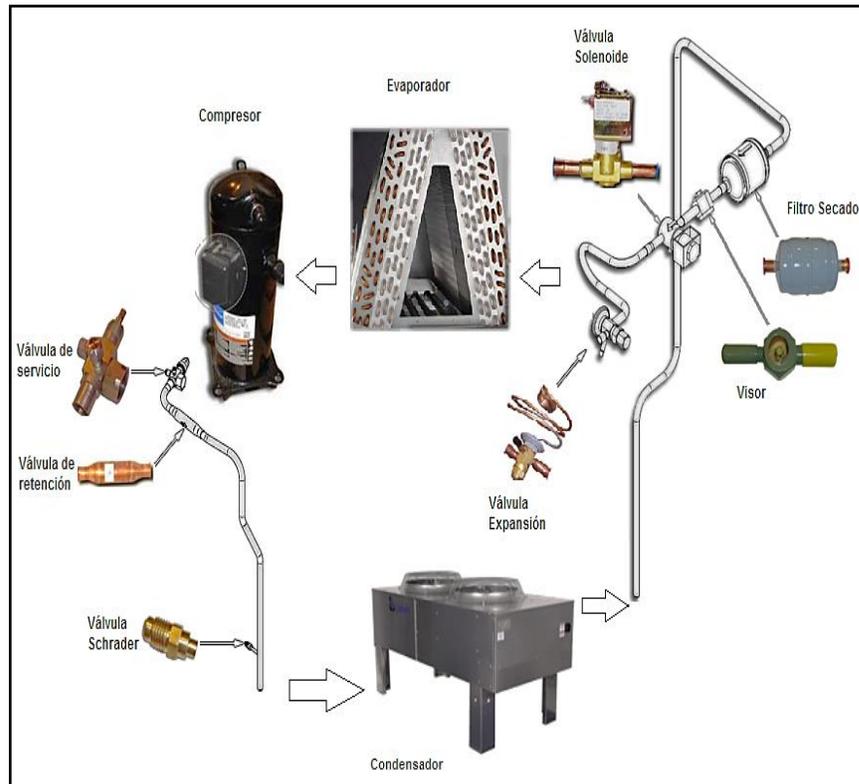
Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

- Apuntar la presión de succión y descarga que indica los manómetros.
- Comparar las lecturas de presión con las que indica el manual del fabricante.
- Esperar 10 minutos que la presión no disminuya ni aumente. Si existe una variación de presión se procede a otro tipo de detección de fugas más completo.
- Desconectar los manómetros.

Nota. Las verificaciones de fugas se realizan en forma adecuada, solo si todas las válvulas solenoides del sistema están abiertas.

- Inspeccionar que la tubería no presente vibraciones exageradas durante el funcionamiento.
- Revisar en el visor que el fluido se encuentre en estado líquido y no presente partículas que no pertenecen al refrigerante, antes de entrar en la válvula de expansión.
- Colocar los paneles en la sección del compresor.
- Limpiar y guardar la herramienta utilizada.

Figura 57. **Desglose de partes del circuito de refrigeración**



Fuente: elaboración propia, empleando Photoshop.

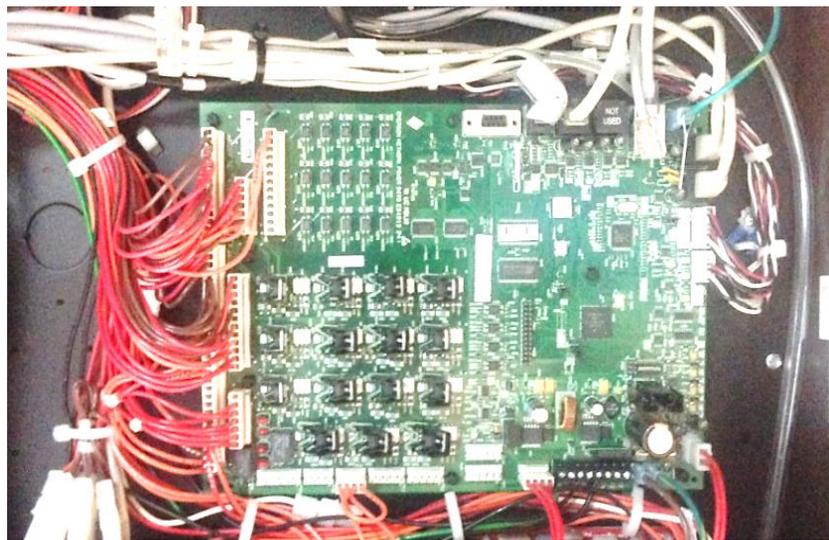
### 2.5.10. **Medición de parámetros eléctricos en la manejadora de aire**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener un exitoso mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Identificar los componentes eléctricos: fusibles principales, e individuales, contactores, interruptor de desconexión, *breakers*, tarjetas de interfaz, tarjeta de red, transformadores (ver figura 63).

- Revisar que el aislante de los cables de la tarjeta electrónica estén en buenas condiciones.
- Inspeccionar que las conexiones eléctricas no estén mal colocadas y no presenten indicios de sarro.

Figura 58. **Tarjeta electrónica**



Fuente: empresa objeto en estudio.

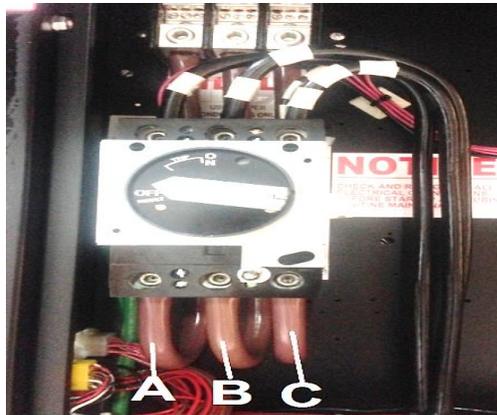
- Revisar que el sistema de tierra tenga el torque adecuado en los tornillos
- Inspeccionar visualmente el estado de los fusibles principales e individuales (ver figura 63).
- Colocar el selector del multímetro en la casilla de continuidad y medir continuidad de cada fusible.

### 2.5.10.1. Medición de voltaje en el interruptor principal

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener una exitosa medición en el mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Dentro de la caja del interruptor de desconexión, se observa un juego de tres cables que entran, y un juego de tres cables que salen. Las terminales que salen se le identificará como  $L_1 = A$ ,  $L_2 = B$  y  $L_3 = C$  (ver figura 59).

Figura 59. Interruptor de desconexión



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Ajustar el selector del multímetro digital en la posición "voltios CA"
- Colocar las puntas del multímetro en la terminal "A" y "B", la pantalla tiene que dar la lectura de  $208 \pm 3$  voltios AC.

- Repetir el paso anterior con las terminales “B”, “C” y terminales “A”, “C” tiene que dar una tensión de  $208\pm 3$  voltios AC.
- Anotar los datos en reporte de mantenimiento (ver anexos).

### **2.5.10.2. Medición de voltaje en el interruptor principal**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener una exitosa medición en el mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Proceder a medir corriente.
- Ajustar el selector del amperímetro digital de gancho a la posición amperios.
- Abrir el gancho y colocar el cable “A” dentro del gancho. En la pantalla del amperímetro indicar la cantidad de amperios que circula por el cable.
- La corriente que circula deberá de ser  $41\pm 3$  amperios.
- Repetir los pasos 7 y 8 con los cables “B” y “C”.
- Anotar las lecturas en el reporte de mantenimiento.

### **2.5.10.3. Medición de voltaje de control.**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener una exitosa medición en el mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Proceder a medir el voltaje de control.
- Colocar el selector del multímetro digital en posición de “voltios AC”.

- Colocar las puntas del multímetro digital en la salida del transformador para medir el voltaje de control.

Figura 60. **Transformador de voltaje**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- La lectura de tensión debe de ser  $24 \pm 3$  VCA.
- Anotar las lecturas en el reporte de mantenimiento.

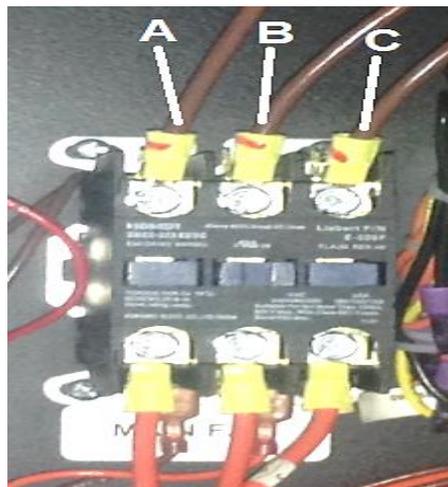
#### **2.5.10.4. Medición de corriente en el motor eléctrico**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener una exitosa medición en el mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Proceder a medir la corriente que consume el motor eléctrico que acciona los sopladores.

- Identificar el contactor que corresponde al motor eléctrico, ya sea por medio de la etiqueta de identificación o seguir el recorrido del cableado.
- En el contactor identificar los bornes principales y los de la bobina.
- Identificar los cables que entran en los bornes principales como “A”, “B” y “C”, del contactor.

Figura 61. **Contactor del motor eléctrico**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Con el gancho del amperímetro medir la corriente que circula por el cable “A” “B” y “C”.
- La lectura de corriente deberá ser de  $10 \pm 1$  amperios.
- Anotar las lecturas en el reporte de mantenimiento.

#### **2.5.10.5. Medición de corriente en el compresor**

El técnico tiene que realizar los siguientes procedimientos para obtener una exitosa medición en el mantenimiento preventivo en el aire acondicionado de precisión.

- Proceder a medir la corriente que consume el compresor del sistema de refrigeración.
- Identificar el contactor que corresponde al compresor, ya sea por medio de la etiqueta de identificación o seguir el recorrido del cableado. Se recomienda ver diagrama de control y potencia del fabricante del equipo.
- En el contactor identificar los bornes principales (control) y los de la bobina (fuerza).
- Identificar los cables que entran en los bornes principales como “A”, “B” y “C”.
- Con el gancho del amperímetro medir la corriente que circula por el cable “A” “B” y “C”.
- La corriente que consume el compresor deberá de ser de  $13\pm 1$  amperio (ver figura 62).

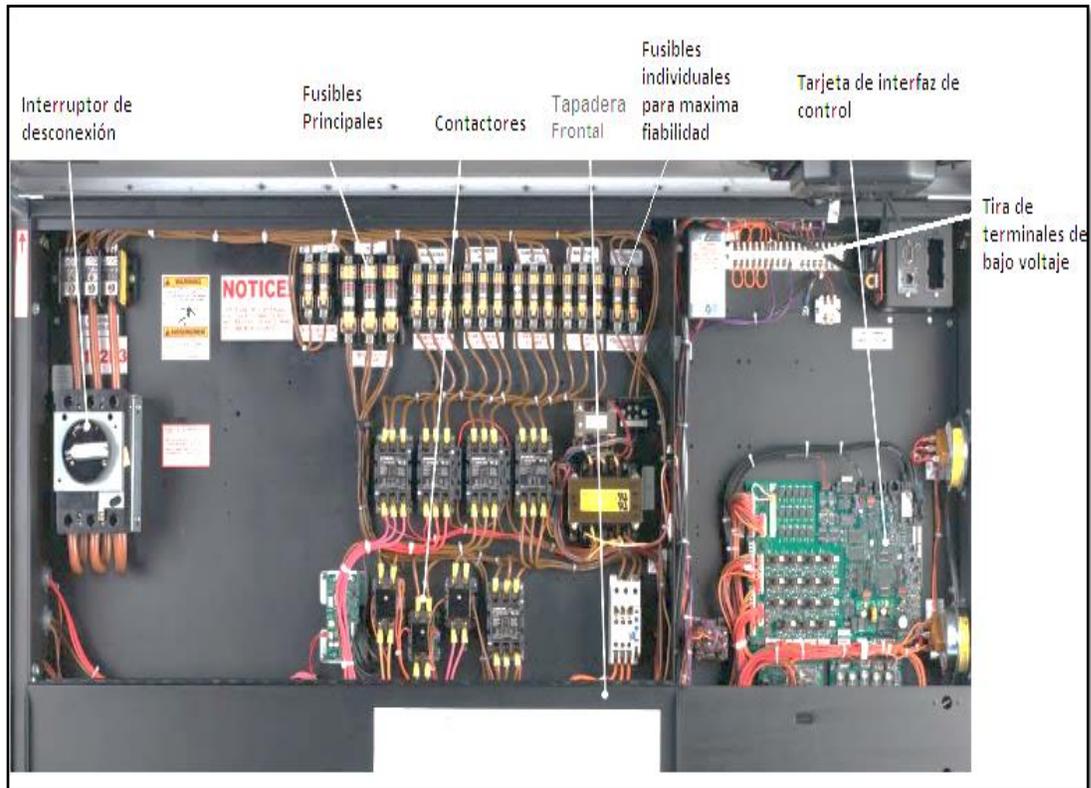
Figura 62. **Medición de corriente del compresor**



Fuente: empresa objeto en estudio.

- Anotar los parámetros medidos anteriormente en el reporte de mantenimiento.

Figura 63. **Panel eléctrico de manejadora de aire de precisión**



Fuente: empresa objeto en estudio.

## 2.6. Descripciones de fallas en motogenerador

A continuación se presenta una tabla que describe las fallas y su posible solución en el motogenerador.

Tabla VIII. Descripción de fallas

<b>Motor no gira al arrancarlo</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Batería	Vacía o defectuosa	Cargar o sustituir
	Conexiones de cable defectuosas	Comprobar el firme asiento de las conexiones de cable
Motor de arranque	Cableado del motor de arranque defectuoso	Comprobar el firme asiento de las conexiones de cable
<b>Motor gira al arrancarlo , pero no enciende</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Motor de arranque	Gira débilmente: batería vacía o defectuosa	Cargar o sustituir la batería
Sistema de combustible	Defectuoso	Purgar el aire del sistema de combustible
<b>Motor se enciende de forma irregular</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Inyección de combustible	Válvula de inyección defectuosa	Sustituir
	Bomba de inyección defectuosa	Sustituir
Sistema de combustible	Aire en el sistema de combustible	Purgar el aire del sistema de combustible
<b>Motor no alcanza el número de revoluciones nominal</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Alimentación de combustible	Filtro de combustible sucio	Sustituir
Admisión de aire	Filtro de aire sucio	Controlar la señalización del indicador de aire de depresión

Continuación de la tabla VIII.

Inyección de combustible	Válvula de inyección defectuosa	Sustituir
	Bomba de inyección defectuosa	Sustituir
Motor	Carga excesiva	Verificar la demanda de carga eléctrica
<b>Número de revoluciones de motor no es estable</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Inyección de combustible	Válvula de inyección defectuosa	Sustituir
	Bomba de inyección defectuosa	Sustituir
Sistema de combustible	Aire en el sistema de combustible	Purgar el aire del sistema de combustible.
<b>Temperatura del aire de carga demasiado alta</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Líquido refrigerante del motor	Mezcla del líquido refrigerante del motor no es correcto	Revisar hoja técnica de refrigerante
Sala de máquinas	Temperatura del aire de entrada demasiado alta	Controlar el ventilador y las conducciones de admisión y salida de aire, respectivamente
<b>Presión del aire de carga demasiado baja</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Admisión de aire	Filtro de aire sucio	Controlar la señalización del indicador de aire de depresión
Turbocompresor	Defectuoso	Realizar mantenimiento preventivo
<b>Gases de escape de color negro</b>		
<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Medida</b>
Admisión de aire	Filtro de aire sucio	Controlar la señalización del indicador de aire de depresión

Continuación de la tabla VIII.

Inyección de combustible	Válvula de inyección defectuosa	Sustituir
	Bomba de inyección de defectuosa	Sustituir
Motor	Carga excesiva	Verificar la demanda de carga eléctrica
<b>Gases de escape de color azul</b>		
Componente	Causa	Medida
Aceite de motor	Demasiado aceite de motor en el motor	Vaciar aceite del motor
	Filtros de combustible en mal estado	Sustituir
Turbo, culata, camisa de cilindro	Fugas de aceite	El supervisor deberá de avisar al servicio del fabricante
<b>Gases de escape de color blanco</b>		
Componente	Causa	Medida
Sistema de combustible	Agua en el combustible	Drenar el filtro de combustible y separador de agua.
		Cambio de filtro de combustible y separador de agua

Fuente: elaboración propia.

## 2.7. Descripciones de fallas en aire acondicionado de precisión

A continuación se presenta una tabla que describe las fallas y su posible solución en el aire acondicionado de precisión.

Tabla IX. Descripción de fallas

Síntoma	Posibles causas	Puntos a examinar o revisar
El soplador no enciende	Sin fuente de alimentación principal	Examine la tensión nominal de L1, L2 y L3 del motor eléctrico
	Sobrecarga, desconexión del interruptor	Verificar que la tensión nominal no sobrepase 215VCA
	El contactor no funciona	Revisar si existe una tensión de 24Vca en la bobina del contactor. Si existiese, pero el contactor no cierra, entonces el contactor presenta fallas, reemplazarlo.
	Falla de la placa de control	Revisar si existe una tensión de 24Vca en la bobina del contactor. Si no existiese, entonces la placa de control presenta fallas.
	Falla en la caja de fusibles	Verificar si existe una tensión de 24Vca en la bobina del contactor. Si no existiese, examine si algún fusible está quemado.
	Alarma de pérdida de flujo de aire	Revisar que la faja tenga la tensión adecuada.
El compresor no enciende	Sin energía	Revisar la tensión nominal en el interruptor de alimentación principal y que los fusibles no estén quemados.
	Conectores mal colocados	Revisar que los conectores estén bien colocados.
	Bobina del compresor en cortocircuito	Verifique el devanado del motor y reemplácelo si detecta defectos.

Continuación de la tabla IX

El contactor no cierra y el compresor no se puede encender	Falla del contactor	Examine si existe una tensión de 24Vca en la bobina del contactor. Si existiese, pero el contactor no cierra, entonces el contactor presenta fallas, reemplazarlo.
El contactor cierra y el compresor no enciende	Interruptor desconectado	Examine el interruptor y el contactor, y mida la tensión del circuito
	Sensor de temperatura interno del compresor abierto	Examine el sensor de temperatura del compresor. Si esta abierto, se restaurarán automáticamente una vez enfriado
El compresor se apaga luego de funcionar por 5 minutos.	La lectura del sensor de baja presión es incorrecta.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compruebe la presión de succión.</li> <li>2) Verifique el cable del sensor de baja presión.</li> <li>3) Verifique en el <i>display</i> si la lectura del sensor de baja presión y la presión actual son iguales.</li> </ol>
Baja presión de descarga	Pérdida de refrigerante	Ubique el punto de fuga, repárelo y agregue refrigerante
	El variador de frecuencia del condensador no responde al cambio de presión	Variador de frecuencia defectuoso, reemplazarlo.
Baja presión de succión	Refrigerante insuficiente en el sistema	Inspeccione por posibles pérdidas. Selle el punto de fuga y agregue refrigerante
	Filtro secador tapado	Reemplace el filtro secador
	Grado de sobrecalentamiento inapropiado	Regule siguiendo estrictamente los procedimientos de ajuste de la válvula de expansión termostática
	Inadecuada distribución del flujo de aire	Verifique el suministro de aire y el sistema de retorno de aire

Continuación de la tabla IX

Baja presión de succión	Baja presión de condensación	Verifique el condensador
	La faja patina	Examine la faja y realice el ajuste o reemplazo
Compresor demasiado ruidoso	Retorno de líquido	Remitirse a síntoma de baja presión de succión
	Perdida de lubricante	Agregue lubricante
Sobre temperatura del compresor	Velocidad de compresión muy alta	Verificar que los sensores de presión de baja y de alta funcionen correctamente. Verificar que los ventiladores del condensador y del evaporador funciona adecuadamente
	Temperatura de succión muy alta	Regule la válvula de expansión o agregue una cantidad adecuada de refrigerante

Fuente: elaboración propia.

### **3. FASE DE DOCENCIA**

#### **3.1. Buenas prácticas de mantenimiento**

Las buenas prácticas son medidas que se aplican en el trabajo o en la vida diaria y van dirigidas a mejorar el rendimiento. Son medidas sencillas que contribuyen también a mejorar la calidad del servicio y la competitividad.

- Descripción de capacitación

En la capacitación: crear buenos hábitos con respecto a las buenas prácticas de mantenimiento para aumentar los índices de confiabilidad y productividad de la empresa y que el personal técnico se desarrolle personalmente.

- Objetivos

- Obtener mejoras de confiabilidad y productividad en el mantenimiento preventivo.
- Desarrollo personal en los técnicos.
- Dar un mejor servicio a los clientes.

- Metodología

- Reclutamiento de personal técnico.
- Conferencias
- Mesas de trabajo

- Unidad 1

- Suministros y herramientas

Requisición suministros, requisición de herramienta, verificación que el suministro y herramienta se encuentre en buen estado y sea el solicitado.

- Unidad 2

- Equipo de protección personal

Solicitud de equipo de protección personal: para actividades especiales solicitar equipo de protección adecuada. Verificar que el equipo de protección esté en buen estado y entregarlo en las mismas condiciones.

- Unidad 3

- Manejo de información

Investigación de los equipos: consultas con el manual de fabricante de los equipos. Entrevista con el operario del equipo.

- Unidad 4

- Orden y limpieza

Buena iluminación: área de trabajo señalizada, tener la herramienta ordenada y limpia, suministros etiquetados, residuos en su lugar asignado, inspección de los equipos y reporte de anomalías en los equipos.

- Unidad 5

- Entrega de herramienta y equipo

Entregar en buen estado las herramientas y firma de requisición, entrega de trabajo realizado y firmar hoja de control, entrega de repuestos cambiados.

- Unidad 6

- Disciplina

Voluntad propia, adquirir buenos hábitos, autoevaluación.

- Calendarización

- Reunión una vez por mes.

Figura 64. **Capacitación de buenas prácticas de mantenimiento**



Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

## CONCLUSIONES

1. Efectuando un orden en los procedimientos de mantenimiento preventivo en el motogenerador y en el equipo de acondicionamiento de aire, y aplicando las buenas prácticas de mantenimiento, se obtendrá la garantía que los equipos funcionen adecuadamente y mayor fiabilidad; además reducirá las horas-hombres en cada actividad de mantenimiento.
2. Durante el funcionamiento del motogenerador y equipo de acondicionamiento de aire podrán presentarse fallas, para resolverlas, se realizaron tablas que ayudan a identificar el tipo de falla y su posible solución lo antes posible.
3. La documentación de los procedimientos de mantenimiento preventivo del motogenerador y aire acondicionado de precisión es una guía, para que el personal técnico en la empresa pueda realizar actividades de mantenimiento preventivo en forma eficiente y asegurar el buen funcionamiento de los equipos, y servirá de constancia del servicio realizado para el cliente.
4. Con este plan de mantenimiento preventivo, el motogenerador y equipo de acondicionamiento de aire tendrá un mejor control de las actividades de mantenimiento a realizar para prolongar su tiempo de vida, además se tendrá confiabilidad y disponibilidad en los equipos que conforman el *data center*.



## RECOMENDACIONES

1. El exceso de calor en un *data center* afecta negativamente el rendimiento del equipo y acorta su vida útil, Por eso es de vital importancia un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de refrigeración.
2. Para lograr un mantenimiento preventivo óptimo es indispensable que los profesionales, técnicos y ayudantes se comprometan a trabajar como un solo equipo, y de esta manera se podrá ofrecer un servicio de calidad.
3. El mantenimiento preventivo no siempre va a prevenir la falla en los equipos, cuando estos fallan inesperadamente entra el mantenimiento correctivo; para lograr realizar exitosamente esta actividad se necesita una documentación de fallas y posibles soluciones basada en equipo similares.
4. Es necesario instalar equipos de protección contra rayos y sobretensiones a la salida de cada generador. Adicionalmente al testeo de componentes individuales, el grupo generador, el UPS y el sistema de transferencia automática deben ser testeados en conjunto como sistema. También realizar pruebas de falla de suministro de energía y restauración, por lo menos una vez al mes.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CENGEL, Yunes; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2012. 1044 p.
2. *Diseño y dimensionamiento de data centers*. [en línea]. <<http://disi.unal.edu.co/~gjhernandezp/HeterParallComp/DataCenters/unal-datacenters.pdf>>. [Consulta: enero de 2016].
3. EMERSON. *Liebert Modelos DS. Manual de usuario*. 2015. 80 p.
4. \_\_\_\_\_. *Liebert Air Cooled, Direct Drive Condensers. User Manual*. 2015. 200 p.
5. *Liebert DS Parts manual*. [en línea]. <<http://applications.liebert.com/partsmanuals/ds/lds/default.htm>>. [Consulta: enero de 2016].
6. *Liebert Sistema de aire acondicionado de precisión*. [en línea]. <<http://www.emersonnetworkpower.com/esCALA/Products/PrecisionCooling/LargeRoomCooling/Documents/SL-18927-SP.pdf>>. [Consulta: enero de 2016].
7. PILOÑA ORTIZ, Gabriel. *Métodos y técnicas de investigación*. 6a ed. Guatemala: Litografía Cimgra, 2005. 280 p.
8. SDMO. *Manual de uso de los grupos electrógenos*. Power products. 2015. 340 p.

9. *Stándard TIA-942. Diseño y Cableado de un Centro de Datos.* [en línea]. <<http://es.slideshare.net/EfrenEstebanPichuchoHuera/cableado-de-un-centro-de-datosx6>>. [Consulta: febrero de 2016].

## APÉNDICE

### Plan de mantenimiento de aire acondicionado de precisión

Operación	Frecuencia(horas)																		
	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500
Inspección y limpieza del condensador		X			X			X			X			X				X	
Medición de parámetros electricos en el condensador	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Inspección en la manejadora de aire de precisión	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Reemplazo de filtros de aire								X											X
Inspección de faja	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Cambio de faja																			X
Limpieza de sistema del humidificador	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Medición de carga del refrigerante	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Medición de parámetros eléctricos de la manejadora	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X

Fuente: elaboración propia.



# ANEXO

## REPORTE DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO

UNIDAD CONDENSADORA				Rev.	Rep.	Cambio					Rev.	Rep.	Cambio
Inspección de Basura o Escombros de ventiladores y Rejillas							Inspección de estado de cojinetes de motor						
Inspección de Basura o Escombros en Serpentin							Inspección de fugas						
Inspección de Fijación de Ventiladores							Inspección de Tableros Eléctricos, Ductos y Cables						
LIMPIEZA				OK		N/A					OK		N/A
Ajuste o cambio de tornillos, tuercas y terminales de los compresores soportes de equipos y otros							Revisión, lubricación y/o instalación de chumaceras, rodamientos, cojinetes, ejes y otros						
Limpieza debajo y alrededor del equipo en un perímetro de dos metros							Limpieza del drenaje de las losas de concreto, verificar que el punto de desagüe no este obstruido.						
Limpieza interior y exterior del gabinete							Revisión, limpieza de las paletas y/o hélices de ventilador						
Limpieza del Serpentin Condensador con agua													
PARAMETROS ELECTRICOS				MEDIDO	ESPERADO		MEDIDO	ESPERADO		MEDIDO	ESPERADO		
Voltaje entre Fases						VA-B			VB-C				VA-C
Corriente						IA			IB				Ic
Voltajes de control						V			Frecuencia				Hz
Motor 1 Consumo						IA			IB				Ic
Motor 2 consumo						IA			IB				Ic
Motor 3 Consumo						IA			IB				Ic
MANEJADORA				Rev.	Rep.	Cambio					Revisión	Rep.	Cambio
Inspección de Serpentin							Inspección de Válvula de Expansión						
Inspección de Filtros de Aire							Inspección de tubo Capilar						
Inspección de Motores de Turbinas							Inspección de sistema de Drenaje						
Inspección de Contactores							Inspección de Válvula de Servicio						
Inspección de Sonda Combinada							Inspección General de Chasis						
LIMPIEZA Y AJUSTES				OK		N/A					OK		N/A
Revisión, ajuste y/o cambio de tuercas, tornillos, terminales de los compresores, carcasas, soportes de equipos, ductos, rejillas y otros.							Revisión y limpieza de la bandeja de condensación y verificar que la tubería de drenaje no este obstruida						
Revisión y limpieza de tuberías y accesorios del sistema de drenaje y verificar que el punto de desagüe no este obstruido.							Chequeo de tuberías y capilares de cobre para evitar fugas de gas por rozamiento						
Revisión, suministro, cambio, alineamiento, ajuste y regulación del tensado de las fajas.							Limpieza con aspiradora de los filtros de alta eficiencia						
Revisión, lubricación y/o cambio de chumaceras, rodamientos, cojinetes, ejes y otros.							Controlar el nivel aceite y agregar lo necesario a los compresores semi-herméticos						
Revisión, limpieza de motores eléctricos y turbinas							Limpieza interior, exterior del gabinete y secado						
Suministro de gas y recarga del refrigerante fugado							Limpieza del Serpentin Evaporador con agua						
Revisión, cambio, limpieza y lavado de los pre-filtros de malla de meta							Chequeo de válvulas solenoides, filtro secador,						
Limpieza debajo y alrededor del equipo en un perímetro de dos metros													
PARAMETROS ELECTRICOS				MEDIDO	ESPERADO		MEDIDO	ESPERADO		MEDIDO	ESPERADO		
Voltaje entre Fases						VA-B			VB-C				VA-C
Corriente						IA			IB				Ic
Voltajes de control						V			Frecuencia				Hz
Motores Consumo						IA			IB				Ic
SISTEMA DE REFRIGERACION				OK	N/A		OK	N/A		OK	N/A		
Inspección de Estado del compresor							Inspección de Contactores						
Inspección de Tubería de Alta presión							Inspección de Temporizador de Retardo						
Inspección de Tubería de Baja presión							Inspección de Válvula Solenoide						
MEDICION DE PARAMETROS				Medido	Esperado		MEDIDO	ESPERADO		MEDIDO	ESPERADO		
V de control						V			Frecuencia				Hz
Compresor 1 Consumo						IA			IB				Ic
Compresor 2 consumo						IA			IB				Ic
Compresor 1 de Alta Presión						PSIG			Compresor 1 Baja Presión				PSIG
Compresor 2 Alta Presión						PSIG			Compresor 2 Baja Presión				PSIG
Temperatura de Operación						°C   °F			% de Humedad Relativa				
HUMIDIFICADOR				OK	N/A		OK	N/A		OK	N/A		
Revisión y Limpieza de Lámpara							Inspección y Limpieza de Flote						
							Inspección y Limpieza de Bomba de Drenaje						
OBSERVACIONES													

Responsable de la Ejecución del Servicio

Nombre y Firma recepción de trabajo (Cliente)

Fuente: CESA. Departamento de Mantenimiento.

