

**INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO DE  
SISTEMA MULTI-V DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN II DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**ABEL ISAAC PINZÓN GIRALDO  
FEDOR FELIPE PEREZ ARROYO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2011**

**INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO DE  
SISTEMA MULTI-V DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN II DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**ABEL ISAAC PINZÓN GIRALDO  
FEDOR FELIPE PEREZ ARROYO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRONICO**

**Director**

**MI. JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO**

**Codirector**

**MI. OMAR ARMANDO GELVEZ A.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2011**

*A Dios por todas las bendiciones que ha traído a mi vida y por mostrarme el camino para superar este ciclo.*

*A mi madre Martha Isabel Giraldo y mi padre Abel Pinzón Páez pilares fundamental de mi vida, por su apoyo incondicional, por querer hacer de mí una mejor persona y por ser mi ejemplo de lucha, persistencia y superación.*

*A mi gran amor Zully Guillen por su apoyo, cariño y compañía en esta etapa importante de mi vida.*

*A toda mi familia, amigos y compañeros, con los cuales he vivido momentos inigualables y con quienes espero seguir compartiendo muchos más.*

*Abel Isaac Pinzón Giraldo*

*A mis Padres por ser el motor fundamental en mi vida, por su apoyo constante e incondicional, por su excelente ejemplo en cuanto a valores y respeto hacia los demás.*

*A mis Hijos, por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia se puede madurar temprano sin atrofio alguno, pero principalmente, por ser el alimento y el sustento para seguir adelante.*

*A mi Esposa, por esperar todo el tiempo que estuvimos separados por la distancia y comprender mi ausencia.*

*A mis Amigos y Compañeros, por todos esos momentos de alegría, de trabajo en equipo, de ansiedad, de comprensión y de apoyo.*

*A mi compañero y Amigo Abel Isaac Pinzón, por su apoyo en los momentos difíciles y comprender mi ausencia durante algún tiempo.*

*Fedor Felipe Pérez Arroyo*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Jehová Dios, por protegernos en todo momento de los peligros que existen.

Al MIE. José Alejandro Amaya Palacio, por su colaboración y orientación en toda la carrera y hasta el último momento de la culminación del presente Trabajo de Grado.

Al MIE. Omar Armando Gelvez, por su colaboración y sus sugerencias para culminar la presente tesis con éxito.

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirnos construir futuro y brindarnos un excelente equipo de docentes para hacer posible nuestro desarrollo profesional.

Al señor Carlos Cardozo, por el acompañamiento en el desarrollo del presente trabajo.

A los profesores Alfredo Acevedo y Jabid Quiroga, por su atención y tiempo prestado.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	17
1. PRESENTACION DEL PROYECTO	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 REFRIGERACION	21
2.1.1 Conceptos preliminares	21
2.1.2 El ciclo de refrigeración	22
2.1.3 Elementos básicos de un equipo de refrigeración	23
2.2 EL MANTENIMIENTO	24
2.2.1 Historia y evolución del mantenimiento <sup>1</sup>	24
2.2.2 Tipos de mantenimiento	30
2.2.3 Técnicas de mantenimiento	33
3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	38
3.1 DEFINICION	38
3.2 LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS DE RCM	39
3.3 FUNCIONES Y PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO	39
3.4 FALLAS FUNCIONALES <sup>6</sup>	40
3.5 MODOS DE FALLA <sup>7</sup>	41
3.6 EFECTOS DE FALLA <sup>8</sup>	42
3.7 CONSECUENCIAS DE LA FALLA <sup>9</sup>	42
3.7.1 Consecuencias de fallas ocultas	43

3.7.2 Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente	43
3.7.3 Consecuencias operacionales	43
3.7.4 Consecuencias no operacionales	43
3.8 TAREAS DE MANTENIMIENTO	44
3.8.1 Tareas “A condición”	45
3.8.2 Tareas de sustitución cíclica	45
3.8.3 Tareas de reacondicionamiento cíclico	45
3.9 ACCIONES “A FALTA DE”	46
3.9.1 Búsqueda de fallas	46
3.9.2 Mantenimiento no programado	46
3.9.3 Rediseñar	46
3.10 PROCESO DE SELECCIÓN DE TAREAS DE RCM <sup>10</sup>	47
3.11 INTERVALO P-F	48
4. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	50
4.1 Reconocimiento del equipo	51
4.2 Lectura del manual de operaciones y servicio	51
4.3 Descripción del equipo	53
4.4 Selección de la técnica de mantenimiento	57
4.5 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA RCM	57
4.5.2 Diagrama de decisión de RCM	59
4.5.3 La hoja de decisión	59
4.6 Desarrollo de las tareas correctivas	63
4.7 Identificación de los criterios y parámetros a integrar en el instructivo	66
5. CONCLUSIONES	70
6. RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFIA	73
ANEXOS	75

## LISTA DE TABLA

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Códigos imprecisos .....	52
<b>Tabla 2.</b> Ejemplo de Hoja de Información.....	58
<b>Tabla 3.</b> Ejemplo de Hoja de Decisión.....	60
<b>Tabla 4.</b> Ejemplo de Códigos de error detectados por el sistema .....	64

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Ciclo básico de refrigeración.....	22
<b>Figura 2.</b> Patrones de falla: Probabilidad de falla Vs. Vida útil.....	28
<b>Figura 3.</b> Objetivos del Mantenimiento a través del tiempo.....	30
<b>Figura 4.</b> Evolución de las Técnicas de Mantenimiento .....	30
<b>Figura 4.</b> Intervalo P-F .....	48
<b>Figura 5.</b> Diagrama de conexiones propuesto por el manual.....	55
<b>Figura 6.</b> Tarjeta de evaporadora tipo techo de una vía, vista 1 .....	55
<b>Figura 7.</b> Tarjeta de evaporadora tipo techo de una vía, vista 2 .....	56
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de diagrama de flujo para detección de la falla .....	65

## LISTA DE ANEXO

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO A.</b> Diagrama de decisiones RCM .....	75
<b>ANEXO B.</b> Hojas de Información del Sistema. ....	78
<b>ANEXO C.</b> Hojas de Decisión del Sistema. ....	88
<b>ANEXO D.</b> Instructivo de Mantenimiento .....	1

## RESUMEN

### Título:

**INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO MULTI-V DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN II DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.\***

**Autor:** ABEL ISAAC PINZÓN GIRALDO, FEDOR FELIPE PÉREZ ARROYO.\*\*

**Palabras Claves:** MANTENIMIENTO Y RCM, INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO, SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO MULTI-V, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.

### CONTENIDO:

La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander-UIS- en su propósito de gestionar la reparación y conservación de los equipos y maquinaria de las dependencias de servicio y apoyo a la universidad, requiere un instructivo de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado MULTI-V de LG instalado en el edificio de Administración II, del cual no se posee suficiente conocimiento por ser nuevo en la ciudad y por no tener un manual de mantenimiento claro y conciso.

El presente trabajo propone un instructivo de mantenimiento preventivo y correctivo que sirva de herramienta para prevenir, diagnosticar y corregir cualquier tipo de falla que se presente en el sistema.

El desarrollo del proyecto comienza con el estudio detallado de cada uno de los componentes y su función dentro del equipo. Posteriormente se selecciona y aplica una técnica de mantenimiento (*Reliability centered maintenance*) para determinar el grupo de tareas preventivas y correctivas que garantizaran la operatividad y confiabilidad del equipo. Por último, se realiza la identificación de cada uno de los códigos de error con ayuda del manual entregado por el proveedor y la descripción realizada del equipo, se proponen una serie de tareas a fin de corregir las fallas asociadas al código de error que el equipo muestra gracias a su nivel de automatización.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: MIE. José Alejandro Amaya Palacio. Codirector: MI. Omar Armando Gelvez A.

## ABSTRACT

**Title: MAINTENANCE INSTRUCTIONS FOR THE AIR CONDITIONING MULTI-V SYSTEM OF THE ADMINISTRATION BUILDING II OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER.\***

**Authors :** ABEL ISAAC PINZÓN GIRALDO, FEDOR FELIPE PÉREZ ARROYO\*\*

**Keywords :** MANTENIMIENTO Y RCM, INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO, SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO MULTI-V, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.

### CONTENTS:

Maintenance División of the Industrial University of Santander- UIS – in his intention of managing the repair and conservation of the equipments and machinery of the service and support dependences to the university, needs a instructive of maintenance for LG air conditioning Multi-V system, installed in the Administration building II, of which sufficient knowledge is not possessed for being new in the city and for not having a clear and concise maintenance manual.

This paper proposes an instructive of preventive and corrective maintenance to serve as a tool to prevent, diagnose and correct any fault that is present in the system.

The development of the project begins with the detailed study of each one of the components and his function inside the equipment. Subsequently it's selected and implemented a maintenance technique (Reliability Centered Maintenance) to determine the set of preventive and corrective tasks that ensure the operability and reliability of equipment. Finally, it makes the identification of each error codes, and using the instructions supplied by the vendor and the description of the equipment, we propose a series of task to correct the failure associated to the error code shown by the equipment thanks to his automation level.

---

\*Project grade.

\*\*Faculty of Physics and Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronics and Telecommunications engineering. Director: MIE. José Alejandro Amaya Palacio. Codirector: MI. Omar Armando Gelvez A.

## **INTRODUCCION**

La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander-UIS- en su propósito de gestionar la reparación y conservación adecuada de los equipos y maquinaria de los laboratorios y demás dependencias de servicio y apoyo a la universidad, ha empezado a trabajar el tema de elaboración de instructivos para el mantenimiento preventivo y correctivo, adecuación y mejoramiento de los circuitos de equipos eléctricos y electrónicos. Ejemplo de esto es el presente trabajo, que pretende realizar un instructivo de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado MULTI –V de LG del edificio de Administración II del campus central, del cual no se tiene conocimiento en cuanto a su funcionamiento, ni cuenta con estudios o trabajos de grados relacionados.

## **1. PRESENTACION DEL PROYECTO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El campus central de la Universidad Industrial de Santander cuenta con un servicio de refrigeración de gran potencia en las instalaciones del Auditorio Luis A. Calvo, División Financiera, Planeación, CENTIC, Bienestar Universitario, Auditorio Camacho Caro, Aula Máxima de Mecánica, edificio de Administración I y edificio de Administración II. Este Último posee un sistema de aire acondicionado MULTI-V de LG, único en el campus central. Debido a lo novedoso del mismo se tiene poca información acerca de su principio de funcionamiento y sobre las características funcionales de cada uno de sus componentes, esto conlleva a que el mantenimiento solo sea realizado por personal técnico especializado de la empresa X, causando grandes costos a la universidad en servicio técnico y creando una dependencia con la empresa prestadora del servicio, lo cual imposibilita a la División de Mantenimiento Tecnológico para dar soporte oportuno ante posibles fallas del sistema.

Un estudio completo del sistema permite describir el funcionamiento general de este y de cada uno de sus componentes principales para luego aplicar una técnica apropiada de mantenimiento, y con esto elaborar un instructivo que dote al personal de la División de Mantenimiento Tecnológico con el conocimiento y las herramientas necesarias para diagnosticar las situaciones que puedan generar fallas en el sistema.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 Objetivo general**

- Elaborar un instructivo para el mantenimiento del sistema de aire acondicionado MULTI-V de LG del Edificio de Administración II del campus central de la Universidad Industrial de Santander.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar y documentar el sistema con las medidas y pruebas realizadas por el equipo técnico especializado, identificando las variables que se miden, los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos que lo componen.
- Determinar criterios relevantes que permitan: precisar las normas de seguridad, definir los formatos para el registro de los datos de calibración y ajuste, establecer la maquinaria y los equipos a utilizar, especificar la cantidad, el cargo y el conocimiento mínimo de los técnicos que se necesitarán para hacer el mantenimiento, fijar la distribución y orden del instructivo, etc.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La Universidad Industrial de Santander en cumplimiento de su misión, participa activamente en el desarrollo económico, social y cultural del nororiente colombiano, razón por la cual en los últimos años ha venido invirtiendo tanto en la academia como en su infraestructura. Una de estas inversiones en infraestructura se realizó en el edificio de Administración II, en el que se montó un sistema de aire acondicionado MULTI-V de LG, del cual la División de Mantenimiento Tecnológico no posee conocimiento en el funcionamiento general, debido a que es un sistema nuevo en la ciudad de Bucaramanga. Agregado a esto, dicho sistema no posee un instructivo claro, conciso y de fácil manejo para su respectivo mantenimiento preventivo y correctivo, que garantice las óptimas condiciones de operación y funcionamiento del mismo.

Al llevar a cabo este trabajo de grado, la Universidad Industrial de Santander a través de la División de Mantenimiento Tecnológico, reduciría sus costos de mantenimiento, minimizará la dependencia que se tiene con la empresa contratista, maximizará el tiempo de vida del equipo y garantizará el correcto funcionamiento incluyendo la capacidad de realizar un oportuno mantenimiento en caso de fallo en el sistema.

La clave para restablecer en un tiempo rápido las condiciones de un equipo es diagnosticar la causa de la falla, y para tener éxito en el diagnóstico es necesario conocer muy bien el funcionamiento de los equipos, sus principios de operación y control. El instructivo de trabajo es una herramienta importante, para realizar el mantenimiento y por tanto el diagnóstico.

Este trabajo de grado brinda a sus autores la oportunidad de interactuar con procesos que competen a otros campos de ingeniería como es el de refrigeración, y les permite profundizar y adquirir, experiencias en áreas como electrónica industrial, instrumentación electrónica, automatización y control.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 REFRIGERACION

La refrigeración es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura de un objeto o espacio.

Entre sus aplicaciones más importantes tenemos la conservación de alimentos y el acondicionamiento de aire.

#### 2.1.1 Conceptos preliminares

- **Aire acondicionado**

El acondicionamiento de aire trata de la modificación de las condiciones del ambiente que rodea al individuo, para asegurar su comodidad. Consiste en regular las condiciones en cuanto a temperatura (calefacción o refrigeración) y humedad. Una persona se siente cómoda, si el aire que le rodea no es demasiado frío, ni demasiado caliente; ni demasiado seco o ni demasiado húmedo.

La expresión de aire acondicionado suele referirse a la refrigeración, sin embargo, esto no es correcto, ya que como se indico anteriormente también debe referirse a la calefacción.

- **Calor**

Es la transferencia de energía entre diferentes cuerpos o dos zonas del mismo cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas.

- **Transferencia de calor**

Es la transferencia de energía que siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja. Esta transferencia se detiene cuando ambos alcanzan la misma temperatura.

- **Frio**

Es simplemente la usencia de calor parcial o total.

- **Presión**

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa.

**2.1.2 El ciclo de refrigeración.** El método de refrigeración generalmente usado es el de compresión mecánica, que consiste en la realización de un proceso cíclico de transferencia de calor del interior de un espacio al exterior del mismo, como se explica a continuación.

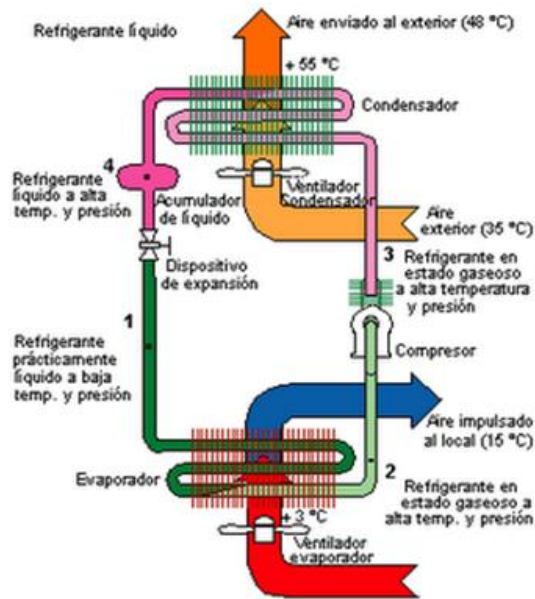


Figura 1. Ciclo básico de refrigeración.

Fuente: <http://www.construccion.uniovi.es/area/EcoCLIMA/images/AFIG1.GIF>

El proceso inicia en el compresor. Este es el encargado de hacer circular el refrigerante por el sistema y crear una diferencia de presión entre evaporador y el condensador.

El ciclo comienza cuando el compresor succiona vapor a baja presión y lo descarga como vapor a alta presión. Este vapor es expulsado al condensador a mucha presión, donde las moléculas del gas a alta presión son forzadas a unirse, por lo que pierden energía en forma de calor. Cuando las moléculas se han unido lo suficiente, y el calor se ha transferido al aire circundante de la condensadora, el refrigerante cambia de gas a líquido. Este refrigerante líquido pasa por el filtro deshidrator que limpia el refrigerante de partículas extrañas y agua para luego entrar a la válvula de expansión. Esta válvula por medio de un orificio autoajustable limita el paso del refrigerante, creando una significativa caída de presión, de manera que al salir de la válvula, el refrigerante se encuentra en el evaporador con una baja presión.

Al estar libre de presión, el refrigerante empieza a evaporarse, cambiando su estado de líquido a gas. En esta parte del proceso, el refrigerante absorbe calor mientras se evapora, dejando tras de sí un espacio frío que será utilizado para refrigerar el objeto o la habitación. En este punto el refrigerante ha llegado al final del ciclo y está listo para volver empezar.

### **2.1.3 Elementos básicos de un equipo de refrigeración**

Como puede apreciarse en la figura 1, los elementos básicos de un equipo de refrigeración son:

- **El evaporador:** Es el dispositivo donde se vaporiza por completo el líquido refrigerante, al absorber el calor del aire circundante dejando tras de sí un

espacio de aire frío que con ayuda del ventilador fluirá hacia el espacio a refrigerar.

- **El condensador:** Es el dispositivo donde se condensa el gas refrigerante comprimido proveniente del compresor. En el interior de este el vapor refrigerante caliente se enfría conforme transfiere su calor al aire circundante por conducción, a través de sus paredes metálicas. Conforme el calor es cedido por el refrigerante en forma de vapor de elevada presión y temperatura, su temperatura desciende al punto de saturación y el vapor se condensa convirtiéndose en líquido.
- **El compresor:** Los compresores son los encargados de hacer circular el refrigerante por el sistema y crear una diferencia de presión entre evaporadoras y condensadora. Succionan el refrigerante en forma gaseosa y a baja presión y lo descargan como vapor a alta presión y alta temperatura para facilitar la condensación que se lleva a cabo en el condensador.
- **Dispositivo de expansión:** Es un dispositivo cuya función es la de disminuir la presión del líquido refrigerante proveniente del condensador hacia el evaporador para facilitar su evaporación.

## 2.2 EL MANTENIMIENTO

### 2.2.1 Historia y evolución del mantenimiento<sup>1</sup>

El primer tipo de mantenimiento que se utilizó fue el conocido como “Mantenimiento de Ruptura o Reactivo” y se usaba cuando ya era imposible hacer funcionar el equipo.

Fue solo hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses inician un nuevo concepto de mantenimiento que se basaba simplemente en seguir las indicaciones estipuladas por el fabricante acerca de los cuidados que se debían tener con la operación y mantenimiento del equipo.

Esta nueva tendencia se llamo “Mantenimiento Preventivo”. Como resultado los gerentes de planta se interesaron en desarrollar programas para lubricar y hacer observaciones claves para prevenir daños al equipo.

Este tipo de mantenimiento aunque produjo beneficios era una alternativa costosa, ya que muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado mucho más tiempo.

Los tiempos cambiaron y así mismo las necesidades, en 1960 nuevos conceptos se establecieron, “Mantenimiento productivo” fue la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron mayores responsabilidades a las personas relacionadas con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta.

Diez años después, tomo lugar la globalización del mercado creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares de “clase mundial” en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema mas dinámico tomo lugar. Apareció TPM como un concepto de mejoramiento continuo que probo ser efectivo, primero en Japón y luego de vuelta a América (donde el concepto fue inicialmente concebido, según algunos historiadores). Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada maquina. TPM son las siglas en ingles de Mantenimiento Productivo Total, también llamado mantenimiento de Participación Total o Mantenimiento Total de la Productividad.

Hoy en día las estrategias de mantenimiento esta encaminadas a garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de las unidades, equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costos de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente.

Los factores críticos de éxito de la gestión del mantenimiento son la disponibilidad y la eficiencia, que van a indicarnos la fracción de tiempo en que las unidades o equipos están en condiciones de servicio y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.

En los últimos años se ha vivido un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento.

Hasta finales de la década de los 90 se hablaba de solo tres generaciones del mantenimiento, donde los desarrollos alcanzados en la tercera generación incluían:

- Herramientas de ayuda a la decisión. Como estudios de riesgo, modos de falla y análisis de causas de falla.
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición.
- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la confiabilidad.
- Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

A estos usos, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías de mantenimiento hasta nuestros días, de tal forma que actualmente se puede hablar de una “cuarta generación” del mantenimiento.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallas utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias de la falla, sino que se debe encontrar la causa de esa falla para eliminarla y evitar así que se repita.

Asimismo surgen dos temas dentro del mantenimiento actual cuya importancia ha aumentado en los últimos años:

**LA GESTION DEL RIESGO.** Cada día cobra más importancia la identificación y control de los posibles sucesos que presentan una baja probabilidad pero consecuencias graves, sobre todo en organizaciones que operan en industrias con riesgo. El mantenimiento se está viendo como un participante clave en este proceso.

En el pasado, este tipo de sucesos se controlaba simplemente con una extensión de los sistemas de gestión de seguridad y medio ambiente implantados en cada empresa. Sin embargo, existe una creciente percepción de que la aplicación de estos sistemas de gestión a los sucesos de “baja probabilidad/consecuencias graves” no es efectiva, por lo que es necesario desarrollar otras metodologías.

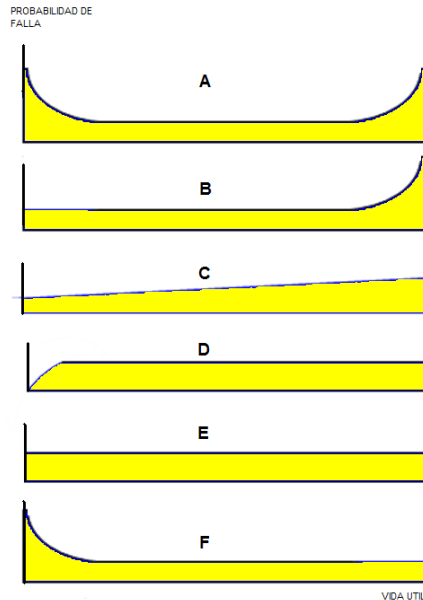
**PATRONES DE FALLA.** Las nuevas investigaciones han cambiando muchas de las tradicionales creencias sobre la relación existente en una maquina entre el envejecimiento y la falla.

Se ha demostrado que para muchos equipos existe muy poca relación entre el tiempo de operación y la probabilidad de falla.

El enfoque inicial del mantenimiento suponía que la probabilidad de que una maquina falle aumenta según el tiempo de operación, siendo mayor la probabilidad de falla en la vejez de la maquina.

La segunda generación de mantenimiento introdujo el concepto de falla con una curva de bañera, existiendo por tanto, más probabilidad de falla durante el principio y el final de su vida útil. En el mantenimiento actual se plantean seis

patrones diferentes de falla, según el tipo de máquina que se esté usando como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Patrones de falla: Probabilidad de falla Vs. Vida útil

El patrón A es conocido como curva de la “bañadera”. Comienza con una gran probabilidad de falla (llamada mortalidad infantil) seguida de un bajo nivel de fallas aleatorias, terminando en una zona de desgaste.

El patrón B muestra una probabilidad de falla de lento incremento y que termina en una zona de desgaste.

El patrón C muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente, pero no tiene una edad de desgaste claramente identificada.

El patrón D muestra una baja probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo y luego un veloz incremento hasta un valor constante.

El patrón E muestra una probabilidad de falla constante a todas las edades (falla aleatoria).

El patrón F muestra una alta mortalidad infantil seguida de un comportamiento aleatorio de la probabilidad de falla.

Para los patrones de falla A, B y C, la probabilidad de falla aumenta con la edad hasta alcanzar un punto en el que es conveniente reemplazar el componente antes de que falle y así reducir su probabilidad de falla. En el caso de los componentes que presentan una probabilidad de falla como el patrón E, reemplazar el componente no mejorara en ningún caso su confiabilidad, ya que el nuevo elemento tendrá la misma probabilidad de falla que el antiguo.

Si el patrón de falla al que se ajusta el componente es el F, reemplazar el elemento a intervalos fijos por un componente nuevo, no solo no mejorara la confiabilidad, sino que aumentara la probabilidad de falla, ya que en la infancia presenta más mortalidad que en la vejez.

De la figura 2 se puede observar que más del 50% de los componentes presentan fallas en la infancia. Esto quiere decir que cada vez que se repara o reemplaza un componente, las posibilidades de falla prematura debido a esa operación de mantenimiento son muy elevadas. Entre las posibles explicaciones a este hecho se encuentran los errores humanos, los errores de diseño o errores en las piezas.

A modo de resumen de todos los cambios en las perspectivas del mantenimiento, a continuación se presenta en forma grafica la evolución de los objetivos y técnicas de mantenimiento durante el último siglo:



**Figura 3.** Objetivos del Mantenimiento a través del tiempo



**Figura 4.** Evolución de las Técnicas de Mantenimiento

## 2.2.2 Tipos de mantenimiento

Existen cuatro Tipos reconocidos de mantenimiento: Predictivo, Preventivo, Correctivo y Defectivo.

### **2.2.2.1 Mantenimiento predictivo o a condición**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la maquina examinada, mientras esta se encuentra en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros o variables (temperatura, vibración, consumo de energía) más importantes del equipo.

El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnostico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos de mantenimiento.

La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, instrumentos y en contratación de personal calificado.

Para este tipo de mantenimiento se utilizan técnicas como:

- El análisis de Fourier (para análisis de vibraciones )
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas entre otros )
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

### **2.2.2.2 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o de trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o

componente. Estas tareas solo son validas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento.

### **2.2.2.3 Mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura**

Si se dice que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva), para manejar una falla, sino que reparara la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. ¿Cuándo conviene este tipo de mantenimiento? Cuando el costo de la falla (directos o indirectos) es menor que el costo de la prevención, o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no justifica realizar un rediseño del equipo.

Esta opción solo es válida en caso de que la falla no tenga consecuencias sobre la seguridad o medio ambiente.

### **2.2.2.4 Mantenimiento defectivo o búsqueda de fallas**

El mantenimiento defectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento defectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo).

Por lo tanto, el mantenimiento defectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se le falla búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo en el cual se realiza esta tarea se le llama intervalo de búsqueda o de fallas. Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento defectivo.

### 2.2.3 Técnicas de mantenimiento

Hoy en día existe infinidad de diferentes herramientas, técnicas, metodológicas y filosóficas de mantenimiento. Algunas de las más utilizadas entre otras pueden ser:

- ❖ Mantenimiento Autónomo / Mantenimiento Productivo Total (MTP)
- ❖ Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO)
- ❖ Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) // (MCC)
- ❖ Inspección Basada en Riesgo (MBR)
- ❖ Análisis Causa Raíz (ACR)

En efecto la mayoría de estas técnicas para mejorar la confiabilidad se pueden dividir en dos.

**Métodos proactivos:** Aquí se encuentran los que buscan la mejora de la confiabilidad mediante la utilización de técnicas que permitan la paulatina eliminación de las fallas tanto crónicas como potenciales. Claros ejemplos son el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y el Mantenimiento Productivo Total.

**Métodos reactivos:** Estos son los que buscan de una manera rápida y eficaz la solución de problemas cotidianos y evitar repetición de eventos mayores. En líneas generales se trata de métodos sobretodo “post-mortem”. Actualmente su mejor exponente es el Análisis Causa Raíz.

### **2.2.3.1 Mantenimiento productivo total (TPM)<sup>2</sup>**

Conocido por los grandes beneficios que ha obtenido en empresas manufactureras. Demostró su poder en Japón y ha comenzado a diseminarse a lo largo del mundo. Hace un gran esfuerzo en el trabajo en equipo. Se apoya fuertemente en limpieza y lubricación como fuentes que eliminan problemas crónicos. Requiere de una profunda cultura de trabajo en equipo y sentido de propiedad de los bienes por parte de los trabajadores.

Está muy ligado a los conceptos de mejoramiento continuo de la calidad y filosofías cero defectos. Difícil de implementar en empresas de procesos, debido en muchos casos a lo ambiguo que resultan los conceptos de calidad y defectos, por otra parte el problema cultural puede entorpecer la implantación a niveles de frustración.

Donde se ha logrado su implantación exitosa, se han tenido grandes logros respecto a seguridad, ambiente confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento.

### **2.2.3.2 Mejoramiento de la confiabilidad operacional (MCO)**

Esta técnica fue desarrollada, con la intención de agrupar las mejores prácticas de mantenimiento y operación, con una orientación al negocio. Reconoce las limitaciones que el mantenimiento como función tiene para lograr una confiabilidad adecuada de las instalaciones.

Se fundamenta en tres puntos importantes:

- **DIAGNOSTICO:** Aquí mediante uso de técnicas asociadas al manejo de riesgo se cuantifican las oportunidades a corto plazo (reactivas) y mediano largo plazo (proactivas). Como resultado se obtiene una jerarquía de implementación.

Aquí se hace uso de herramientas de análisis de criticidad y de oportunidades perdidas (a modo de ejemplo), estas permiten establecer las oportunidades de mejoramiento y que herramientas de control podrían usarse para capitalizar las oportunidades halladas.

- **CONTROL:** Aquí se usa el RCM (que combina algunas ventajas del TPM con el RCM) como técnica proactiva y el ACR como técnica reactiva. Como resultado se obtiene una serie de tareas de mantenimiento, operaciones, rediseños a ejecutar para mejorar el desempeño.

Estas técnicas de control por lo general son técnicas de tipo cualitativo y basadas en reglas fijas para la toma de decisión (por ejemplo diagramas lógicos).

- **OPTIMIZACION:** Aquí mediante el uso de herramientas avanzadas de cálculo costo riesgo se hallan los intervalos óptimos de mantenimiento, paradas de plantas, inspecciones, etc. Se trata de técnicas del tipo numérico e involucran el modelado de los equipos y / o sistemas.

Los resultados de implementar estas herramientas de esta manera son impresionantes en diversas industrias. Grandes resultados se han encontrado en centrales eléctricas con la implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y con el Análisis Causa Raíz. Un requisito que no debe dejarse de cumplir es el establecimiento previo de prioridades antes de la ejecución de ambas técnicas (simultaneas).

### **2.2.3.3 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)<sup>3</sup>**

Esta técnica surge a finales de los años setenta como respuesta al incremento de costos y actividades del mantenimiento de las aeronaves (básicamente preventivo). En esta industria demuestra ser muy valioso, no solo bajando los

costos y actividades de mantenimiento, sino que además mejora los niveles de confiabilidad, disponibilidad y seguridad.

Estos éxitos los hicieron apetecibles a otras industrias, como la militar, la petrolera y de generación de electricidad.

Esta técnica se basa en seleccionar mantenimiento solo donde las consecuencias de las fallas así lo requieren, para esto se necesita hacer un estudio de todas las funciones, fallas, modos y consecuencias de las fallas, para luego decidir dónde y qué tipo de mantenimiento hacer.

Establece un orden de prioridades: la seguridad y ambiente, producción y costos de reparación. Esto ha hecho que sea una herramienta valiosa en las industrias que requieren elevados niveles de seguridad, generando a cambio de los esfuerzos, buenos resultados.

#### **2.2.3.4 Inspección basada en riesgo (RBI)**

La Inspección basada en Riesgos (RBI) es un proceso que identifica, evalúa y realiza un mapeo de los riesgos industriales (debido a corrosión y grietas por esfuerzo), los cuales pueden comprometer la integridad del equipo, tanto en equipo presurizado como en elementos estructurales. La Inspección basada en Riesgos (RBI) trata sobre riesgos que pueden ser controlados a través de inspecciones y análisis apropiados.

Durante el proceso de Inspección basada en Riesgos (RBI), los ingenieros diseñan estrategias de inspección (qué, cuándo, cómo inspeccionar) que coinciden de la manera más eficiente con los mecanismos de degradación proyectado u observados.

#### **2.2.3.5 Análisis causa raíz (RCA)**

Es un proceso de deducciones lógicas que permite obtener las relaciones causa-efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz.

Utiliza gran variedad de técnicas y su selección depende del tipo de problema y datos disponibles:

- ✓ Análisis causa-efecto
- ✓ Árbol de fallo
- ✓ Diagrama de espina de pescado
- ✓ Software de RCA que ayudan a la construcción del árbol de fallos y a la documentación del proceso

Su valor no solo reside en la eliminación de grandes eventos, sino en la eliminación de eventos crónicos, que tienden a devorar los recursos de mantenimiento; al eliminar paulatinamente los problemas crónicos y pequeños, este genera tiempo para análisis más profundo (RCM por ejemplo).

### 3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

#### 3.1 DEFINICION

El mantenimiento centrado en confiabilidad se define como: “un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”<sup>4</sup>.

La filosofía de RCM se centra en establecer las actividades más efectivas de mantenimiento para un sistema con condiciones de trabajo definidas, en función de la criticidad de los activos de dicho sistema, teniendo en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de falla de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

Según la norma SAE (*Society of Automotive Engineers*) para que un proceso de mantenimiento se considere como un proceso de RCM, este proceso debe tener los siguientes elementos:

- Definición del equipo o del sistema.
- Definición de funciones del equipo.
- Descripción de las fallas funcionales.
- Descripción de los modos de falla.
- Descripción de los efectos de la falla.
- Aplicación lógica de RCM: Metodología para elegir las acciones más apropiadas de mantenimiento y las frecuencias de aplicación.
- Documentación del programa de mantenimiento.

### **3.2 LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS DE RCM**

Los elementos determinados por la norma SAE se basan en las siete preguntas básicas que sirven de fundamento al proceso de RCM:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse sino se encuentra una tarea proactiva adecuada?

### **3.3 FUNCIONES Y PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO**

Según Ellman, <sup>5</sup> antes de poder definir qué proceso aplicar para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga y asegurar que sea capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por eso el primer paso es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados.

Una vez definidas las funciones, se clasifican como:

**Funciones primarias:** Este tipo de funciones resume el por qué de la adquisición del activo en primera instancia. Cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad del producto y servicio al cliente.

**Funciones secundarias:** Este tipo de funciones reconoce que se espera de cada activo más allá que simplemente cubrir sus funciones primarias.

Este paso de definir las funciones del activo permite que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable (muchas veces acerca del funcionamiento real del equipo).

### **3.4 FALLAS FUNCIONALES<sup>6</sup>**

Una vez definidas y clasificadas las funciones y estándares de funcionamiento, el siguiente paso es identificar como puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones.

Esto lleva al concepto de falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, necesitamos identificar que fallas pueden ocurrir. Para esto se identifican las circunstancias que llevaron a la falla y los eventos que pueden causar que el activo falle.

Sumado a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona pero con un nivel de desempeño inaceptable. Evidentemente estas solo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

### **3.5 MODOS DE FALLA<sup>7</sup>**

Luego de identificar cada falla funcional, el próximo paso es identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. Los modos de falla “razonablemente posibles” incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes , así como fallas que aun no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de falla en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debe incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento), y errores de diseño.

También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado es igualmente importante asegurarse de no malgastar tiempo en el análisis al concentrarse demasiado en los detalles.

### **3.6 EFECTOS DE FALLA<sup>8</sup>**

El cuarto paso en el proceso RCM consiste en hacer un listado de los efectos de falla, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla. Esta descripción debe incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- De qué manera afecta la producción o las operaciones (si las afecta).
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

Este proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el desempeño y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio.

### **3.7 CONSECUENCIAS DE LA FALLA<sup>9</sup>**

El próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y cuánto importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de la falla determinan si se necesita tratar de prevenirlas. Si la respuesta es positiva, también sugiere con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas, en otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias haremos un gran esfuerzo por intentar evitarla, mientras que si tiene consecuencias leves o no las tiene quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básica.

RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos, de la siguiente manera.

### **3.7.1 Consecuencias de fallas ocultas**

Las fallas ocultas no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas ocultas, primero reconociéndolas como tales , en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

### **3.7.2 Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente**

Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

### **3.7.3 Consecuencias operacionales**

Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuánto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

### **3.7.4 Consecuencias no operacionales**

Las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, solo se relacionan con el costo directo de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de limpieza y lubricación.

### **3.8 TAREAS DE MANTENIMIENTO**

La mayoría de las personas piensan que la mejor manera de aumentar la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento en forma rutinaria, basándose en la creencia que siempre hay conexión entre la confiabilidad y la edad operacional, de manera que cuanto más seguido un elemento es cambiado o reparado, menos posibilidad tiene de fallar. Sin embargo en la actualidad esto es cierto en muy pocos casos, a menos que exista un modo de falla dominante relacionado con la edad, los límites de edad tienen que ver poco o nada con mejorar la confiabilidad de los componentes complejos. De hecho se considera que las reparaciones pueden en realidad aumentar los promedios de fallas generales al introducir la mortalidad infantil en sistemas que de otra manera serían estables.

Este hecho ha persuadido a muchas organizaciones a abandonar la idea de mantenimiento sistemático. De hecho esto es lo mejor que se puede hacer para fallas con consecuencias insignificantes. Sin embargo cuando las consecuencias son significativas se debe hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos tratar de reducir las consecuencias. Por esta razón RCM establece un conjunto de

tareas proactivas cuya función es la de prevenir que el activo llegue a su estado de falla.

Este tipo de tareas preventivas se dividen en tres categorías como siguen:

### **3.8.1 Tareas “A condición”**

Estas se hacen con el fin de detectar una falla que está en proceso de ocurrir y así evitar que esta suceda. Estas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir (condiciones físicas identificables).

Se llaman así porque los elementos que se inspeccionan se dejan en servicio a condición de que continúen cumpliendo con los parámetros de funcionamiento especificados. También se conoce como mantenimiento predictivo, porque se trata de predecir si, y posiblemente cuando el elemento va a fallar basándose en su comportamiento actual.

### **3.8.2 Tareas de sustitución cíclica**

Consiste en descartar un elemento o componente antes o en límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento.

### **3.8.3 Tareas de reacondicionamiento cíclico**

Consisten en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en límite de edad definido independientemente de su condición en ese momento.

### **3.9 ACCIONES “A FALTA DE”**

Cuando las tareas proactivas nombradas anteriormente no satisfacen las necesidades del usuario, es decir por algún motivo no se encuentran tareas proactivas para la falla ocasionada o el costo de implementación es muy alto y no vale la pena realizar una tarea proactiva, RCM propone tres acciones para solucionar el problema.

#### **3.9.1 Búsqueda de fallas**

Consiste en revisar las funciones periódicamente para determinar si han fallado (mientras que las tareas “a condición” consisten en revisar si algo está por fallar).

#### **3.9.2 Mantenimiento no programado**

Aquí no se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla a los que se aplica. De este modo se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. Este tipo de tareas también son llamadas mantenimiento correctivo o “a rotura”.

#### **3.9.3 Rediseñar**

Un rediseño puede ser un cambio físico al equipo, cambios en la operación, capacitación, procedimientos y tipos de abastecimiento.

En el caso de consecuencias que afecten la seguridad o el ambiente, se tiene que rediseñar. En el caso de consecuencias relacionadas con la producción, se puede escoger rediseñar o permitir que funcione a hasta que falle, dependiendo de la parte económica asociada.

### 3.10 PROCESO DE SELECCIÓN DE TAREAS DE RCM<sup>10</sup>

Un punto fuerte del RCM es la manera en que provee criterios simples, precisos y fáciles de entender, para decidir cuál de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto (si alguna lo es), y para decidir quién y con qué frecuencia debe hacerla.

La esencia del proceso de selección de tareas es el siguiente:

**Para fallas ocultas**, la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función a un nivel tolerable. Si esto no es posible, debe realizarse una tarea de búsqueda de falla. De no hallarse una tarea de búsqueda de falla adecuada, la decisión “a falta de” debe ser rediseñado.

**Para fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad**, una tarea proactiva solo vale la pena si por sí sola reduce el riesgo de la falla a un nivel muy bajo, o directamente lo elimina. Si no puede encontrarse una tarea que reduzca el riesgo a niveles aceptablemente bajos, entonces el componente debe ser rediseñado o debe modificarse el proceso.

**Si la falla tiene consecuencias operacionales**, una tarea proactiva solo vale la pena si el costo total de realizarla a lo largo de un cierto periodo de tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo. En otras palabras, la tarea debe tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, la decisión “a falta de” inicial es ningún mantenimiento programado. Si las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión “a falta de” secundaria es nuevamente el rediseño.

**Si la falla tiene consecuencias no operacionales**, solo merece la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo de un periodo de tiempo es menor el costo de la reparación en el mismo tiempo. Entonces estas tareas también deben tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, la decisión “a falta de” inicial es ningún mantenimiento programado, y si los costos son demasiado elevados entonces la siguiente decisión es el rediseño.

Este enfoque hace que las tareas proactivas solo se definan para las fallas que realmente lo necesitan, lo que a su vez logra reducciones sustanciales en la carga de trabajos de rutina. Menos trabajo de rutina significa también que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo.

### 3.11 INTERVALO P-F

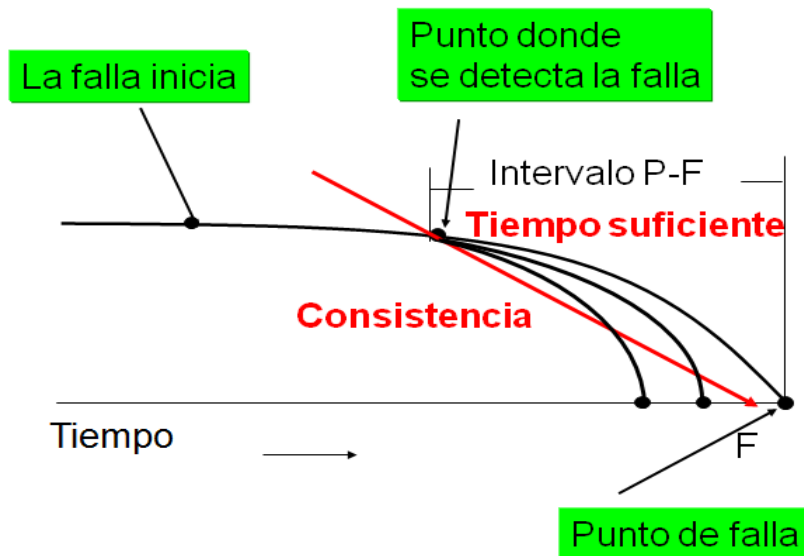


Figura 4. Intervalo P-F

El intervalo P-F es el intervalo entre el momento que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta convertirse en una falla funcional. Este nos permite determinar con qué frecuencia deben realizarse las tareas "A condición". Si queremos detectar la falla potencial antes de que se convierta en falla funcional, el intervalo entre las revisiones debe ser menor al intervalo P-F.

Puede ser medido en cualquier unidad que provea una indicación de la exposición al esfuerzo (tiempo en funcionamiento, unidades de producción, ciclos de arranque parada, etc.), pero por razones prácticas, casi siempre es medido en términos de tiempo transcurrido. Para distintos modos de falla varía de fracciones de segundo a varias décadas.

#### **4. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO**

Esta sección presenta la metodología seguida para cumplir con el objetivo de este proyecto de desarrollar un instructivo de mantenimiento para el aire acondicionado de sistema MULTI-V del edificio de administración II.

##### **Metodología**

Los pasos que se siguieron para la elaboración del instructivo fueron:

1. Reconocimiento físico y familiarización con el equipo, en compañía de los técnicos encargados de su puesta en servicio y correcta operación.
2. Lectura del manual de operación y servicio.
3. Estudio y descripción detallada del equipo y cada uno de sus componentes.
4. Selección de la técnica de mantenimiento a utilizar, con el fin de obtener de una manera fundamentada el conjunto de tareas que integran el instructivo.
5. Desarrollo de la metodología seleccionada en el paso anterior (RCM)
6. Desarrollo de las tareas correctivas, basadas en los códigos de error detectados por el sistema.
7. Identificación de los parámetros a integrar en el instructivo y desarrollo del mismo.

#### **4.1 Reconocimiento del equipo**

Este fue el primer paso en el desarrollo del instructivo. Aquí en compañía del director del proyecto y el técnico de la empresa X, se hizo una visita a las instalaciones del edificio de administración II, con el fin de conocer el equipo.

Se logró la identificación visual y algunas especificaciones técnicas que sirvieron para empezar la recopilación de información en los manuales del fabricante, textos, artículos, páginas web y manuales de otros fabricantes.

#### **4.2 Lectura del manual de operaciones y servicio**

En este paso se procedió a leer detenidamente el manual de servicio y operación entregado por el fabricante. Se encontró que el manual está dividido en tres partes, la primera detalla la forma de instalación del equipo, la segunda brinda una breve descripción de las tarjetas electrónicas del equipo y la última presenta una guía para la solución de fallas asociadas a los códigos de error que muestra el sistema.

La primera falencia encontrada fue la falta de información con respecto a muchos de los elementos que conforman el equipo como por ejemplo, los compresores, las válvulas de inyección de líquido, la válvula *Bypass*, la válvula de expansión electrónica, los sensores de presión, los switch de presión, el calentador del cárter, el circuito de subenfriamiento, los separadores de aceite, la bomba de succión y el módulo IPM del que se habla mucho, pero poco o nada sobre su funcionamiento.

Luego leyendo la guía de solución de fallas, se encontró información sin claridad y de poca utilidad. A continuación se presentan unos ejemplos:

**Tabla 1.** Códigos imprecisos

ERROR	PARTE DE LA SOLUCION PROPUESTA POR EL MANUAL
03	Verifique el punto de conexión del control remoto alambico
04	Verificar el funcionamiento apropiado de la bomba de condensados en caso de cualquier fuga de agua
24	Reemplace la válvula Check
33	Verificar las válvulas LEV, Hot gas y válvula de inyección de liquido
52	Verifique que el LED color naranja este parpadeando
62	Verificar si el IPM del ventilador esta normal

FUENTE: Manual de servicio del sistema MULTI-V

Como puede apreciarse en la tabla anterior la información suministrada por el manual, en muchos casos es imprecisa y mas allá de generar solución puede generar más confusión y preguntas como:

¿Cuál y donde queda el control remoto alambico?

¿Qué es una bomba de condensados y en que parte del sistema esta?

¿Sí encuentro la bomba de condensados como la verifico?

¿Cómo identifico la válvula *Check*?

¿Cuáles son y como reconozco las válvulas LEV, Hot gas y de inyección de liquido?

¿Cuál LED de color naranja?...hay verdes y amarillos... ¿será el amarillo?...¿Pero cuál de todos si hay tres?

¿Cuál es el IPM del ventilador y en que parte del sistema esta?

Preguntas como estas no son respondidas en el manual. Sin embargo, cabe anotar que aunque mucha de la información del manual es imprecisa, este fue en gran parte la base y el soporte del mantenimiento correctivo del instructivo. Con ayuda de la descripción detalla y el estudio del funcionamiento del equipo, se pudo aclarar y precisar cada una de las soluciones propuestas por el mismo.

### **4.3 Descripción del equipo**

Ésta es una de las secciones más importantes en el instructivo y del presente proyecto, ya que el sistema de aire acondicionado MULTI-V es nuevo en la universidad y se requiere información comprensible, para que el equipo de técnicos de la división de mantenimiento tecnológico comience a aprender sobre él.

En esta etapa del proyecto se hicieron varios seguimientos y visitas al sistema, donde con ayuda de un técnico se manipularon las partes electrónicas y mecánicas del equipo, a fin de medir los valores de tensión y de resistencia de sus componentes y tomar fotografías para la posterior señalización, identificación y ubicación de cada uno de sus componentes.

Una vez se terminaron las revisiones del equipo se procedió con ayuda de textos, manuales y páginas Web, a estudiar cada uno de sus componentes y a identificar cada una de sus funciones dentro del equipo. Luego para mayor facilidad en su estudio y comprensión se clasificaron en subsistemas aquellos componentes cuyo objetivo y finalidad dentro del equipo es común.

Gracias a la descripción y al estudio del funcionamiento del equipo y sus componentes, en el instructivo se aclaran muchas imprecisiones que se tienen en el manual entregado por el proveedor.

Como muestra de esas imprecisiones se exponen los siguientes ejemplos:

**1.** Se encontró que los valores de tensión medidos en los módulos de potencia del compresor *Inverter* y de los ventiladores son muy diferentes a los que el manual en su guía de solución presenta.

La guía de solución de fallas propone que si el valor de tensión medida entre los terminales P-N del modulo de potencia del compresor *Inverter* no está dentro del rango de 450Vdc-560Vdc, hay una falla en el modulo de potencia y debe ser remplazado. Sin embargo, el valor obtenido durante las revisiones fue de 290Vdc aproximadamente. Valor que se justifico después de estudiar el sistema y encontrar que este valor de tensión es el resultado de una conversión de AC a DC que se realiza mediante una rectificación trifásica de líneas de 110Vac y un filtrado como se muestra en la descripción del sistema del instructivo. Los 450Vdc esperados por el manual se deduce que son para alimentación trifásica pero con líneas de 220Vac.

**2.** Se encontró que la descripción que presenta el manual de los conectores de cada una de sus tarjetas, realmente no es muy útil al tratar de ubicar un conector en la tarjeta real.

A continuación se da muestra de esto en una de las tarjetas, aunque esto sucede con todas las tarjetas del sistema.

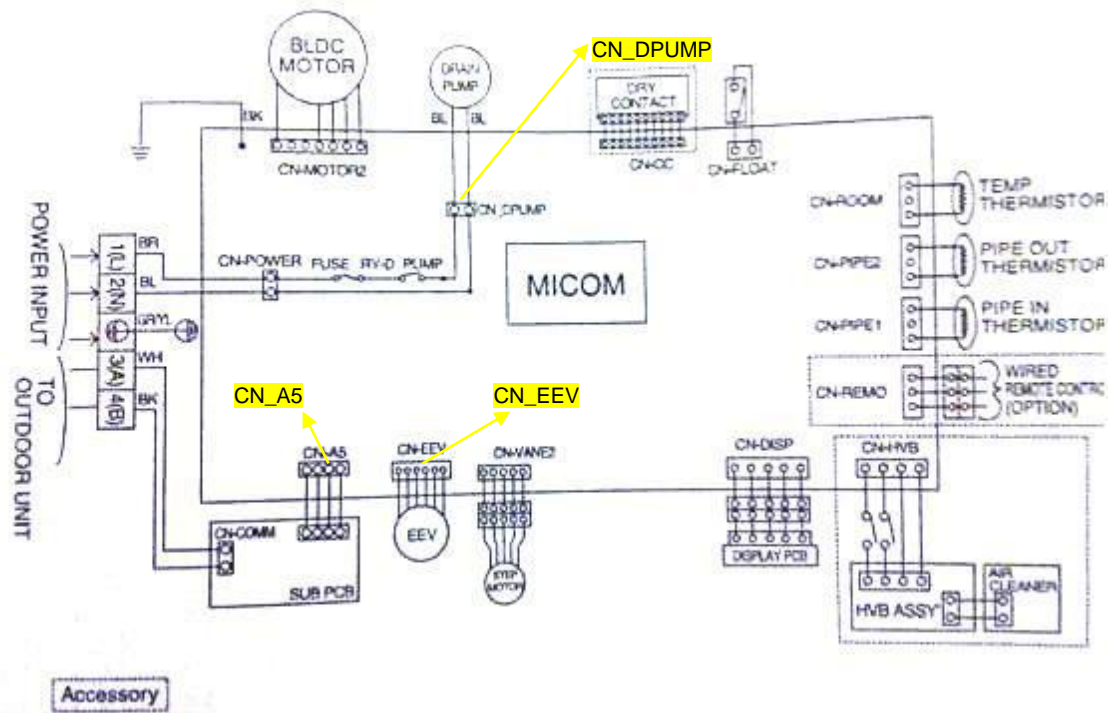


Figura 5. Diagrama de conexiones propuesto por el manual

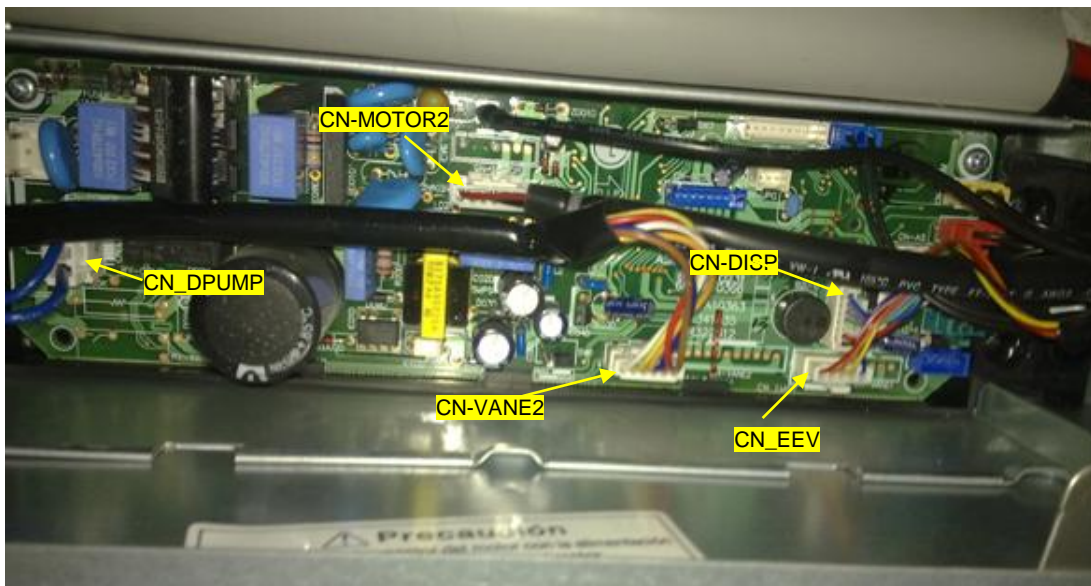
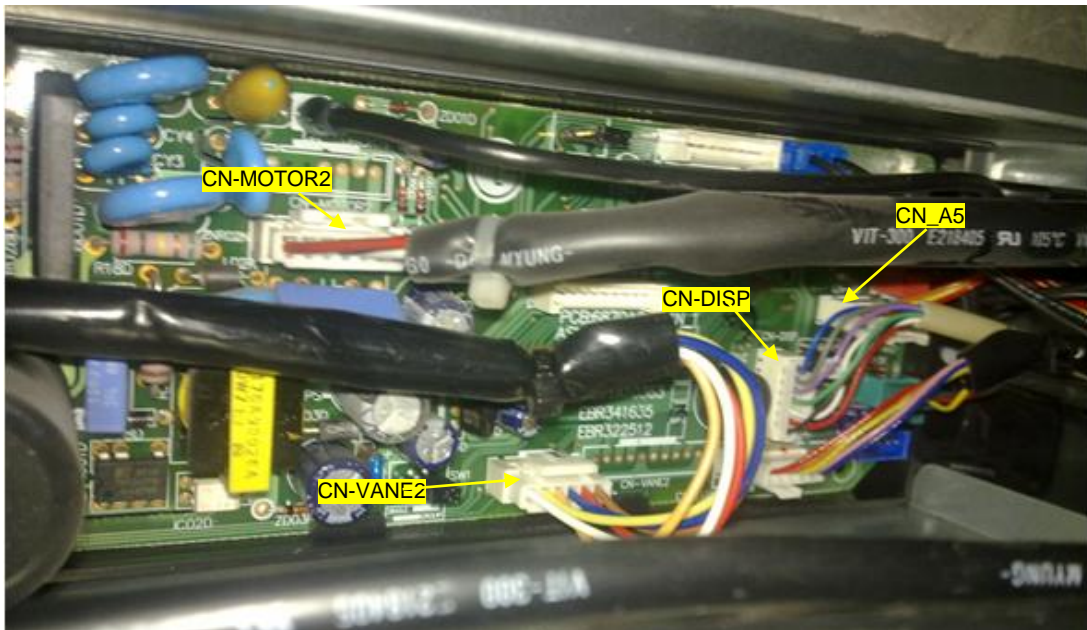


Figura 6. Tarjeta de evaporadora tipo techo de una vía, vista 1



**Figura 7.** Tarjeta de evaporadora tipo techo de una vía, vista 2

Note en el diagrama de conexiones del manual, donde se ubica el conector CN\_DPUMP, CN-A5, CN-EEV y compárese con la ubicación real en una tarjeta de evaporadora tipo techo de una vía a la que hace referencia el diagrama del manual . Como puede verse las ubicaciones son totalmente diferentes.

Ahora si al hecho de que las ubicaciones son diferentes le sumamos que los conectores CN-MOTOR, CN-VANE2 y CN-DISP tienen el mismo número de cables y colores muy parecidos, podemos decir que la información brindada por el manual no es muy útil al momento de ubicar un conector.

Imprecisiones como estas pueden retardar y entorpecer cualquier tarea de mantenimiento. Por esta razón y porque muchas de las soluciones que propone el manual, hacen referencia a la revisión de las conexiones de los contactos, se considero de suma importancia identificar y señalar cada uno de estos de manera clara. Para esto se agrego un señalador sobre cada conector y se dio una breve explicación de lo que conecta y en algunos casos se describió por medio de los

colores de los cables o de la forma del conector para facilitar su rápida identificación.

#### **4.4 Selección de la técnica de mantenimiento**

Con el fin de cumplir con el objetivo de este proyecto de realizar un instructivo de mantenimiento, se escogió la metodología RCM como fundamento para obtener el conjunto de tareas preventivas y correctivas que darán origen al instructivo.

La selección de RCM se sustenta en el hecho, que mientras otras técnicas como TPM se centran en establecer una profunda cultura de trabajo en equipo y sentido de propiedad, o RBI se centra en la identificación de los riesgos industriales, o RCA se centra en analizar de manera exhaustiva una falla para hallar su causa raíz, RCM se enfoca en generar una serie de tareas de mantenimiento basado en las funciones, fallas, modos y consecuencias de las fallas de un activo, hecho que se ajusta al problema que enfrenta el presente proyecto.

Igualmente, esta técnica ha demostrado ser muy valiosa, no solo bajando los costos y actividades de mantenimiento, sino que además mejora los niveles de confiabilidad y disponibilidad, incorporando los nuevos conceptos del mantenimiento relacionados con seguridad y medio ambiente.

#### **4.5 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA RCM**

Es una tabla que utiliza ALADON para que allí de manera fácil y precisa se plasme el inicio del análisis RCM, comenzando por las funciones primarias y secundarias del equipo, sus fallos funcionales asociados a cada función, los modos o causas de falla y los efectos de las mismas. Para poder realizar seguimiento a esta

cantidad de información, se clasifica cada función con un número, cada falla asociada a la función anterior con una letra, y cada modo de fallo finalmente con un número, de forma tal que para cada análisis se tiene un código alfanumérico. Como se anota, para cada modo de fallo se debe realizar el análisis completo, de forma tal que al final encontremos una estrategia para eliminar o minimizar la probabilidad de ocurrencia de los modos de falla.

A continuación se presenta un ejemplo para uno de los modos de falla del sistema

**Tabla 2.** Ejemplo de Hoja de Información  
**HOJA DE INFORMACIÓN**

<b>ELEMENTO</b>		Condensadora	
<b>COMPONENTE</b>		Subsistema de control del compresor Inverter	
<b>FUNCION</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLO</b>	<b>EFFECTOS DE FALLA</b>
1. Controlar la señal de alimentación del compresor Inverter.	a. No hay señal eléctrica de alimentación en las fases del compresor Inverter.	1. Modulo de potencia quemado.	Apagado del equipo por detección de error asociado al modulo de potencia del compresor Inverter. Se hace necesario el cambio del modulo de potencia para que pueda seguir operando la condensadora. Este cambio se estima en un día de parada del equipo. Este daño es principalmente producido por sobrecorrientes.

En la primera columna “FUNCION”, precedida de un número, se listan las funciones primarias y secundarias de cada componente en su contexto operacional.

En la segunda columna “FALLA FUNCIONAL”, con una codificación alfanumérica se listan todas las posibles fallas funcionales asociadas a la función de la primera columna.

En la tercera columna “MODO DE FALLO”, precedido con un número, se listan los hechos que de manera razonable puedan haber causado la falla funcional.

En la cuarta y última columna “EFFECTOS DE FALLA” se lista lo que sucede al producirse cada modo de falla. Cabe anotar que el efecto de la falla no es el

mismo que la consecuencia de la falla. Un efecto está asociado a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que la consecuencia está asociada a la importancia de lo que ocurre.

Todas las hojas de información desarrolladas en el presente proyecto se muestran en el anexo B.

#### **4.5.2 Diagrama de decisión de RCM**

Luego de obtener todos los posibles modos de falla del sistema, RCM plantea un diagrama de flujo a seguir para la toma de decisiones, que permite seleccionar la mejor tarea a emplear en el mantenimiento de cada uno de los activos del sistema, con el objetivo de minimizar o evitar la falla (Ver diagrama en el anexo A).

Cada modo de falla detectado y registrado en la Hoja de Información es sometido a un grupo de preguntas, siguiendo la lógica del diagrama de decisión de RCM.

Las respuestas a estas preguntas son registradas en lo que en RCM se conoce como la Hoja de Decisión.

#### **4.5.3 La hoja de decisión**

La hoja de decisión es la continuación de la hoja de información y en ella se plasman las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión RCM, y en función de dichas respuestas, registra la mejor estrategia de mantenimiento a aplicar al activo en estudio, a fin de eliminar o minimizar la probabilidad de ocurrencia del fallo funcional y por ende la eliminación o disminución de los efectos de las mismas, atacando las causa o modos de fallo.

**Tabla 3. Ejemplo de Hoja de Decisión**

**HOJA DE DECISIÓN RCM N. 3**

Equipo		Condensador						Equipo de trabajo:						Fecha de realización		
Componente		Subsistema de protección y alimentación trifásica						Aprobado por						Fecha de aprobación		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia Inicial	A realizar por...
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4				
3	a	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo			

A continuación se describe con detalle cada uno de los campos de esta hoja:

### Referencia de información

En este campo aparece la codificación dada en la “hoja de información” que identifica la función, la falla funcional y el modo de falla que se analiza en esa línea.

La primera columna titulada F, representa el número de la función que se está analizando. La segunda columna, titulada FF, representa la falla funcional asociada a la función de la primera columna. La tercera y última columna de esta categoría, titulada MF, representa el modo de falla que se está estudiando.

### Evaluación de las consecuencias

En este campo figuran las columnas tituladas H (Health), S (Safety), E (Environment), O (Operational) y son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.

## **Tareas proactivas**

Las tres columnas siguientes al campo de evaluación de consecuencias (H1, H2, H3, S1, S2, etc.) registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y si es así que tipo de tarea.

La columna titulada H1, S1, O1 y N1 registra si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias, para esto se da respuesta a la pregunta ¿Es técnicamente factible realizar una tarea para detectar si está ocurriendo una falla o si está a punto de ocurrir?.

La siguiente columna titulada H2, S2, O2 y N2 registra si se encontró una tarea de reacondicionamiento programado apropiada para prevenir las fallas, aquí se da respuesta a la pregunta ¿Es técnicamente factible realizar una tarea de reacondicionamiento programado para reducir la frecuencia de falla?.

La última columna de esta categoría titulada H3, S3, O3 y N3 registra si se encontró una tarea de sustitución cíclica para prevenir la falla, respondiendo la pregunta ¿Es técnicamente factible realizar una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de falla?.

## **Tareas “a falta de”**

Las columnas tituladas H4, H5 y S4 son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”.

En la columna H4 se da respuesta a la pregunta ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?

En la columna H5 se registra la respuesta a la pregunta ¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?

En la columna S4 se registra la respuesta a la pregunta ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?

En caso que la respuesta en cualquiera de los campos anteriores sea afirmativa se registra una “S” y en caso que sea negativa se registra una “N”.

### **Tarea propuesta**

En este campo se describe la tarea proactiva o de búsqueda de falla que se propone basada en el resultado del proceso de la toma de decisiones. La tarea propuesta debe describirse con el mayor nivel de detalle posible a fin de que quede lo suficientemente clara para la persona que la va a realizar.

En caso que el proceso de decisión lleve un cambio de diseño, la tarea propuesta debe proveer una breve descripción de las modificaciones.

Si el proceso de decisión permite que ocurra una falla la tarea propuesta debe ser “ningún mantenimiento programado”.

### **Frecuencia inicial**

Este campo determina la periodicidad con la cual se deben realizar las tareas. Se fundamenta en los siguientes criterios:

- La frecuencia de las tareas a condición está determinada por el intervalo P-F.
- La frecuencia de las tareas de reacondicionamiento programado y de sustitución cíclica están determinados por la vida útil del elemento.

- La frecuencia de las tareas de búsqueda de falla está determinada por las consecuencias de la falla múltiple, que determinan la posibilidad necesaria, y el tiempo medio entre ocurrencias de la falla oculta.

La frecuencia de realización de tareas puede basarse en cualquier medida apropiada de exposición al esfuerzo. Esto incluye tiempo de calendario, tiempo de funcionamiento, producción, flujo de producción, o cualquier otra variable medible que tenga relación directa con el mecanismo de la falla.

Con las hojas de decisión de todo el sistema diligenciadas, ya tenemos el mantenimiento preventivo propuesto para el sistema MULTI-V del edificio Administración II de la UIS.

Todas las hojas de decisión desarrolladas en el presente proyecto se muestran en el anexo C.

#### **4.6 Desarrollo de las tareas correctivas**

En esta parte del proyecto se identificaron los errores detectados por el sistema y luego con ayuda del manual entregado por el proveedor y otros manuales de sistemas similares, se procedió a proponer una serie de tareas a fin de corregir la falla asociada al código de error que muestra el equipo.

Gracias al entendimiento del funcionamiento del equipo se pudieron complementar y en muchos casos corregir las soluciones propuestas en la guía de soluciones del manual.

Una vez se identificó cada código de error, se agruparon aquellos cuyos procedimientos de revisión y mantenimiento son comunes. Luego con ayuda de una tabla como la que se muestra a continuación se documentó cada error,

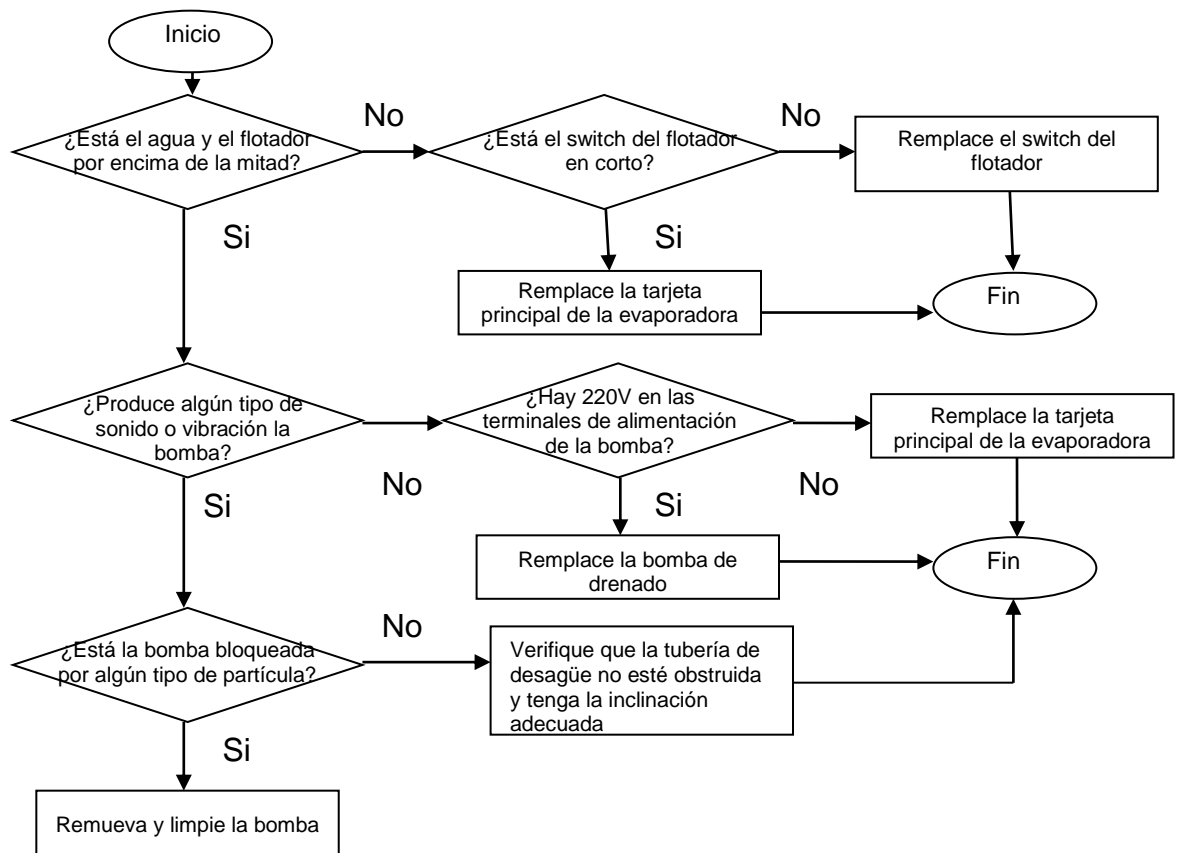
asociando a cada código un significado y el elemento en el que se presenta la falla.

**Tabla 4.** Ejemplo de Códigos de error detectados por el sistema

<b>Error</b>	<b>Significado</b>	<b>Elemento</b>
01	Falla en el termistor del aire exterior	Evaporadora
02	Falla en el termistor de entrada del intercambiador	Evaporadora
06	Falla en el termistor de salida del intercambiador	Evaporadora
41	Falla en el termistor de la línea de descarga del compresor <i>Inverter</i>	Condensadora
44	Falla en el termistor del aire exterior de la condensadora	Condensadora
45,48	Falla en el termistor de la tubería del intercambiador de calor	Condensadora

Posteriormente se desarrollo un diagrama de flujo para cada grupo de errores, que propone el orden y la manera a proceder ante cualquiera de los códigos de error de falla del sistema.

A continuación se presenta el diagrama de flujo para la detección de la falla ante un error 04 presentado por el sistema.



**Figura 8.** Ejemplo de diagrama de flujo para detección de la falla

Debajo de cada diagrama se dan las instrucciones para proceder a dar respuesta a las preguntas que en él se plantean, aunque se considero que algunas preguntas son muy obvias y no requieren ser explicadas. Por ejemplo:

En el diagrama anterior, ante las preguntas ¿está el agua y el flotador por encima de la mitad? Y ¿está el switch del flotador en corto? , se propone lo siguiente:

**“Revisión del switch del flotador**

Con ayuda de la descripción del sistema identifique el conector del flotador. Con la mano suba el flotador por encima de la mitad simulando el nivel de agua y mida la

resistencia entre el conector, esta debe ser infinita (circuito abierto) y posteriormente baje el flotador y mida, el valor medido debe ser cero (corto circuito). En caso contrario remplace el switch del flotador.”

Esta solución se propone para dar respuestas a las dos preguntas anteriores, ya que conociendo el funcionamiento del flotador de la bomba, se puede hacer la inspección del mismo aun si no hay agua, que es lo más probable después de desarmar la evaporadora para hacer su inspección.

Sin embargo ante preguntas como ¿produce algún tipo de vibración o sonido?, no se propone nada, pues se considera que no se necesita ninguna instrucción para responderla.

#### **4.7 Identificación de los criterios y parámetros a integrar en el instructivo**

El instructivo de mantenimiento contiene los pasos y las indicaciones para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema MULTI-V.

En esta fase del proyecto se cuenta con la descripción detallada del equipo y cada uno de sus componentes, un conjunto de tareas proactivas y “a falta de” producto de la aplicación de la metodología RCM, y un conjunto de tareas correctivas asociadas a los códigos de error detectados por el sistema.

El siguiente paso fue determinar las normas de seguridad correspondientes a la realización de las tareas de mantenimiento propuestas. Para esto se tuvieron en cuenta los criterios de seguridad expuestos en el Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), las sugerencias hechas por el proveedor y las condiciones básicas de seguridad que utilizan los técnicos de la empresa que actualmente realizan las labores de mantenimiento al sistema.

Luego, en base a las tareas obtenidas en las fases anteriores, se crearon los formatos para el registro de los datos de ajuste y se determinó la maquinaria y herramientas a utilizar en cada una de las tareas de mantenimiento.

Con el fin de cumplir el objetivo de este proyecto de realizar un instructivo claro, que documente el sistema y permita realizar las tareas de mantenimiento con las condiciones de seguridad apropiadas este quedó dividido en las siguientes partes:

**a. Tabla de contenido**

Para organizar y facilitar la búsqueda dentro del instructivo.

**b. Actividades preliminares**

Formada por:

- Una breve indicación de cómo debe ser utilizado el instructivo para realizar cualquier tarea de mantenimiento.
- Indicaciones y advertencias en general para la realización de tareas de mantenimiento.
- Sugerencias del proveedor del equipo, antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento al mismo.
  
- Las normas de seguridad correspondientes a las tareas propuestas en el instructivo.
  
- Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento.

**c. Descripción del equipo**

Como se ha mencionado antes esta es una de las partes más importantes del mismo, porque permite entender el funcionamiento del sistema e identificar cada uno de sus elementos.

En esta parte se señalan los valores de tensión, presión, resistencia, etc. de los elementos en condiciones normales y se señala cada conector y dispositivo que necesite ser identificado para su revisión o mantenimiento.

Cada vez que se requiera la posición dentro del sistema o conocer algún parámetro referente a algún elemento se debe recurrir a esta parte del instructivo.

**d. Mantenimiento preventivo**

Aquí se listan el conjunto de actividades proactivas que garantizaran la confiabilidad operacional del sistema.

**e. Tabla de operaciones y revisiones del sistema**

Aquí se presenta una tabla de contenido de todos los posibles procedimientos y revisiones que se realizan a cada uno de los elementos del sistema.

**f. Mantenimiento correctivo**

➤ **Falla detectadas por el sistema**

Aquí se presentan las soluciones a cada posible código de error detectado por el sistema.

➤ **Contingencias**

Aquí se presentan actividades a seguir en caso que se perciban fallas en el sistema y este no las detecte.

Esta parte está formada por algunas de las tareas “a falta de” y por tareas propuestas ante fallas que surgieron después de analizar los modos de falla del sistema pero que posiblemente no detecte el sistema.

#### **g. Glosario**

Aquí se presenta un conjunto de términos considerados no comunes pero de significativa importancia con sus respectivos significados, esto con el fin de garantizar un mejor entendimiento del instructivo.

El glosario se organiza en orden descendente del abecedario (de la 'A' a La 'Z'), para facilitar la ubicación de cualquier palabra.

## 5. CONCLUSIONES

- ❖ Se disminuye la frecuencia de las actividades de mantenimiento preventivo en comparación con las anteriormente programadas, manteniendo la confiabilidad y operatividad del equipo. Esto se traduce en una disminución de costos y en una menor probabilidad de errores inducidos por el personal de mantenimiento.
- ❖ Se elimina la dependencia con la empresa prestadora del servicio de mantenimiento, al dotar a la división de mantenimiento tecnológico de la UIS con el instructivo desarrollado en el presente trabajo, que permite dar soporte oportuno ante cualquier falla del sistema.
- ❖ Las fotos, diagramas y dibujos del instructivo permiten un mejor entendimiento, una fácil identificación y la correcta ubicación de cada uno de los componentes del sistema. Facilitando así el desarrollo de las tareas de mantenimiento.
- ❖ Se documenta el sistema Multi-V de LG para ser una referencia de consulta permanente en lo que a aires Multi-V respecta y para ser de ayuda en inducciones al personal que recién ingresa a la división de mantenimiento tecnológico y que poco o nada conoce de este tipo de sistemas.
- ❖ Hay posibles fallas que el sistema con su nivel de automatización no puede detectar, pero que gracias a la aplicación de la metodología RCM se hicieron visibles, para así proponer un conjunto de tareas que permitan evitarlas o corregirlas.

- ❖ El manual entregado por el proveedor, es muy general y no es de mucha utilidad para el equipo instalado en el edificio de Administración II al momento de realizar una acción correctiva, pues posee datos imprecisos e incorrectos que no se ajustan a este equipo en específico. Gracias a las mediciones que se hicieron durante el seguimiento del equipo, se corrigieron los valores de tensión que en realidad debe presentar este en condiciones normales de operación en los módulos de potencia del sistema, entre las fases de alimentación y en el nivel de tensión continua. Además se agregaron valores y procedimientos que en el manual anterior no se presentan.
- ❖ Se justifica la utilización del instructivo porque, contiene los datos específicos del equipo, facilita la identificación y ubicación de los componentes y porque propone de manera fácil y detallada la realización de cada uno de las tareas de mantenimiento.
- ❖ Con la aplicación del instructivo se maximiza el tiempo de vida del equipo y se garantiza su correcto funcionamiento al contar con el instructivo de mantenimiento.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✿ Utilizar el instructivo producto de la presente tesis como herramienta principal al momento de realizar una tarea de manteniendo al sistema Multi-V de LG instalado en el edificio de Administración II.
- ✿ Leer detenidamente la descripción del sistema antes de realizar cualquier tipo de tarea.
- ✿ Hacer seguimiento al consumo energético del sistema, pues aunque su proveedor hace alarde de mínimo consumo de energía, durante la realización del presente proyecto se encontró que este hace uso de un sistema de desvío de gas caliente, considerado bastante primitivo y con un uso ineficiente de energía, ya que una vez que la energía ha sido consumida por los compresores para comprimir el gas, este es devuelto al punto de entrada del compresor para compensar la demanda no requerida, es decir, para volver el sistema menos eficiente con el fin de no enfriar más de lo pedido por el usuario.
- ✿ Con el propósito de evitar paradas indeseadas, se recomienda que la división de mantenimiento tenga a disposición un pequeño inventario de los termistores que utiliza el sistema, ya que esto no incurre en gastos significativos y si garantiza un menor tiempo de parada.
- ✿ No se recomienda efectuar más tareas preventivas de las propuestas por el instructivo. Esto solo aumenta la probabilidad de error inducido.

## BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup> **ORTIZ QUINTERO**, Mónica Yanneth. Diseño e Implementación de un Manual Técnico para el Proceso de Mantenimiento y Reparación de Motores Eléctricos de Electrotécnicos Ltda. Contemplando los Requisitos de la Norma ISO 9001:2000, Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 24 - 29.
- <sup>2</sup> **ORTIZ QUINTERO**, Mónica Yanneth. Diseño e Implementación de un Manual Técnico para el Proceso de Mantenimiento y Reparación de Motores Eléctricos de Electrotécnicos Ltda. Contemplando los Requisitos de la Norma ISO 9001:2000, Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 31.
- <sup>3</sup> **ORTIZ QUINTERO**, Mónica Yanneth. Diseño e Implementación de un Manual Técnico para el Proceso de Mantenimiento y Reparación de Motores Eléctricos de Electrotécnicos Ltda. Contemplando los Requisitos de la Norma ISO 9001:2000, Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 31.
- <sup>4</sup> **MOUBRAY**, Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Center Maintenance). Traducido por ELLMAN, Sueiro y Asociados. Edición en Español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p. 7.
- <sup>5</sup> **MOUBRAY**, Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Center Maintenance). Traducido por ELLMAN, Sueiro y Asociados. Edición en Español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p. 1-5.
- <sup>6</sup> **MORENO ROMERO**, Luis Gabriel. Metodología para la Implementación de un Modelo de Mantenimiento Basado en RCM para los Equipos Críticos en la Empresa Agroindustrial Molino Sonora A.P. S.A., Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 11-12.
- <sup>7</sup> **MORENO ROMERO**, Luis Gabriel. Metodología para la Implementación de un Modelo de Mantenimiento Basado en RCM para los Equipos Críticos en la Empresa Agroindustrial Molino Sonora A.P. S.A., Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 12.
- <sup>8</sup> **MORENO ROMERO**, Luis Gabriel. Metodología para la Implementación de un Modelo de Mantenimiento Basado en RCM para los Equipos Críticos en la

Empresa Agroindustrial Molino Sonora A.P. S.A., Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 12.

<sup>9</sup> **MORENO ROMERO**, Luis Gabriel. Metodología para la Implementación de un Modelo de Mantenimiento Basado en RCM para los Equipos Críticos en la Empresa Agroindustrial Molino Sonora A.P. S.A., Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2010. p. 13-14.

<sup>10</sup> **MOUBRAY**, Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Center Maintenance). Traducido por ELLMAN, Sueiro y Asociados. Edición en Español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p. 1-8.

<sup>11</sup> **MULTI V**, System Heat Pump Air Conditioner. SERVICE MANUAL. Model: CRUN/CRNN Series.

<sup>12</sup> **MULTI V**, System Heat Pump Outdoor Unit. INSTALLATION MANUAL. Model: CRUN Series.

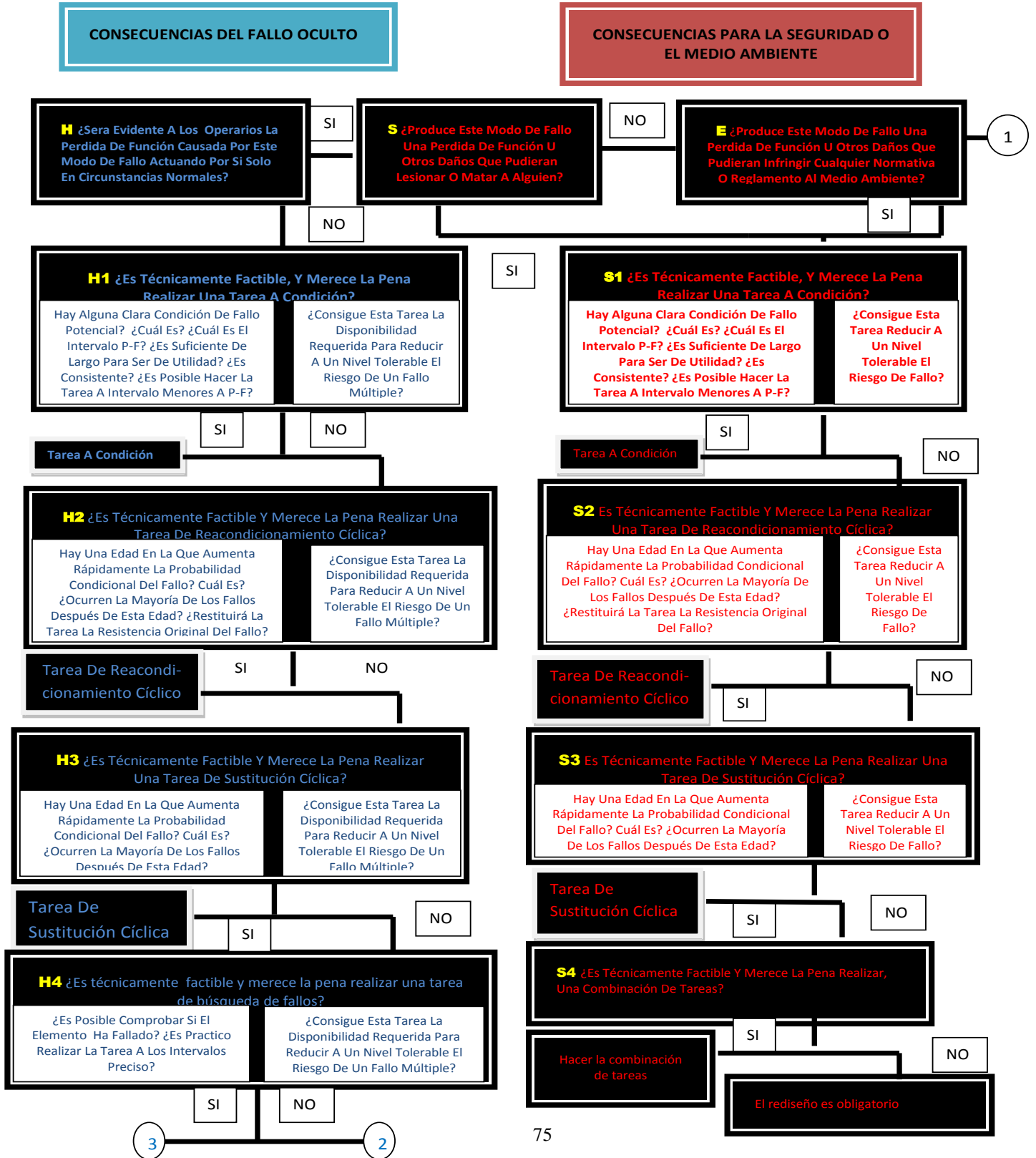
<sup>13</sup> **MULTI V**, Trouble Shooting Guide Book.

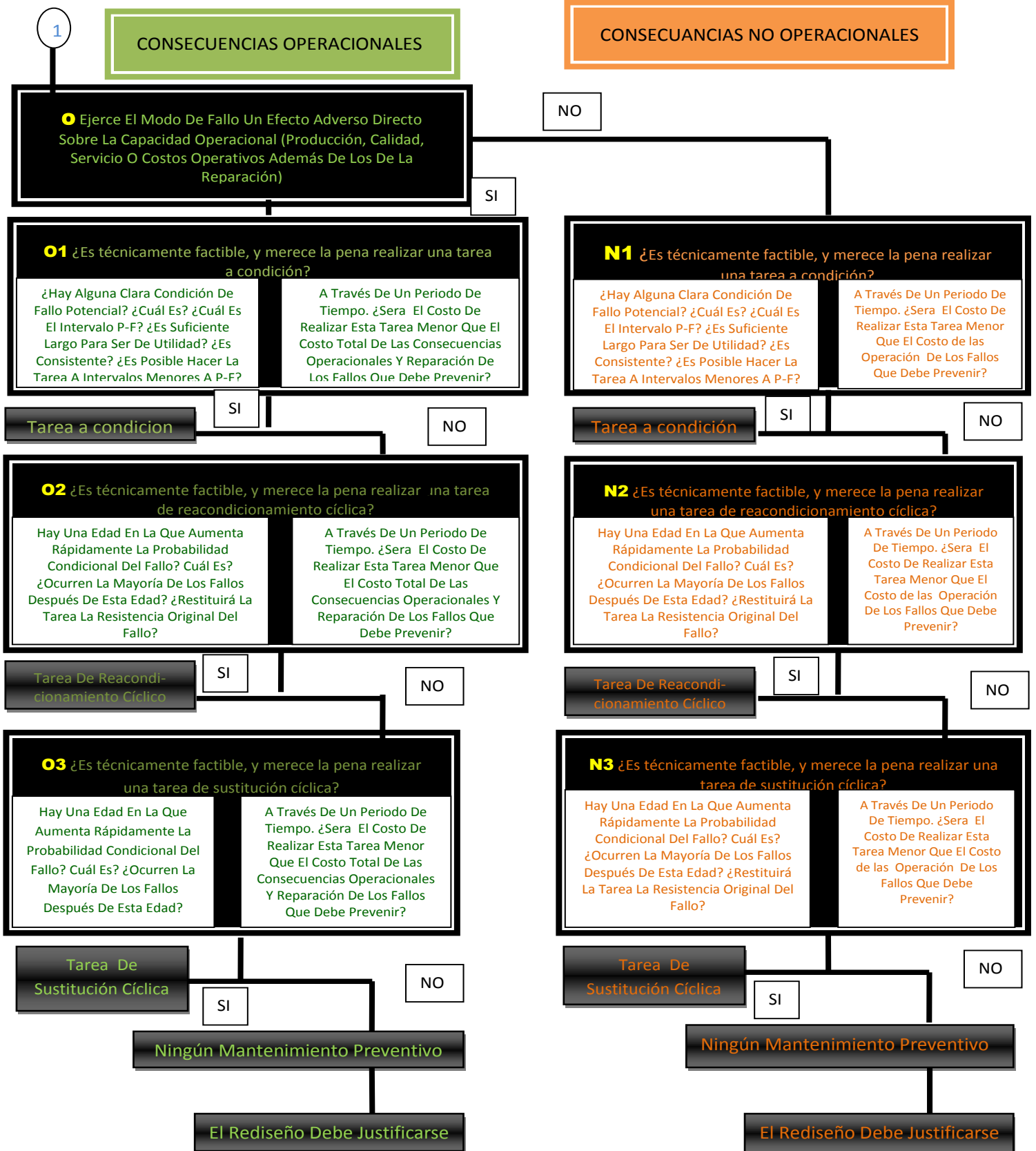
<sup>14</sup> **MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO**. Sistema de Aire Acondicionado, Edificio de Administración II. Proyectos y Servicios LTDA.

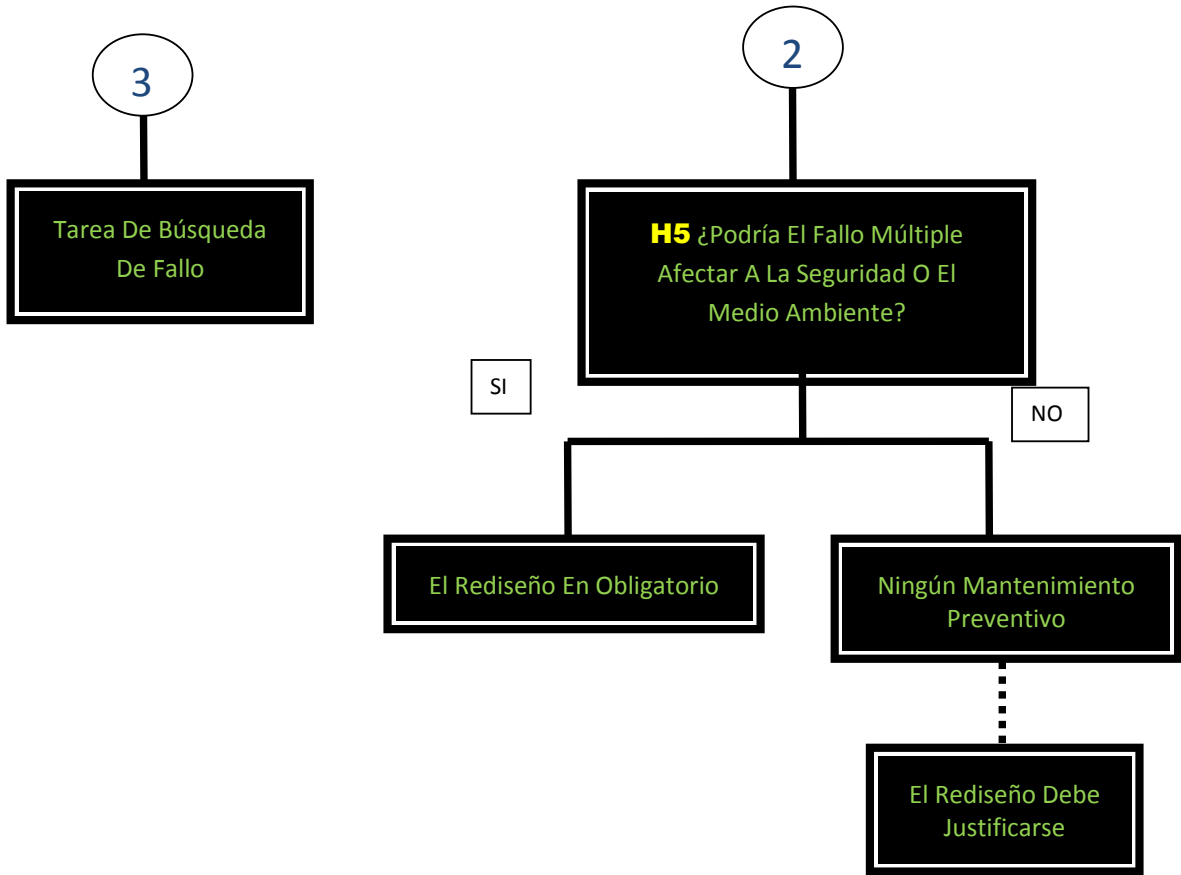
<sup>15</sup> **MULTI V**, Guía de Soluciones de Falla.

# ANEXOS

## ANEXO A. Diagrama de decisiones RCM







## ANEXO B. Hojas de Información del Sistema.

ELEMENTO		Condensadora			
COMPONENTE		Subsistema de control del compresor Inverter			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA		
1. Controlar la señal de alimentación del compresor Inverter.	a. No hay señal eléctrica de alimentación en las fases del compresor Inverter.	1. Modulo de potencia quemado.	Apagado del equipo por detección de error asociado al modulo de potencia del compresor <i>Inverter</i> . Se hace necesario el cambio del modulo de potencia para que pueda seguir operando la condensadora. Este cambio se estima en un día de parada del equipo. Este daño es principalmente producido por sobrecorrientes.		
		2. Sobrecalentamiento del modulo de potencia.	Apagado del equipo por detección de sobrecalentamiento en el modulo de potencia del compresor <i>Inverter</i> . Se hace necesaria la parada del equipo por aproximadamente media hora. Este efecto es producido por sobrecorrientes o por uso excesivo del equipo.		
		3. Terminales de alimentación desconectadas o mal conectadas.	Apagado del equipo por detección de error asociado al modulo de potencia del compresor <i>Inverter</i> . Esta corrección puede tomar menos de una hora.		
		4. Tarjeta Inverter dañada.	Apagado del equipo por detección de error asociado a la tarjeta <i>Inverter</i> . Se hace necesario el cambio de la tarjeta para que pueda seguir operando la condensadora. Este cambio se estima en un día de parada del equipo.		
		5. Contactor electromagnético dañado.	Disminución de la eficiencia del equipo por que el contactor dañado no permite la entrada del compresor <i>Inverter</i> , o apagado del equipo si el daño del contactor es detectado por la tarjeta <i>Inverter</i> . Esta corrección depende de la disponibilidad del contactor y puede tomar entre una hora y un día.		
	b. Señal de alimentación PWM defectuosa.	1. Terminales DC flojas o mal conectadas.	1. Terminales DC flojas o mal conectadas.	Apagado del equipo por detección de error asociado al nivel de DC. Esta conexión puede tomar menos de una hora.	
			2. Capacitores dañados.	Falla en el filtrado. Señal DC con niveles de rizado fuera de los tolerables por el sistema. Puede producir el apagado del equipo. Esta corrección depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.	
			3. Rectificador trifásico dañado.	Apagado del equipo por detección de error asociado al rectificador. Esta corrección depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.	
			4. Voltaje de alimentación trifásico fuera del rango tolerable.	Puede causar daños severos al equipo, de ser detectado por el equipo se produce el apagado del mismo. Esta corrección depende del agente externo que suministra la energía.	
			5. Modulo de potencia dañado.	Apagado del equipo por detección de error asociado al rectificador o disminución de la eficiencia. Esta corrección depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.	
			6. Bobina principal quemada.	Falla en el filtrado. Señal DC con niveles de rizado fuera de los tolerables por el sistema. Puede producir el apagado del equipo por activación de protecciones. Esta corrección depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.	
			7. Tarjeta Inverter dañada.	Apagado del equipo por detección de error asociado a la tarjeta <i>Inverter</i> . Se hace necesario el cambio de la tarjeta para que pueda seguir operando la condensadora. Este cambio se estima en un día de parada del equipo.	

ELEMENTO		Condensadora	
COMPONENTE		Subsistema de control de los ventiladores	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
2. Controlar la señal de alimentación de los ventiladores.	a. No hay señal eléctrica de alimentación en las fases de los ventiladores.	1. Modulo de potencia de los ventiladores quemado.	Apagado del equipo por detección de error asociado al modulo de potencia de los ventiladores. La detención de los ventiladores produce aumento de la presión en la línea de descarga, si este aumento logra ser considerable puede ocasionar ruptura en la tubería y/o daños permanentes a los compresores. Se hace necesario el cambio del modulo de potencia para que pueda seguir operando la condensadora. Este cambio se estima en un día de parada del equipo.
		2. Sobre calentamiento del modulo de potencia de los ventiladores.	Apagado del equipo por detección de sobrecalentamiento en el modulo de potencia de los ventiladores. En caso de que este error no sea detectado por el sistema se produce el daño del modulo de potencia y puede originar el modo de falla <b>2a1</b> . Se hace necesaria la parada del equipo por aproximadamente media hora. Este efecto es producido por sobrecorrientes o por uso excesivo del equipo.
		3. Terminales de alimentación desconectadas o mal conectadas.	Apagado del equipo por detección de error asociado al modulo de potencia de los ventiladores. En caso que el sistema no detecte el error se puede producir aumento de presión en la línea de descarga, lo que puede generar ruptura en las tuberías y daños permanentes principalmente en los compresores. Esta corrección puede tomar menos de una hora.
		4. Tarjeta de control de los ventiladores dañada.	Apagado del equipo por detección de error asociado a la tarjeta de control de los ventiladores. En caso que el sistema no detecte el error se puede producir aumento de presión en la línea de descarga, lo que puede generar ruptura en las tuberías y daños permanentes principalmente en los compresores. Esta corrección depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre dos horas y un día.
		5. Contactor electromagnético dañado.	Apagado del equipo. Se hace necesario el cambio del elemento para que pueda seguir operando el equipo. Esta corrección depende de la disponibilidad del contactor y puede tomar entre una hora y un día.
		6. Terminales de conexión con la tarjeta principal desconectadas o mal colocadas.	Detención del equipo por detección de error. Esta corrección puede tomar menos de una hora,
	b. Señal de alimentación PWM defectuosa.	1. Tarjeta de control de los ventiladores dañada.	Igual al modo de falla <b>2a4</b> .
		2. Bobina secundaria quemada.	Igual a modo de falla <b>1b6</b> .
		3. Sobrecorriente en los motores de los ventiladores.	Puede producir daños permanentes a los motores de los ventiladores, encaso de ser detectado por el sistema se produce el apagado del sistema, en caso contrario puede producir aumento de presión en la línea de descarga, lo que puede generar ruptura en las tuberías y daños permanentes principalmente en los compresores.
		4. Ventilador bloqueado.	Igual al modo de falla <b>2b3</b> .
		5. Voltaje de alimentación trifásico fuera del rango tolerable.	Igual al modo de falla <b>1b4</b> .
		6. Conexión DC entre la tarjeta de control y el modulo de potencia desconectada o mal colocada.	Apagado del equipo por detección de error asociado al modulo de potencia de los ventiladores. Esta corrección puede tomar menos de una hora,

ELEMENTO		Condensadora	
COMPONENTE		Subsistema de protección y alimentación trifásica	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTOS DE FALLA
3. Suministrar alimentación trifásica y protección contra sobrecorrientes y sobrevoltajes en la red.	a. No hay señal eléctrica de alimentación en las fases R, S y T del sistema.	1. Fusibles en circuito abierto por detección de Sobrecorriente.	Apagado del sistema por ausencia de alimentación trifásica. Esta corrección depende de la disponibilidad del los fusibles y puede tomar e una hora aproximadamente.
		2. Supresor de picos dañado.	En caso que daño sea total, el sistema se apaga y se hace necesario el cambio del elemento para continuar operando con la respectiva protección, en caso que sea un daño parcial es posible que pase desapercibido dejando desprotegido todo el equipo de posibles sobretensiones. En caso de daño total la corrección depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre 2 horas y un día. En caso de daño parcial debe ser sustituido lo antes posible.
		3. Terminales de alimentación desconectadas o mal colocadas.	Apagado del equipo por ausencia de alimentación. La corrección de esta falla puede tardar aproximadamente una hora.
	b. No hay señal eléctrica de alimentación en las fases del compresor de velocidad constante.	1. Terminales de alimentación desconectadas o mal colocadas.	Operación ineficiente del sistema por falta del compresor de velocidad constante. La corrección de esta falla puede tomar aproximadamente una hora.
		2. Contactor electromagnético 2 abierto o en corto.	Operación ineficiente del sistema por que el contactor no permite la entrada del compresor de velocidad constante. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tardar entre una hora y un día..
		3. Terminales de control del contactor electromagnético desconectadas o mal conectadas.	Operación ineficiente del sistema por que el contactor no permite la entrada del compresor de velocidad constante. La corrección de esta falla puede tomar una hora aproximadamente.

ELEMENTO		Condensadora	
COMPONENTE		Subsistema de procesamiento y comunicación	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
4. Controlar la apertura y cierre de válvulas.	a. Válvulas sin control de apertura o cierre.	1. Falla en los sensores.  2. Terminales de los sensores desconectadas o mal colocadas.  3. Válvula bloqueada o dañada.  4. Tarjeta principal desconectada o dañada.	Si los sensores están en corto o circuito abierto, el daño será detectado por el sistema y arrojará un error asociado a los sensores que apagará el equipo, pero si el sensor está aparentemente bien pero midiendo erróneamente, el equipo no puede detectarlo y puede causar descompensaciones de presión y temperatura en todo el sistema. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.  El equipo detectará el sensor como circuito abierto y apagará el sistema generando un código de error asociado al sensor desconectado. La corrección de esta falla puede tardar aproximadamente una hora.  Puede producir descompensaciones en presión y temperatura, que terminarán activando una de las protecciones del sistema generando un código de error asociado a la falla. En caso de no ser detectado por el sistema, puede llevar a ruptura en las tuberías o a un aumento en temperatura, que finalmente se traduce en la quema o daños permanentes en el equipo.  Apagado del sistema por daños en la tarjeta principal. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad de la tarjeta principal y puede tardar entre un par de horas y un día.
5. Controlar el contactor magnético 2 que arranca el compresor de velocidad constante	a. No hay accionamiento del contactor electromagnético 2.	1. Terminales de control del contactor desconectadas o mal colocadas.  2. Contactor electromagnético 2 abierto o en corto.  3. Tarjeta principal dañada.	Igual al modo de falla 3b3.  Igual al modo de falla 3b2.  Operación ineficiente del sistema por falta del compresor de velocidad constante. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad de la tarjeta principal y puede tomar entre un par de horas y un día.
6. Suministrar a la tarjeta Inverter y la tarjeta de control de los ventiladores con la información de las necesidades del sistema.	a. Funcionamiento por debajo de las prestaciones demandadas.	1. Sensores en corto o circuito abierto.  2. Terminales de conexión entre la tarjeta principal y la tarjeta inverter y/o la tarjeta de control de los ventiladores desconectadas o mal colocadas.  3. Tarjeta principal dañada.	Igual al modo de falla 4a1.  Operación ineficiente del sistema. La corrección a esta falla puede tomar menos de una hora.  Operación ineficiente y/o apagada del equipo. La corrección a esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.
7. Generar los códigos de error detectados por el sistema.	a. No genera códigos de error.	1. Tarjeta principal dañada.	Igual al modo de falla 6a3.
8. Permitir la comunicación entre la tarjeta principal, la unidad de red y el control central simple.	a. Falla la recepción de señal en la tarjeta principal proveniente del control central simple o viceversa.  b. falla la recepción de señal en la tarjeta principal proveniente de la unidad de red (CNU) o viceversa.	1. DIP SWITCH de la tarjeta de comunicación PI485 mal configurado.  2. Terminales de alimentación DC de la tarjeta de comunicación desconectadas o mal colocadas.  3. Tarjeta de comunicación dañada.  1. DIP SWITCH de la tarjeta de comunicación PI485 mal configurado.  2. Unidad de red no compatible.  3. Terminales de alimentación DC de la tarjeta de comunicación desconectadas o mal colocadas.  4. Tarjeta de comunicación dañada.	Apagado del equipo por detección de error asociado a la tarjeta de comunicación PI485. La corrección de esta falla puede tomar menos de una hora.  Igual al modo de falla 8a1.  Apagado del equipo por detección de error asociado a la tarjeta de comunicación PI485. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.  Igual al modo de falla 8a1.  No afecta la operación del equipo, pero no permite la utilización del control central por computadora.  Igual al modo de falla 8a1.  Igual al modo de falla 8a3.

ELEMENTO		Condensadora	
COMPONENTE		Subsistema de control	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
9. Controlar la temperatura interna de la condensadora.	a. Elevada temperatura en la línea de descarga.	1. Termistor en la línea de descarga defectuoso.	Si el termistor están en corto o circuito abierto, el daño será detectado por el sistema y arrojará un error asociado al termistor de la línea de descarga que apagará el equipo, pero si el termistor está midiendo erróneamente sin estar en corto ni circuito abierto, el equipo no puede detectarlo y puede causar descompensaciones de presión y temperatura en todo el sistema. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.
		2. Fuga del refrigerante.	Una fuga del refrigerante produce el apagado del equipo por activación de cualquiera de las protecciones del sistema, ya sea por aumento en la temperatura de la línea de descarga o por detección de una descompensación de presión. Este modo de falla puede traer consecuencias ambientales y a la seguridad de las personas por su alto nivel de toxicidad. La corrección de esta falla puede tomar entre una hora y dos días, mientras se encuentra el punto de fuga.
3. Válvula de expansión electrónica de la condensadora defectuosa.		Operación ineficiente del sistema, puede pasar inadvertida a menos que el equipo necesite de su máxima capacidad. Si el daño en la válvula se puede percibir a través de sus terminales el sistema detectará el error y apagará el equipo. La corrección de esta falla puede tomar entre tres horas y un día.	
4. Válvula de inyección de líquido defectuosa.		Puede causar recalentamiento en la línea de descarga y en toda la condensadora, provocando el deterioro de las propiedades lubricantes del aceite y por ende daños permanentes en los compresores. Si el daño en la válvula se puede percibir a través de sus terminales el sistema detectará el error y apagará el equipo. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre unas tres horas y un día.	
5. Válvula Bypass defectuosa.		Puede provocar aumento en la temperatura de descarga en caso que se presente una baja de presión en la línea de succión y puede producirse pérdida de control sobre la temperatura de las habitaciones. Si el daño en la válvula se puede percibir a través de sus terminales el sistema detectará el error y apagará el equipo. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre unas tres horas y un día.	
10. Controlar el flujo y la presión en la línea del refrigerante.	b. Calor excesivo en el disipador de calor de la tarjeta Inverter.	1. Ventilador del disipador de calor defectuoso.	Apagado del equipo por detección de error asociado al ventilador del disipador, puede producir recalentamiento y daño a la tarjeta Inverter y los módulos de potencia del equipo. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.
		2. Sobrecalentamiento del modulo de potencia de los ventiladores y/o del compresor Inverter.	Apagado del equipo si es detectado por las protecciones del sistema. En caso contrario puede provocar daños en el compresor Inverter y en los motores de los ventiladores. Si el error es detectado a tiempo por el sistema la corrección de esta falla puede tomar solo una hora mientras se enfría el modulo. De lo contrario dependerá del daño secundario que haya podido causar.
		3. Terminales del ventilador del disipador desconectadas o mal colocadas.	Apagado del equipo por detección de error asociado al ventilador del disipador, puede producir recalentamiento y daño a la tarjeta Inverter y los módulos de potencia del equipo. La corrección de esta falla puede tomar una hora aproximadamente.
	a. Excesiva presión en la línea del refrigerante.	1. Sensor de alta presión defectuoso.	Si el sensor está en corto o circuito abierto, el daño será detectado por el sistema y arrojará un error asociado a los sensores que apagará el equipo, pero si el sensor esta aparentemente bien pero midiendo erróneamente, el equipo no puede detectarlo y puede causar descompensaciones de presión y temperatura en todo el sistema. Un aumento excesivo de presión es peligroso para la integridad de las personas ya que puede producir la explosión de las tuberías del equipo. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.
		2. Ventiladores de la condensadora bloqueados o dañados.	Produce un aumento excesivo en la presión de la línea de descarga. En caso de ser detectado por el sistema se apaga el equipo. En caso contrario es peligroso porque puede causar explosión en las tuberías exponiendo la integridad de las personas. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.
		3. Obstrucción o cambio en la tubería. 4. Carga excesiva de refrigerante 5. Válvula de servicio tapada o cerrada. 6. Termistores de temperatura en las tuberías de las evaporadoras defectuosos.	Igual al modo de falla 10a2. Igual al modo de falla 10a2. Igual al modo de falla 10a2. Si el termistor está en corto o circuito abierto, el daño será detectado por el sistema y arrojará un error asociado a los termistores que apagará el equipo, pero si el termistor está midiendo erróneamente, el equipo no puede detectarlo y puede causar descompensaciones de presión y temperatura en todo el sistema. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.

ELEMENTO		Condensadora	
COMPONENTE		Subsistema de control	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
10. Controlar el flujo y la presión en la línea del refrigerante.	b. Caída excesiva de presión en la línea del refrigerante.	<p>1. Sensor de baja presión defectuoso.</p> <p>2. Ventiladores de las evaporadoras defectuosos.</p> <p>3. Fuga o falta de refrigerante.</p> <p>4. Válvulas de expansión electrónica de las evaporadoras dañadas.</p> <p>5. Intercambiador de calor de la condensadora sucio o tapado.</p> <p>6. Válvula de servicio cerrada o tapada.</p> <p>7. Termistores de temperatura en las tuberías de las evaporadoras defectuosos.</p>	<p>Si el sensor está en corto o circuito abierto, el daño será detectado por el sistema y arrojará un error asociado a los sensores que apagará el equipo, pero si el sensor está midiendo erróneamente, el equipo no puede detectarlo y puede causar descompensaciones de presión y temperatura en todo el sistema. Una mala medición del sensor de baja presión, puede producir una caída de presión excesiva en la línea de succión, desencadenando un aumento de temperatura en la línea de descarga, lo que conlleva al deterioro de las propiedades lubricantes del aceite y por ende daños permanentes en los compresores. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p> <p>Dificulta el intercambio de calor, lo cual puede producir una caída de presión excesiva en la línea de succión (solo si varias evaporadoras presenta el mismo modo de falla), desencadenando un aumento de temperatura en la línea de descarga, lo que conlleva al deterioro de las propiedades lubricantes del aceite y por ende daños permanentes en los compresores. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p> <p>Igual al modo de falla <b>9a2</b>.</p> <p>Si el daño en la válvula se puede percibir a través de sus terminales el sistema detectará el error y apagará el equipo. En caso contrario puede contribuir a una caída de presión en la línea de succión (esta caída de presión solo sería significativa si varias evaporadoras presentaran el mismo daño) o puede generar un funcionamiento ineficiente de la evaporadora. La corrección de esta falla puede tomar entre dos horas y un día.</p> <p>Igual al modo de falla <b>10b2</b>.</p> <p>Produce una caída excesiva en la presión de la línea de succión. En caso de ser detectado por el sistema se apaga el equipo. En caso contrario puede producir un aumento excesivo en la temperatura de la línea de descarga. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p> <p>Igual al modo de falla <b>10a6</b>.</p>

ELEMENTO		Condensadora	
COMPONENTE		Subsistema para el proceso de enfriado del refrigerante	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
11. Elevar la presión del refrigerante proveniente de las evaporadoras.	a. No hay suficiente presión en las líneas de descarga.	1. Compresores apagados por mala conexión de las terminales de alimentación.	Apagado del sistema. La corrección de esta falla puede tomar menos de una hora.
		2. Compresores apagado por activación de las protecciones del sistema.	Apagado del sistema. La corrección de esta falla puede tomar menos de una hora.
		3. Compresores dañado.	Operación ineficiente o apagado del equipo. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del compresor y puede tomar entre tres horas y un día.
		4. Falla en la alimentación del compresor Inverter.	Operación ineficiente o apagado del equipo. La corrección de esta falla puede tomar entre una hora y un día.
12. Lubricar las partes móviles de los compresores.	a. Vibración o ruido excesivo en los compresores.	1. Filtros de aceite bloqueado.	Puede provocar daños severos y permanentes a los compresores. La corrección de esta falla puede tomar entre tres horas y un día.
		2. tubos capilares bloqueados.	Igual al modo de falla 12a1.
		3. Aceite quemado.	Igual al modo de falla 12a1.
		4. Resistencia del cárter desconectada o dañad	Enfriamiento del Carter. Esto permite que el refrigerante se condense y se mezcle con el aceite, ocasionando problemas como la disminución de las propiedades lubricantes del aceite, lo cual puede desencadenar en daños permanentes a los compresores.
13. Facilitar el intercambio de calor del refrigerante.	a. Intercambio de calor ineficiente.	1. Intercambiador de calor sucio.	Dificulta el intercambio de calor, lo cual puede producir un aumento de presión excesiva en la línea de descarga, desencadenando un aumento de temperatura en la línea de descarga. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre tres horas y un día.
		2. Aletas del intercambiador de calor dañadas.	Igual al modo de falla 13a1.
		3. Fuga del refrigerante.	Igual al modo de falla 9a2.
		4. Filtros tapados.	Igual al modo de falla 12a1.
		5. Válvula de expansión electrónica del circuito de subenfriamiento defectuosa.	Igual al modo de falla 9a3.
		6. Circuito de subenfriamiento tapado.	Congelamiento de la línea de succión y apagado del sistema por detección de error en el termistor ubicado en esta línea. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre tres uno y dos días.
		7. Ventiladores de la condensadora bloqueados o dañados.	Igual al modo de falla 10a2.
		8. Terminales de alimentación de los ventiladores desconectadas o mal conectadas.	Igual al modo de falla 10a2.

ELEMENTO		Evaporadora	
COMPONENTE		Subsistema de control	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
1. Drenar el agua residual.	a. Entrada de agua hacia la habitación.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bomba de drenaje dañada.</li> <li>2. Tubería de drenaje obstruida o con inclinación errónea.</li> <li>3. Terminales de alimentación de la bomba desconectadas o mal conectadas.</li> </ol>	Posibles daños a las instalaciones por entrada de agua a la habitación. La corrección puede tomar entre una hora y un día.
2. Comunicar la evaporadora con la condensadora.	a. No hay señal de comunicación entre evaporadora y condensadora.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terminales de conexión desconectadas o mal colocadas.</li> <li>2. "Auto-Addressing" defectuoso.</li> <li>3. Tarjeta de comunicación de la evaporadora dañada o mal conectada.</li> <li>4. Tarjeta principal de la condensadora dañada.</li> <li>5. Fusible de la tarjeta en circuito abierto.</li> </ol>	<p>Apagado del evaporador por detección de error asociado a la tarjeta de la evaporadora. La corrección de esta falla puede tomar menos de una hora.</p> <p>Apagado del sistema por error asociado al direccionamiento. Hasta no realizar correctamente el direccionamiento o "Auto-Addressing" por su nombre en inglés, el equipo permanecerá en error y fuera de funcionamiento. La corrección de esta falla puede tomar menos de una hora.</p> <p>Apagado del evaporador por detección de error asociado a la comunicación de la evaporadora con la condensadora. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre dos horas y un día.</p> <p>Apagado del equipo por detección de error asociado a la comunicación de la evaporadora con la condensadora. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p> <p>Apagado de la evaporadora. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p>
3. Controlar el flujo de aire frío.	a. Flujo de aire deficiente.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rejillas de aire cerradas o defectuosas por daño en los motores DC.</li> <li>2. Ventilador desconectado o dañado.</li> <li>3. Filtro de aire sucio.</li> </ol>	<p>Operación ineficiente de la evaporadora por bloqueo o mal distribución del aire frío. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p> <p>Dificulta el intercambio de calor, lo cual puede producir una caída de presión excesiva en la línea de succión(solo si varias evaporadoras presenta el mismo modo de falla), desencadenando un aumento de temperatura en la línea de descarga, lo que conlleva al deterioro de las propiedades lubricantes del aceite y por ende daños permanentes en los compresores. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.</p> <p>Dificulta la entrada de aire, produciendo una operación ineficiente de la evaporadora. La corrección de esta falla puede tomar una hora.</p>
4. Controlar el flujo del refrigerante.	a. Flujo de refrigerante deficiente.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de expansión electrónica bloqueada o dañada.</li> <li>2. Terminales de alimentación de la válvula de expansión electrónica desconectadas o mal colocadas.</li> <li>3. Serpentin obstruido.</li> <li>4. Termistores de la evaporadora defectuosos.</li> </ol>	Operación ineficiente de la evaporadora y apagado de la misma en caso que el sistema detecte el error. La corrección de esta falla depende de la disponibilidad del elemento y puede tomar entre una hora y un día.

ELEMENTO		Evaporadora	
COMPONENTE		Subsistema para el proceso de evaporación del refrigerante	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
5. Facilitar la evaporación del refrigerante.	a. Disminución de la eficiencia de la evaporadora.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ventilador defectuoso o mal conectado.</li> <li>2. Aletas del serpentín golpeadas o deterioradas.</li> <li>3. Filtros de la evaporadora obstruidos o sucios.</li> </ol>	<p>Operación ineficiente de la evaporadora, puede apagarse el equipo si el sistema detecta el error. La corrección de la falla depende de la disponibilidad del ventilador y puede tomar entre dos horas y un día.</p> <p>Operación ineficiente de la evaporadora, puede apagarse la evaporadora si el sistema detecta el error. La corrección de la falla depende de la disponibilidad del ventilador y puede tomar entre dos horas y un día.</p>

ELEMENTO		Control central simple	
COMPONENTE		Control central simple	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA
<p>1. Controlar el encendido y apagado de todas las unidades internas, de manera manual y en un punto central.</p>	<p>a. No controla el encendido y apagado de las unidades internas</p>	<p>1. Conexiones defectuosas.  2. Tarjeta electrónica interna sucia.  3. Control central simple dañado.   4. DIP-SWITCH mal configurado.</p>	<p>Pérdida del control central y manual sobre las evaporadoras del piso asociado a la falla. La corrección de esta falla puede tomar entre una hora y un día.   Apagado del sistema por detección de error asociado al control central simple. La corrección de la falla puede tomar menos de una hora.</p>

### ANEXO C. Hojas de Decisión del Sistema.

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:			
Subsistema de control del compresor Inverter										Aprobado por:			Fecha de aprobación:			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por:
							H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H	S4				
F	FF	MF	H	S	E	O										
1	a	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	a	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	a	3	S	N	N	S	N	S				Ajustar las terminales de los conectores del compresor.		Cada seis meses	Técnico en electrónica	
1	a	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	a	5	S	N	N	S	N	N	S				Revise las conexiones de tensión de entrada y salida del contactor electromagnético.  Realice una limpieza con limpia contactos de secado rápido.  Realice la revisión del contactor como se muestra en el mantenimiento correctivo de este instructivo y en caso de notar un aumento significativo en las resistencias medidas, programe la sustitución del elemento.		Cada año	Técnico en electrónica
1	b	1	S	N	N	S	N	S				Ajustar el conector de alimentación del compresor Inverter y las conexiones del modulo de potencia del compresor. Limpiar con limpia contactos de secado rápido los conectores del modulo de potencia.		Cada año	Técnico en electrónica	
1	b	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	b	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	b	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	b	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	b	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	b	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:		
Subsistema de control de los ventiladores										Aprobado por:			Fecha de aprobación:		
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
							H1	H2	H3	H4	H	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3			
							N1	N2	N3						
2	a	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	a	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	a	3	S	N	N	S	N	S					Ajustar las conexiones en general del modulo de potencia de los ventiladores de la condensadora. Limpiar con limpia contactos de secado rápido los conectores del modulo de potencia.	Cada año	Técnico en electrónica
2	a	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	a	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	a	6	S	N	N	S	N	S					Ajustar las conexiones entre la tarjeta principal y la tarjeta de control de los ventiladores, y entre el modulo de potencia de los ventiladores y la tarjeta de control de los ventiladores.	Cada año	Técnico en electrónica
2	b	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	b	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	b	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	b	4	S	N	N	S	S						Revise que los ventiladores de la condensara se encuentren libres de obstáculos que puedan impedir su correcto funcionamiento y límpielos con la sopladora de aire y un paño humedecido.	Cada año	Técnico en electrónica
2	b	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
2	b	6	S	N	N	S	N	N	N				Ajustar la conexión entre el modulo de potencia de los ventiladores y la tarjeta de control de los ventiladores.	Cada año	Técnico en electrónica

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:		
Subsistema de protección y alimentación trifásica										Aprobado por:			Fecha de aprobación:		
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
							H1	H2	H3	H4	H	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3			
			N1	N2	N3										
3	a	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
3	a	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
3	a	3	S	N	N	S	N	S					Ajustar la conexión de alimentación del sistema (R,S,T) proveniente del tablero de distribución	Cada año	Técnico en electrónica
3	b	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar el conector de alimentación del compresor de velocidad constante.	Cada año	Técnico en electrónica
3	b	2	S	N	N	S	N	S					Revise las conexiones de tensión de entrada y salida del contactor electromagnético 2. Realice una limpieza con limpia contactos de secado rápido.  Realice la revisión del contactor como se muestra en el mantenimiento correctivo de este instructivo y en caso de notar un aumento significativo en las resistencias medidas, programe la sustitución del elemento.	Cada año	Técnico en electrónica
3	b	3	S	N	N	S	N	S					Ajustar los terminales de control del contactor electromagnético.	Cada año	Técnico en electrónica

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:						
Subsistema de procesamiento y comunicación										Aprobado por:			Fecha de aprobación:						
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por:			
							H1	H2	H3	H4	H	S4							
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3				
4	a	1	S	N	N	S	N	N	N	S							Mida los valores de tensión en los sensores de presión (alta y baja) y verifique que concuerden con el valor de presión que está midiendo. De lo contrario programe la sustitución del elemento.	Cada año	Técnico en electrónica
4	a	2	S	N	N	S	N	S									Ajustar los conectores de los sensores de presión (alta y baja).	Cada año	Técnico en electrónica
4	a	3	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
4	a	4	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
5	a	1	S	N	N	S	N	S									Las mismas tareas que en modo de falla <b>3b2</b>	Cada año	Técnico en electrónica
5	a	2	S	N	N	S	N	S									Las mismas tareas que en modo de falla <b>3b2</b>	Cada año	Técnico en electrónica
5	a	3	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
5	a	1	S	N	N	S	N	S									Las mismas tareas que en modo de falla 3b2	Cada año	Técnico en electrónica
6	a	1	S	N	N	S	N	N	N	S							Las mismas tareas que en modo de falla <b>4a1</b>	Cada año	Técnico en electrónica
6	a	2	S	N	N	S	N	S									Ajustar terminales de conexión entre la tarjeta principal y la tarjeta Inverter y la tarjeta de control de los ventiladores.	Cada año	Técnico en electrónica
6	a	3	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
7	a	1	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
8	a	1	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
8	a	2	S	N	N	S	N	S									Limpieza y ajuste de conexiones en la tarjeta de comunicación PI485	Cada año	Técnico en electrónica
8	a	3	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
8	b	1	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
8	b	2	S	N	N	S	N	N	N								Ningún Mantenimiento Proactivo.		
8	b	3	S	N	N	S	N	S									Limpieza y ajuste de conexiones en la tarjeta de comunicación PI485	Cada año	Técnico en electrónica
8	b	4	S	N	N	S	N	S									Ningún Mantenimiento Proactivo.		

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:			
Subsistema de control										Aprobado por:			Fecha de aprobación:			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:	
							H1	H2	H3	H4	H	S4				
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3				N1
9	a	1	S	N	N	S	N	N	N	S				Mida los valores de resistencia del termistor en la línea de descarga para varios valores de temperatura, y verifique que concuerdan con los valores que se establecen en la descripción del sistema bajo condiciones normales de operación. De lo contrario programe la sustitución del elemento.	cada año	Técnico en electrónica
9	a	2	S	N	S		N	S					Detectar vibraciones o ruidos extraños en las tuberías, y apretar la tornillería y los anclajes que dan soporte a estas.	Cada seis meses	Técnico en electrónica	
9	a	2	S	S			N	S					Detectar vibraciones o ruidos extraños en las tuberías, y apretar la tornillería y los anclajes que dan soporte a estas.	Cada seis meses	Técnico en electrónica	
9	a	3	S	N	N	N	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
9	a	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
9	a	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
9	b	1	S	N	N	S	N	S					Revise que el ventilador del disipador de calor de la tarjeta Inverter se encuentre libre de obstáculos que puedan impedir su correcto funcionamiento y límpielo con la sopladora de aire y un paño humedecido.	Cada seis meses	Técnico en electrónica	
9	b	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
9	b	3	S	N	N	S	N	S					Ajuste las conexiones del ventilador del disipador de calor	Cada año	Técnico en electrónica	
9	a	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
10	a	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Las mismas tareas que en modo de falla <b>4a1</b>	Cada año		
10	a	2	S	N	N	S	N	S					Las mismas tareas que en modo de falla <b>2b4</b>	Cada año		
10	a	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
10	a	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
10	a	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
10	a	6	S	N	N	S	N	N	N				Mida los valores de resistencia de los termistores de las evaporadoras para varios valores de temperatura, y verifique que concuerdan con los valores que se establecen en la descripción del sistema bajo condiciones normales de operación. De lo contrario programe la sustitución del elemento.		Técnico en electrónica	
10	b	1	S	N	N	S	N	N	N	S			Las mismas tareas que en modo de falla <b>4a1</b>	Cada año		

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:				Fecha de realización:			
Subsistema de control										Aprobado por:				Fecha de aprobación:			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por:	
							H1	H2	H3	H4	H	S4					
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3					
10	b	2	S	N	N	S	N	S							Revisar los ventiladores de las evaporadoras, que su entrada de tensión sea la adecuada. De lo contrario dirijase al mantenimiento correctivo de este instructivo. Verificar que el ventilador opere suave y libre de vibraciones y ruidos extraños. De lo contrario limpie y engrase el rodamiento del ventilador	cada seis meses	Técnico en electrónica
10	b	3	S	N	N	S	N	N	N						Ningún Mantenimiento Proactivo.		
10	b	4	S	N	N	S	N	N	N						Ningún Mantenimiento Proactivo.		
10	b	5	S	N	N	S	N	S							Limpia el Intercambiador de calor de la condensadora con una sopladora de alta presión con el fin de arrancar el polvo y la basura adherida en este. En caso que esto no sea suficiente proteja con plásticos los bancos electrónicos de la condensadora y lave con agua y detergente líquido el intercambiador de calor, recalando que esto se debe realizar con abundante agua, teniendo cuidado de no arrugar las aletas ni dejar residuos que obstruyan o tapen el paso de aire.	Cada seis meses	Técnico en electrónica
10	b	6	S	N	N	S	N	N	N						Ningún Mantenimiento Proactivo.		
10	b	7	S	N	N	S	N	N	N	S					Mida los valores de resistencia de los termistores de las evaporadoras para varios valores de temperatura, y verifique que concuerdan con los valores que se establecen en la descripción del sistema bajo condiciones normales de operación. De lo contrario programe la sustitución del elemento.	Cada año	Técnico en electrónica

Equipo: <b>Condensadora</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:		
Subsistema para el proceso de enfriado del refrigerante										Aprobado por:			Fecha de aprobación:		
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
							H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O									
11	a	1	S	N	N	S	N	S				Ajustar el conector de alimentación de los compresores.	Cada año	Técnico en electrónica	
11	a	2	S	N	N	S	N	N	N			Ningún Mantenimiento Proactivo.			
11	a	3	S	N	N	S	N	N	N			Ningún Mantenimiento Proactivo.			
11	a	4	S	N	N	S	N	N	N			Ningún Mantenimiento Proactivo.			
12	a	1	S	N	N	S	N	N	N			Los filtros de aceite al igual que el aceite que sirven para lubricar las partes móviles de los compresores, se cambian solo cuando se sustituyen los compresores por daño.		Técnico en electrónica	
12	a	2	S	N	N	S	N	N	N			Ningún Mantenimiento Proactivo.			
12	a	3	S	N	N	S	N	N	N			Ningún Mantenimiento Proactivo.			
12	a	4	S	N	N	S	N	N	S			Ajustar el conector de alimentación del calentador del cárter y verificar que se encuentre calentando lo suficiente para mantener el cárter siempre caliente. De lo contrario programe la sustitución del elemento	Cada año	Técnico en electrónica	
13	a	1	S	N	N	S	N	S				Limpiar el Intercambiador de calor de la condensadora con una sopladora de alta presión con el fin de arrancar el polvo y la basura adherida en este. En caso que esto no sea suficiente proteja con plásticos los bancos electrónicos de la condensadora y lave con agua y detergente líquido el intercambiador de calor, recalcando que esto se debe realizar con abundante agua, teniendo cuidado de no arrugar las aletas ni dejar residuos que obstruyan o tapen el paso de aire.	Cada año	Técnico en electrónica	
13	a	2	S	N	N	S	N	N	N			Ningún Mantenimiento Proactivo.			
13	a	3	S	N	N	S	N	N	N			Detectar vibraciones o ruidos extraños en las tuberías, y apretar la tornillería y los anclajes que dan soporte a estas.	Cada seis meses	Técnico en electrónica	
13	a	4	S	N	N	S	N	N	S			Los filtros de aceite al igual que el aceite que sirven para lubricar las partes móviles de los compresores, se cambian solo cuando se sustituyen los compresores por daño.		Técnico en refrigeración	

13	a	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
13	a	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
13	a	7	S	N	N	S	N	N	N				Revise que los ventiladores de la condensara se encuentren libres de obstáculos que puedan impedir su correcto funcionamiento y límpielos con la sopladora de aire y un paño humedecido.	Cada año	Técnico en electrónica
13	a	8	S	N	N	S	N	N	N				Ajustar las conexiones en general del modulo de potencia de los ventiladores de la condensadora. Limpiar con limpia contactos de secado rápido los conectores del modulo de potencia.	Cada año	Técnico en electrónica

Equipo: <b>Evaporadora</b>											Equipo de trabajo:			Fecha de realización:			
Subsistema de control											Aprobado por:			Fecha de aprobación:			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por:	
							H1	H2	H3	H4	H	S4					
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3		
1	a	1	S	N	N	S	N	N	S				Inspeccionar la bomba de drenaje, para cerciorarse de que no presenta vibraciones excesivas ni ruidos inadecuados, en caso contrario dirijase a la parte correctiva del presente instructivo o programe la sustitución del elemento.	Cada tres meses	Técnico en electrónica		
1	a	2	S	N	N	S	N	N	S				Verificar que la Manguera de drenaje no esté deteriorada y que el bajante no esté obstruido. De ser necesario programe el cambio de la manguera. Corrija, si es el caso, la inclinación de la evaporadora y de la manguera.	Cada seis meses	Técnico en electrónica		
1	a	3	S	N	N	S	N	S					Ajustar las conexiones en general de la bomba de drenaje.	Cada año	Técnico en electrónica		
2	a	1	S	N	N	S	N	S					Limpiar y Ajustar las conexiones en general de la tarjeta de comunicación de la evaporadora.	Cada seis meses	Técnico en electrónica		
2	a	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.				
2	a	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.				
2	a	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.				
2	a	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.				

3	a	1	S	N	N	S	N	S					Lubricar con grasa los pivotes de las rejillas de direccionamiento de aire.	Cada seis meses	Técnico en electrónica
3	a	2	S	N	N	S	N	S					Ajustar las conexiones del ventilador de la evaporadora. Limpiar con sopladora el polvo y lubricar los rodamientos.	Cada año	Técnico en electrónica
3	a	3	S	N	N	S	N	S					Retirar los filtros de aire, para limpiarlos con una sopladora de aire y luego lavarlos con agua limpia.	Cada mes	Técnico en electrónica
4	a	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.		
4	a	2	S	N	N	S	N	S					Ajustar las conexiones de las tarjetas electrónicas de la evaporadora	Cada año	Técnico en electrónica
4	a	3	S	N	N	S	N	N	N				Lavar la bandeja que retiene el agua y el serpentín con agua y detergente líquido, no es necesario utilizar ningún tipo de producto de limpieza diferente al detergente común.	Cada tres meses	Técnico en electrónica
4	a	4	S	N	N	S	N	N	N	S			Mida los valores de resistencia de los termistores de las evaporadoras para varios valores de temperatura, y verifique que concuerdan con los valores que se establecen en la descripción del sistema bajo condiciones normales de operación. De lo contrario programe la sustitución del elemento. Asegúrese que la ubicación de los termistores sea la adecuada para que cumplan con su función. Estos tienden a moverse por las vibraciones de la tubería.	Cada año	Técnico en electrónica

Equipo: Evaporadora										Equipo de trabajo:				Fecha de realización:			
Subsistema para el proceso de evaporación del refrigerante										Aprobado por:				Fecha de aprobación:			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por:	
							H1	H2	H3	H4	H	S4					
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3					
5	a	1	S	N	N	S	N	N	S					Ajustar las conexiones del ventilador de la evaporadora. Limpiar con sopladora el polvo y lubricar los rodamientos	Cada año		
5	a	2	S	N	N	S	N	N	N					Ningún Mantenimiento Proactivo.			
5	a	3	S	N	N	S	N	N	N					Retirar los filtros de aire de las evaporadoras, y lavarlos con agua limpia.	Cada mes	Usuario	

Equipo: <b>Control central simple</b>										Equipo de trabajo:			Fecha de realización:			
Subsistema para el proceso de evaporación del refrigerante										Aprobado por:			Fecha de aprobación:			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Decisión			Tareas " a falta de"			Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por:
							H1	H2	H3	H4	H	S4				
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
1	a	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	a	2	S	N	N	S	N	S					Retirar la tapa frontal y limpiar con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión.		Cada seis mese	Técnico en electrónica
1	a	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			
1	a	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún Mantenimiento Proactivo.			

**ANEXO D. Instructivo de Mantenimiento**

**INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO  
DEL AIRE ACONDICIONADO DE SISTEMA  
MULTI-V DEL EDIFICIO DE  
ADMINISTRACIÓN II**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INDICACIONES PRELIMINARES .....	5
1.1 DEL USO DEL INSTRUCTIVO .....	5
1.2 EN GENERAL.....	6
1.3 EN SEGURIDAD.....	7
1.4 DEL PERSONAL .....	8
1.5 DEL PROVEEDOR .....	8
1.6 DE HERRAMIENTAS .....	10
2. DESCRIPCION DEL EQUIPO .....	10
2.1 UNIDADES EXTERNAS (condensadoras) .....	11
2.1.1 SUBSISTEMA DE CONTROL DEL COMPRESOR INVERTER .....	13
2.1.1.1 Rectificador trifásico: .....	13
2.1.1.2 Modulo de potencia del compresor Inverter:.....	15
2.1.1.3 Tarjeta Inverter .....	16
2.1.1.4 Contactor electromagnético .....	17
2.1.2 SUBSISTEMA DE CONTROL DE LOS VENTILADORES: .....	18
2.1.2.1 Modulo de potencia de los ventiladores.....	18
2.1.2.2 Tarjeta de control de los ventiladores .....	19
2.1.3 SUBSISTEMA DE PROTECCIÓN Y ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA.....	22
2.1.3.1 Supresor de picos y banco de fusibles .....	22
2.1.3.2 Contactor electromagnético 2 .....	23
2.1.4 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y COMUNICACIÓN .....	24
2.1.4.1 Tarjeta principal .....	25
2.1.4.2 Tarjeta de comunicación PI485 .....	28
2.1.5 SUBSISTEMA DE CONTROL EN LAS LÍNEAS DEL REFRIGERANTE ..	29
2.1.5.1 Sensores de presión: .....	30
2.1.5.2 Switch de presión: .....	31
2.1.5.3 Válvulas solenoides: .....	31
2.1.5.4 Válvula de expansión electrónica del circuito de subenfriamiento: .....	35
2.1.5.5 Válvulas de servicio: .....	36
2.1.5.6 Termistores:.....	37
2.1.6SUBSISTEMA PARA EL PROCESO DE ENFRIADO DEL REFRIGERANTE: .....	39

2.1.6.1 Compresores: .....	39
2.1.6.2 Separadores de aceite:.....	43
2.1.6.3 Intercambiador de calor: .....	44
2.1.6.4 Filtros: .....	45
2.1.6.5 Tubos capilares: .....	46
2.1.6.6 Calentador del cárter ( <i>crankcase heater</i> ):.....	47
2.1.6.7 Acumulador:.....	48
2.1.6.8 Ventiladores:.....	49
2.1.6.9 Circuito de subenfriamiento: .....	50
2.2 UNIDADES INTERNAS (EVAPORADORAS) .....	50
2.2.1 SUBSISTEMA DE CONTROL:.....	51
2.2.1.1 Válvula de expansión electrónica: .....	51
2.2.1.2 Termistores:.....	52
2.2.1.4 Tarjeta de comunicación:.....	58
2.2.1.5 Motores DC:.....	59
2.2.1.6 Bomba de drenado: .....	60
2.2.2 SUBSISTEMA PARA EL PROCESO DE EVAPORACION DEL REFRIGERANTE: .....	61
2.2.2.1 Ventiladores:.....	61
2.2.2.2 Intercambiador de calor: .....	62
2.2.2.3 Filtros: .....	63
2.3 CONTROL CENTRAL SIMPLE:.....	65
2.4 DIAGRAMAS DE CONEXIONES.....	67
2.4.1 DIAGRAMA DE TUBERIA.....	67
2.4. DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRICAS .....	68
3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	70
4. TABLA DE OPERACIONES Y REVISIONES DEL SISTEMA .....	76
5. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	76
5.1 CODIGOS DE ERROR DETECTADOS POR EL SISTEMA.....	77
01 .....	77
02 .....	77
06 .....	77
41 .....	77
44 .....	77
45,48 .....	77
46 .....	77
47 .....	77

65	77
113	77
114	77
115	77
03	79
04	81
05	82
53	82
07	85
09	86
21	88
22	93
23	95
24	97
25	99
32	100
33	100
34	103
35	103
40	104
42	105
43	105
49	106
51	107
52,57	108
54	109
62	110
105,108	111
106	112
107	113
173	114
5.2 CONTINGENCIAS	115
6. GLOSARIO	120
7. REGISTROS	121

## 1. INDICACIONES PRELIMINARES

### 1.1 DEL USO DEL INSTRUCTIVO

- Independiente del tipo de mantenimiento (preventivo o correctivo) siempre se deben leer y seguir todas las indicaciones preliminares que aquí se presentan.
- Previo a la interacción con el equipo se debe haber leído detenidamente la descripción del equipo que expone el instructivo, con el fin de tener una idea clara del funcionamiento del equipo y de cada uno de sus componentes.
- Al momento de ejecutar cualquier tipo de tarea se deben tener, y diligenciar, los formatos de registro que se establecen al final de este instructivo.
- Para la realización del mantenimiento preventivo, lea la descripción del equipo y las indicaciones preliminares, luego diríjase a la sección de mantenimiento preventivo y proceda a realizar las tareas que allí se proponen paso por paso.
- Para la realización de un mantenimiento correctivo basado en el código de error detectado por el sistema, diríjase a la tabla de errores del sistema, e identifique el código y la página correspondiente donde se exponen las tareas para la detección y corrección de la falla.
- Tenga en cuenta que si ocurren más de dos errores simultáneamente, el código de error cuyo número sea menor será mostrado primero.  
Una vez, se ha solucionado el problema asociado al código de error mostrado, este se borra de los *display*.
- Cada vez que en las tareas propuestas (preventivas o correctivas) se haga necesario conocer los parámetros de operación normal de alguno de los componentes diríjase a la descripción del sistema. Aquí se presentan los valores de resistencia, tensión, corriente, etc. De cada componente en condiciones normales de operación

- En caso de percibir fallas en el equipo, y no presentarse ningún código de error diríjase a la sección de Contingencias. Aquí se proponen un grupo de tareas para la detección y corrección de fallas cuando el sistema no lo puede detectar.
- En caso de querer realizar una tarea o revisión, diríjase a la tabla de Operaciones y Revisiones del Sistema.

## **1.2 EN GENERAL**

- Leer este instructivo con antelación a la realización de cualquier tarea en el equipo, dando gran importancia a la descripción del sistema. Esto podría ahorrar tiempo y dinero durante la ejecución de las tareas de mantenimiento.  
Además, esta lectura garantizará la realización segura y correcta de las tareas de mantenimiento establecidas.
- Antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento, se debe hacer previo aviso al personal que labora en el Edificio de Administración II y así evitar incomodidades entre los usuarios.
- Las tareas de cualquier tipo de mantenimiento, se deben ejecutar afectando lo menos posible las operaciones laborales del personal del Edificio de Administración II.
- Revisar todos los implementos y herramientas de trabajo necesarias para un buen desempeño en la labor de mantenimiento, entre dichos elementos se encuentra este Instructivo.
- El presente Instructivo se debe tener a la mano en el momento de realizar el mantenimiento.
- Asegurarse de tener las manos libres de humedad y de cargas electrostáticas.
- Desenergizar el sistema cada vez que se haga cualquier tipo de revisión diferente a la relacionada con una inspección visual.
- No desconecte el activo físico mientras está funcionando. Esto puede provocar una descarga eléctrica o un incendio.

- Si se va a realizar mantenimiento a las unidades Evaporadoras, primero se debe observar la oficina o habitación, esto con el propósito de encontrar ventanas abiertas o algunos electrodomésticos que generen calor e interrumpen el óptimo desempeño del equipo.
- No realizar ningún tipo de mantenimiento a las unidades externas/condensadores, mientras se presente lluvia. Esto por cuestiones de cuidado del equipo y de seguridad para el personal encargado de realizar las tareas de mantenimiento.
- Al utilizar agua para lavar las partes de las unidades interiores, se debe asegurar que esta no posea una temperatura superior a 40° C, ya que podrían encogerse algunos elementos como filtros y serpentines.
- El conjunto de tareas que se realicen deben hacerse para el sistema integral, es decir, para condensadora y todas las evaporadoras asociadas a ella y no para todas las condensadoras o todas la evaporadoras o evaporadoras y condensadoras de un piso diferente.

### **1.3 EN SEGURIDAD**

- Utilizar siempre los implementos de protección: Overoles en 100% algodón, cascos, botas y guantes dieléctricos y gafas transparentes de seguridad.
- Inspeccionar el lugar de trabajo para detectar los riesgos, reconocer la ruta de evacuación y punto de encuentro, localizar los extintores en la zona o contar con uno de estos de uso personal.
- Personal no calificado o que desconozca los riesgos de las instalaciones eléctricas, no podrá acercarse a elementos energizados a distancias menores de 0,4 metros.
- Informar a todo el personal del edificio de la realización de cualquier tarea de mantenimiento, con el fin de asegurar que las líneas y los equipos no sean energizados o desenergizados ya sea por error o de manera inadvertida, ocasionando situaciones de riesgo o accidentes. Si es posible utilice señalización en el mando de los aparatos indicando “No energizar” o “prohibido maniobrar”.

- El personal de mantenimiento debe despojarse de todos los objetos metálicos.
- Tratar cada cable como si estuviera energizado en condiciones nominales.
- Recuerde que el secundario de un transformador de corriente no debe ser abierto mientras se encuentre energizado.

#### **1.4 DEL PERSONAL**

- El personal encargado del mantenimiento, mínimo deberá estar integrado por dos personas y con bases técnicas en electricidad, para evitar accidentes y lesiones personales.
- Antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento, primero inicie el equipo y verifique el estado actual de funcionamiento, pues una vez se inicie las tareas, se hace responsable al personal de mantenimiento por cualquier anomalía presentada.

#### **1.5 DEL PROVEEDOR**

- Las piezas reemplazables y los repuestos deben ser originales, de lo contrario se pueden producir choques eléctricos o incendio.
- Siempre energice el sistema 6 horas antes de encenderlo. Esto con el propósito de calentar el cárter y evitar posibles daños al compresor. De manera que el sistema debe permanecer energizado todo el tiempo y en caso que haya interrupción en la red eléctrica por más de 2 horas, se debe esperar por lo menos 6 horas después de restablecido el fluido eléctrico para arrancar el equipo nuevamente.

- Después de desenergizar el equipo para la revisión de cualquier parte eléctrica, espere tres minutos y asegúrese que el LED01Y de la tarjeta Inverter y el LED01K de la tarjeta principal estén apagados, de lo contrario se pueden producir choques eléctricos.
- Nunca repare los compresores. Estos son unidades herméticas y un arreglo inadecuado puede provocar choques eléctricos e incendios.
- En caso de fuga del refrigerante , ventile inmediatamente la habitación.
- No reconstruya o cambie la configuración de los dispositivos de seguridad. Si un switch de presión u otro dispositivo de seguridad es puenteado para seguir operando el equipo, se pueden producir explosiones o incendios.
- Para cualquier intervención de mantenimiento preventivo o correctivo, diferente a la relacionada con una inspección visual, se debe interrumpir la alimentación eléctrica tanto de la unida condensadora como de las unidades evaporadoras.
- No se deben tomar lecturas de presión de refrigerante de los sistemas, porque se modifica la cantidad de este y dicha cantidad en kilogramos debe permanecer constante.

## **1.6 DE HERRAMIENTAS**

- Multímetro.
- Amperímetro.
- Pinzas voltiamperimétrica
- Juego de destornilladores de estrella y de pala.
- Extintor portátil.
- Limpiador de contactos.
- Manómetro
- Extensiones de cable
- Limpiones o toallas en algodón.
- Juego de llaves y pinzas.
- Cortador y doblador de tubos.
- Escalera.
- Sopladora de aire.
- Equipo de soldadura portátil
- Bomba de vacío.
- Jabón líquido o en polvo.

## **2. DESCRIPCION DEL EQUIPO**

El aire Multi V Pluss de LG es un sistema de refrigeración que a diferencia de los sistemas convencionales proporciona importantes beneficios en la reducción de consumo energético y en la adaptabilidad a cualquier tipo de edificación. Gracias al elevado nivel de automatización incorporado permite la operación y la configuración individual de las unidades internas asociadas a una misma condensadora, de manera que puede climatizar múltiples locales en forma independiente.

El sistema instalado en el edificio de Administración II es de marca LG tipo Multi-V y está compuesto principalmente por tres subsistemas:

- Unidades externas( condensadoras)
- Unidades internas (evaporadoras)
- Control central simple

Este proyecto de aire acondicionado esta desarrollado en el edificio de Administración II de la UIS.

Hay un sistema por cada piso (cinco en total), cada sistema cuenta con una condensadora por piso instalada en la azotea del edificio.

En el interior del edificio, distribuidas entre pasillos, oficinas y salas de juntas se encuentran las evaporadoras. En el primero, segundo, tercero y quinto piso se encuentran 10 unidades evaporadoras en cada uno, mientras que en el cuarto hay 13 unidades evaporadoras.

Para completar cada sistema, hay un control central simple en cada piso.

A continuación se describe en detalle el sistema Multi-V de LG y cada uno de sus componentes.

## 2.1 UNIDADES EXTERNAS (condensadoras)

El sistema consta de cinco unidades externas o condensadoras, todas del mismo modelo LRUV120BT1. La función principal de esta unidad es la de transformar el refrigerante en forma de gas proveniente de las evaporadoras en líquido frío. Cada condensadora está a su vez conformada por los bancos de tarjetas electrónicas y los accesorios en las líneas del refrigerante como se muestra en las figuras 1 y 2.

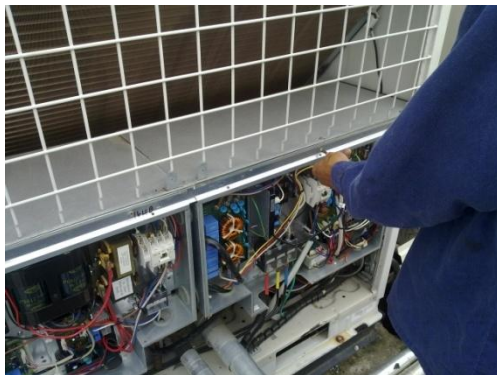


Figura 1. Bancos electrónicos

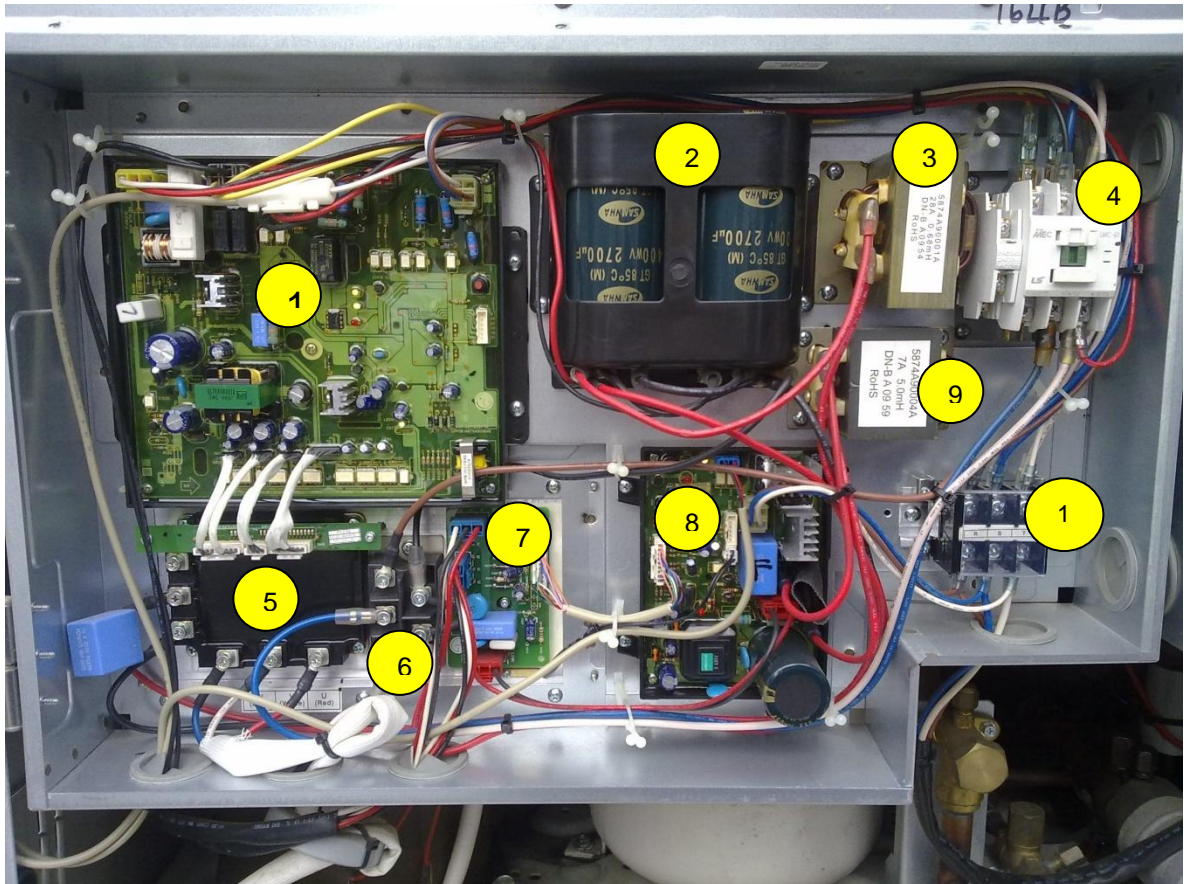


Figura 2. Accesorios en las líneas del refrigerante

### **Bancos electrónicos:**

La condensadora cuenta con dos bancos que concentran las tarjetas electrónicas y la mayor parte de los elementos electrónicos de los que dispone el sistema. A continuación se describe cada uno de ellos.

### Banco A:



**Figura 3.** Banco electrónico A

En este banco se encuentran las tarjetas y los elementos electrónicos destinados al control de la tecnología Inverter, es decir, el control de la velocidad del compresor Inverter y los ventiladores.

1. Tarjeta Inverter.
2. Condensadores.
3. Bobina principal.
4. Contactor electromagnético.
5. Modulo de potencia del compresor Inverter.
6. Rectificador trifásico.
7. Modulo de potencia de los ventiladores.
8. Tarjeta de control de los ventiladores.

- 9. Bobina secundaria
- 10. Terminal de conexiones.

Dentro de este banco podemos encontrar el subsistema para el control del compresor *Inverter* y el subsistema de control de los ventiladores de la unidad condensadora.

A continuación se describe cada uno de ellos.

### 2.1.1 SUBSISTEMA DE CONTROL DEL COMPRESOR INVERTER

Este subsistema está formado por los elementos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 de la figura 3. Su función principal es la de generar y controlar la señal de alimentación del compresor con tecnología *Inverter*, para así mismo controlar su encendido, apagado y velocidad de operación.

A continuación se describe cada uno de los componentes de este subsistema.

#### 2.1.1.1 Rectificador trifásico:

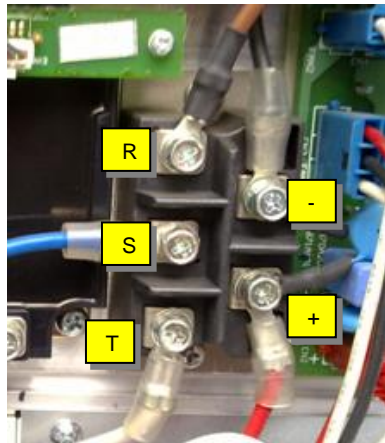


Figura 4. Rectificador trifásico

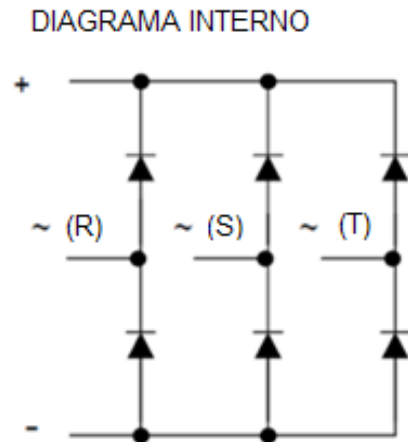
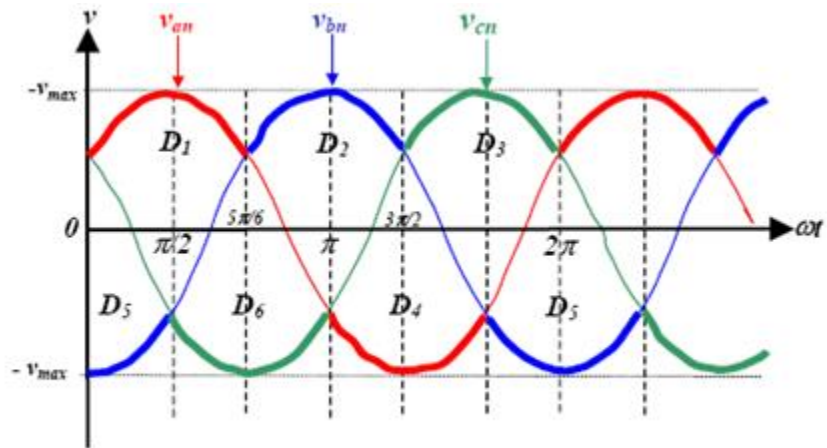


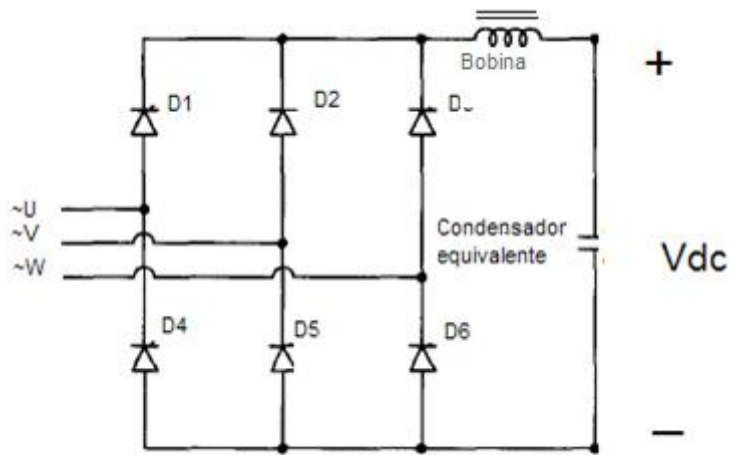
Figura 5. Diagrama Interno del rectificador

La operación de este subsistema comienza con el rectificador, que recibe una señal trifásica de la red (R, S, T) y la rectifica como se ilustra en la figura 6.



**Figura 6.** Señal rectificada

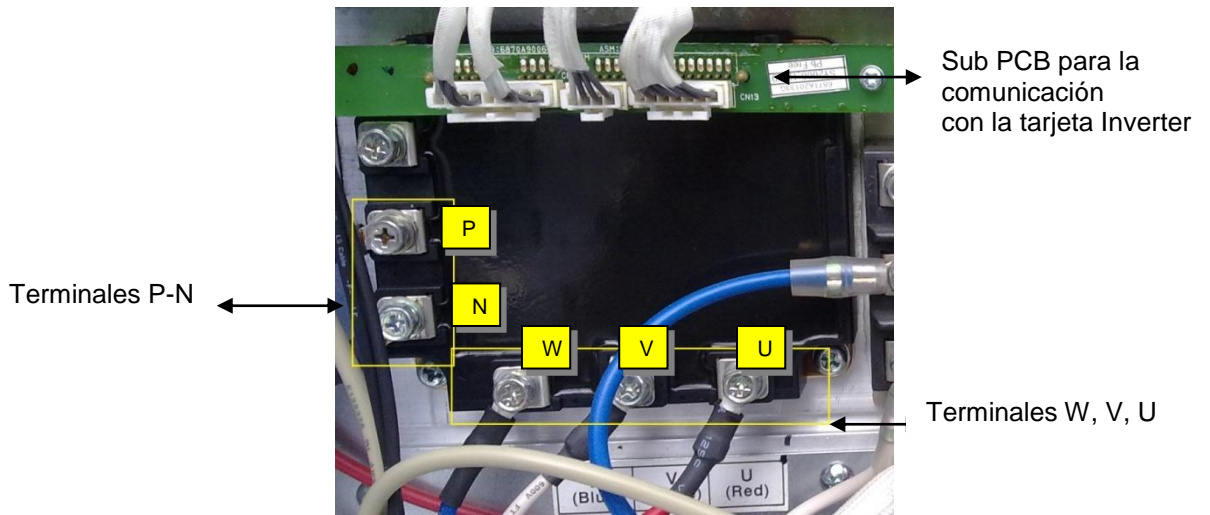
Una vez la señal a sido rectificada se hace pasar por un filtro formado por los condensadores (elemento 2 de la figura 3) y la bobina principal (elemento 3 de la figura 3) como se muestra a continuación.



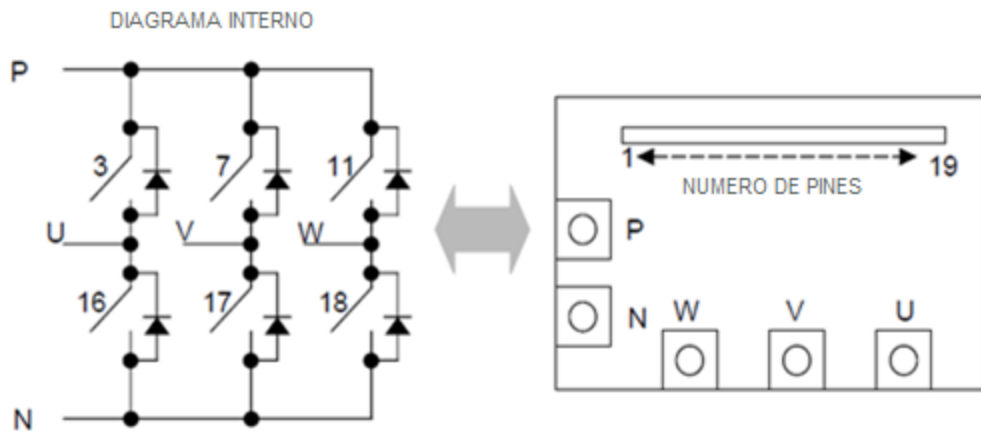
**Figura 7.** Rectificación y filtrado

Este filtrado se hace para mejorar el rizado y obtener una onda continua de 290Vdc aproximadamente, que luego se entrega al modulo de potencia a través de sus terminales P-N.

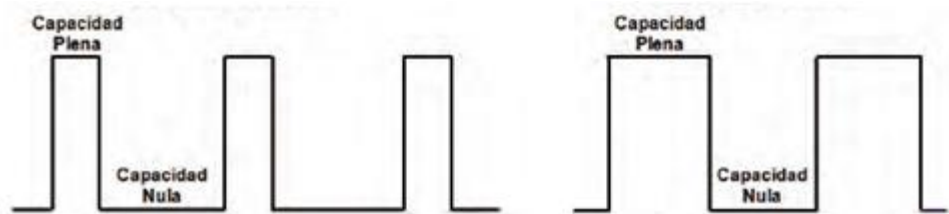
### 2.1.1.2 Modulo de potencia del compresor Inverter:



**Figura 8.** Modulo de potencia del compresor Inverter



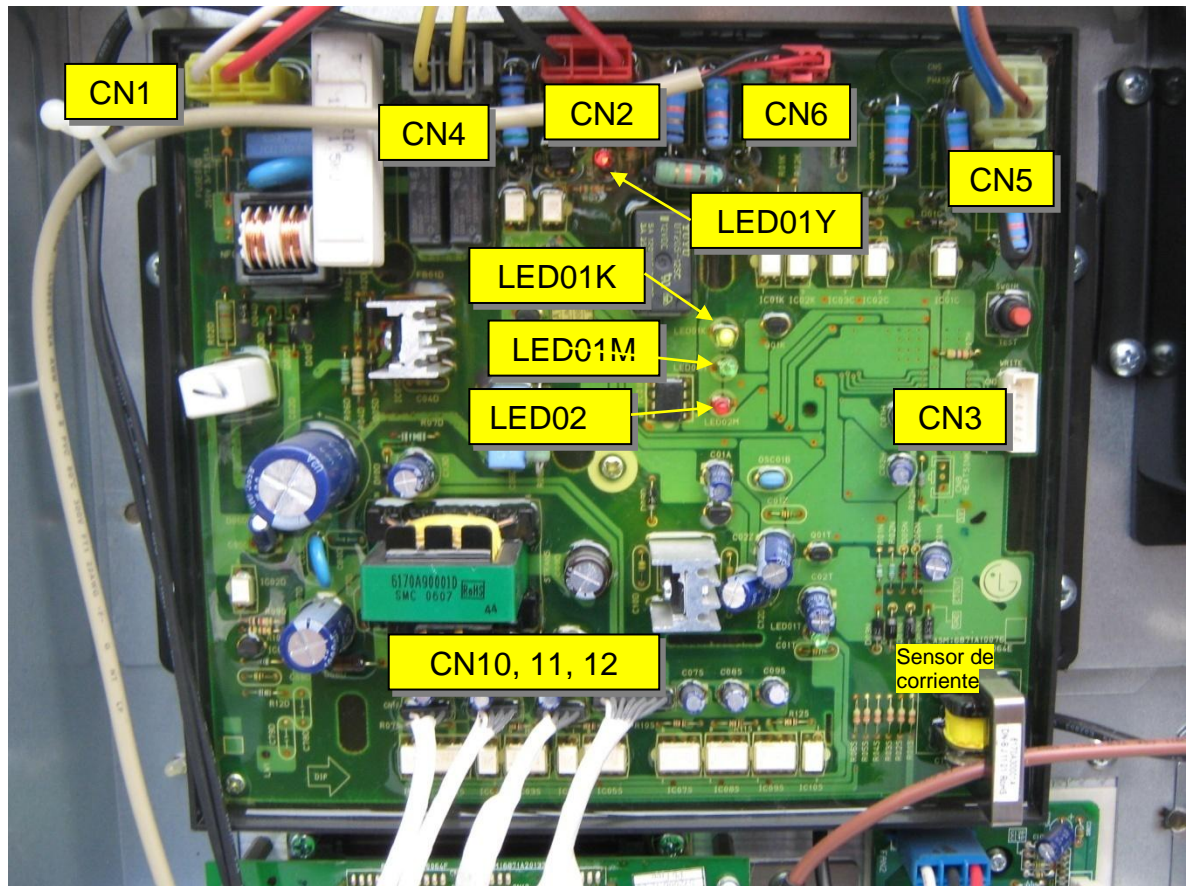
**Figura 9.** Diagrama interno del modulo de potencia



**Figura 10.** Señal de salida del modulo en cada una de sus fases

El modulo de potencia mostrado en la figura 8 toma la señal continua (290Vdc aproximadamente) a través de sus terminales P-N y la modula de acuerdo a la información entregada por la tarjeta Inverter a través de la Sub-PCB, para generar una señal PWM de tres fases (W, V, U) como la que se muestra en la figura 10. Esta señal será la que alimente cada una de las fases del compresor Inverter.

### 2.1.1.3 Tarjeta Inverter



**Figura 11.** Tarjeta Inverter

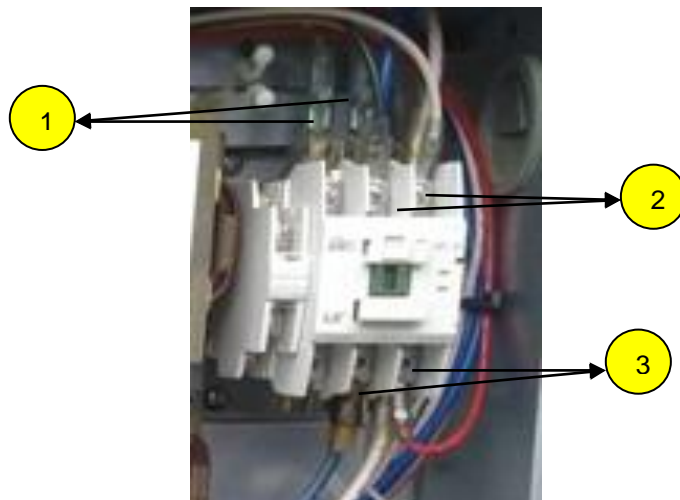
- ✓ **CN1:** Conector para la alimentación de corriente alterna (S, T).
- ✓ **CN2:** Conector de alimentación de corriente continua conectado a las terminales P-N del modulo de potencia del compresor Inverter.
- ✓ **CN3:** Conector de escritura sobre la board, permite configurar los parámetros de la board.
- ✓ **CN4:** Conector a la bobina de control del contactor magnético y del switch de alta presión.
- ✓ **CN5:** Conector para alimentación trifásica, conectado a las líneas de entrada (R, S, T).

- ✓ **CN6:** Conector para el intercambio de señales de control con la tarjeta principal, está conectado con el conector **CN21** de la tarjeta principal.
- ✓ **CN10, 11, 12, 13:** Conectores para la transmisión de la señal de control para generar la señal PWM, están conectados al modulo inteligente de potencia del compresor Inverter a través de la PCB.

Una de las funciones principales de la tarjeta Inverter es la de mantener comunicación directa con la tarjeta principal con el propósito de que esta le indique las necesidades actuales del sistema y en base a esto dar los parámetros de la señal PWM al modulo de potencia, para que este genere una señal de alimentación que lleve al compresor a una velocidad de operación adecuada para suplir las necesidades del sistema.

Además de esto la tarjeta Inverter tiene la función de proteger el compresor Inverter cuando detecta picos de corriente a través del sensor de corriente que tiene internamente o cuando hay exceso de presión sobre el compresor. Para esto controla el encendido y apagado del compresor a través de la bobina de control del contactor electromagnético, de manera que cuando se detectan picos de corriente o cuando los switch de presión indican una elevada presión, la tarjeta Inverter envía la señal al contactor para desenergizar el compresor.

#### 2.1.1.4 Contactor electromagnético



**Figura 12.** Contactor electromagnético

1. Contactos a la bobina de control del contactor, conectada a la Tarjeta Inverter.
2. Contactos de salida del contactor de las líneas S y T.

3. Contactos de entrada al contactor de las líneas S y T provenientes de la red eléctrica.

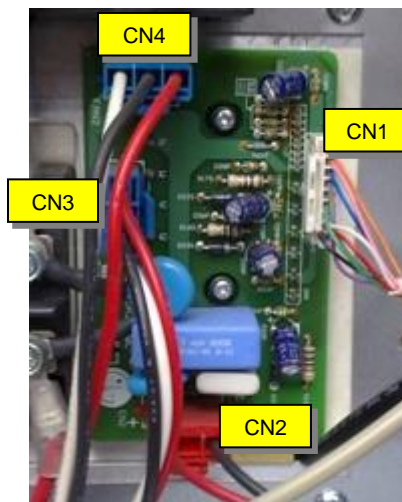
El contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente. Cuenta con una bobina de accionamiento que dependiendo de la tensión aplicada en sus terminales, abre o cierra los contactos que interrumpirán o darán paso a la corriente.

Los terminales de la bobina de accionamiento están conectados a la tarjeta Inverter a través del conector CN4, permitiendo que la tarjeta controle el paso de corriente hacia el compresor Inverter.

### 2.1.2 SUBSISTEMA DE CONTROL DE LOS VENTILADORES:

Este subsistema está formado por los elementos 7,8 y 9 de la figura 3. Su función principal es la de generar y controlar la señal de alimentación de los ventiladores, para así mismo controlar su encendido, apagado y velocidad de operación.

#### 2.1.2.1 Modulo de potencia de los ventiladores



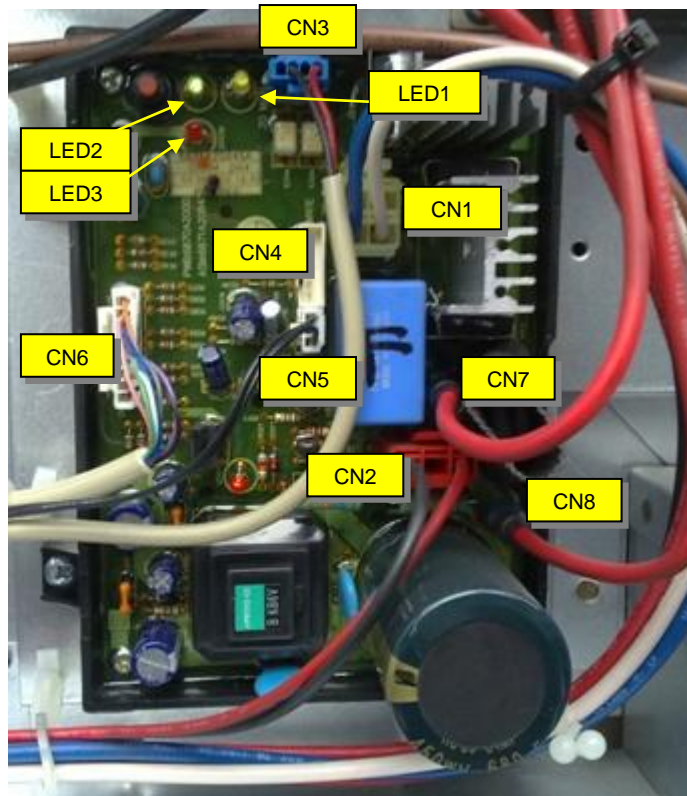
**Figura 13.** Modulo de potencia de los ventiladores

- ✓ **CN1:** Conector que recibe la señal de control para formar la señal PWM. Está conectado a la tarjeta de control de los ventiladores en su conector CN6.
- ✓ **CN2:** Conector de entrada del voltaje DC entregado por la tarjeta de control de los ventiladores.

- ✓ **CN3:** Conector de las líneas W, V y U para alimentación del ventilador 1. W (cable rojo), V (cable negro) y U (cable blanco).
- ✓ **CN4:** Conector de las líneas W, V y U para alimentación del ventilador 2.

La función de este módulo es la de generar una señal PWM con la potencia suficiente para alimentar a los ventiladores del sistema inverter. Esta tarjeta toma un voltaje de DC y una señal de control provenientes de la Tarjeta de control de los ventiladores, luego modula el voltaje en DC de acuerdo a la señal de control, para así formar una señal de salida PWM que alimente cada una de las fases de los ventiladores.

### 2.1.2.2 Tarjeta de control de los ventiladores



**Figura 14.** Tarjeta de control de los ventiladores

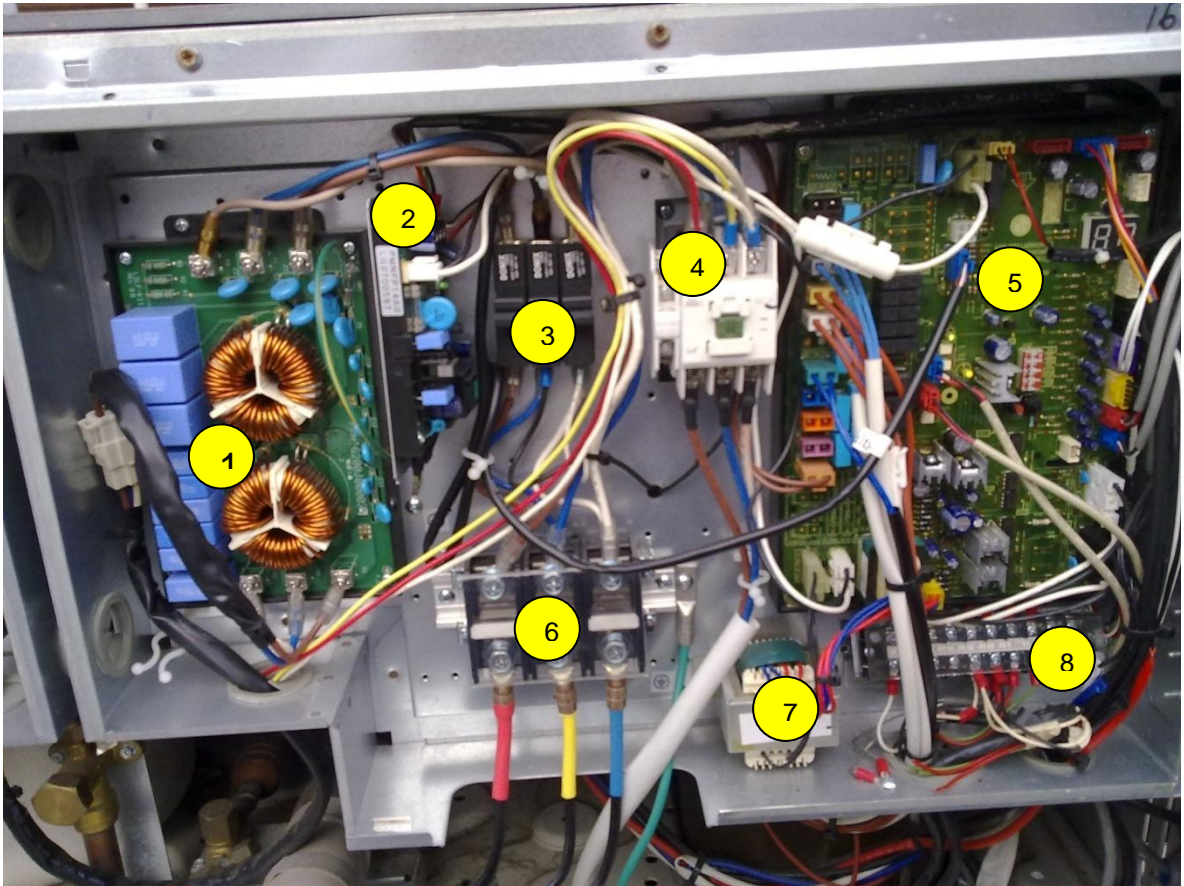
- ✓ **CN1:** Conector para la alimentación trifásica. Está conectado a las líneas de alimentación R (cable marrón), S (cable azul) y T (cable blanco).
- ✓ **CN2:** Conector de salida de voltaje en corriente directa que alimenta al modulo de potencia de los ventiladores INVERTER.
- ✓ **CN3:** Conector para la comunicación con la tarjeta principal. Esta conectado al conector CN20 de la tarjeta principal.

- ✓ **CN4:** No conectado.
- ✓ **CN5:** Conector del sensor de temperatura ubicado en el disipador de calor.
- ✓ **CN6:** Conector para controlar la forma de la señal PWM que alimenta los ventiladores del Inverter. Esta conectado al modulo de potencia de los ventiladores Inverter.
- ✓ **CN7 Y 8 :** Terminales de conexión del reactor.
- ✓ **LED1:** Indicador de la comunicación con la tarjeta principal.
- ✓ **LED2:** Indicador de la comunicación con el modulo de potencia de los ventiladores.
- ✓ **LED3:** Indicador de error.

Entre las funciones principales de la Tarjeta de control de los ventiladores se encuentra la de mantener comunicación directa con la tarjeta principal para que esta le indique las necesidades actuales del sistema y en base a esto dar los parámetros de la señal PWM al módulo de potencia, para que este genere una señal de alimentación que lleve a los ventiladores a una velocidad de operación adecuada para suplir las necesidades del sistema.

Además de esto, tiene la función de producir la señal de voltaje continuo que será entregado al módulo de potencia. Para esto cuenta con un rectificador y un capacitor internos que junto a la bobina secundaria (elemento 9) que se muestra en la figura 3, forman un circuito semejante al mostrado en la figura 7 capaz de producir un nivel de tensión constante a partir de la señal alterna de la red.

## Banco B:



**Figura 15.** Banco electrónico B

En este banco se halla la tarjeta principal de todo el sistema y los elementos auxiliares a ella.

1. Supresor de picos.
2. Tarjeta de comunicación PI485.
3. Banco de fusibles.
4. Contactor electromagnético
5. Tarjeta principal
6. Terminales de alimentación
7. Transformador
8. Terminal de conexiones

Este banco está formado por el subsistema de alimentación y protección y el subsistema de procesamiento y comunicación, tal como se describe a continuación.

### 2.1.3 SUBSISTEMA DE PROTECCIÓN Y ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA

Este subsistema está formado por los elementos 1, 3 y 4 de la figura 15. Su función principal es la de alimentar y proteger el compresor Inverter y todo su sistema de alimentación (Tarjeta Inverter, Tarjeta de control de los ventiladores, etc.)

#### 2.1.3.1 Supresor de picos y banco de fusibles



Figura 16. Supresor de picos



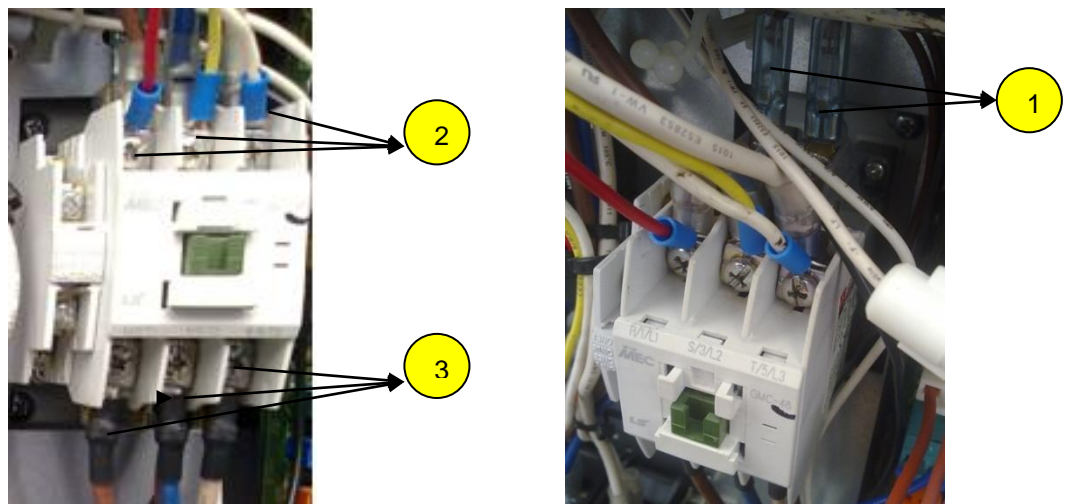
Figura 17. Banco de fusibles

- ✓ R1, S1 y T1, representan las terminales de entrada provenientes de la red eléctrica.
- ✓ R2, S2 y T2, representan las terminales de salida del supresor de picos y las señales de alimentación R, S y T que alimentan a todo el banco A.

La función de estos elementos es la de alimentar y proteger el sistema Inverter. Para esto el sistema toma su alimentación de la salida del supresor de picos y no directamente de la red de alimentación eléctrica. Este supresor de picos regula los sobre voltajes provenientes de la red eléctrica para mantenerlos en niveles tolerables.

Por otro lado los fusibles se encargan de interrumpir el paso de corriente cuando se detecta un nivel de corriente peligroso para la integridad del equipo. En este equipo los fusibles son de 40A.

### 2.1.3.2 Contactor electromagnético 2



**Figura 18.** Contactor electromagnético

1. Contactos a la bobina de control del contactor, conectados a la Tarjeta principal.
2. Contactos de entrada al contactor de las líneas R, S y T de la red eléctrica.
3. Contactos de salida del contactor hacia las líneas U,V y W que alimentan al compresor de velocidad constante.

El contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente. Cuenta con una bobina de

accionamiento que dependiendo de la tensión aplicada en sus terminales, abre o cierra los contactos que interrumpirán o darán paso a la corriente. Los terminales de la bobina de accionamiento están conectados a la tarjeta Inverter a través del conector CN4, permitiendo que la tarjeta controle el paso de corriente hacia el compresor *Inverter*.

#### **2.1.4 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y COMUNICACIÓN**

Este subsistema está formado por los elementos 2 y 5 de la figura 15. Se encarga de procesar toda la información recibida de las evaporadoras, sensores, termistores y de la unidad de red para tomar decisiones y configurar los parámetros del sistema a fin de suplir los requerimientos y necesidades de todo el equipo.

### 2.1.4.1 Tarjeta principal

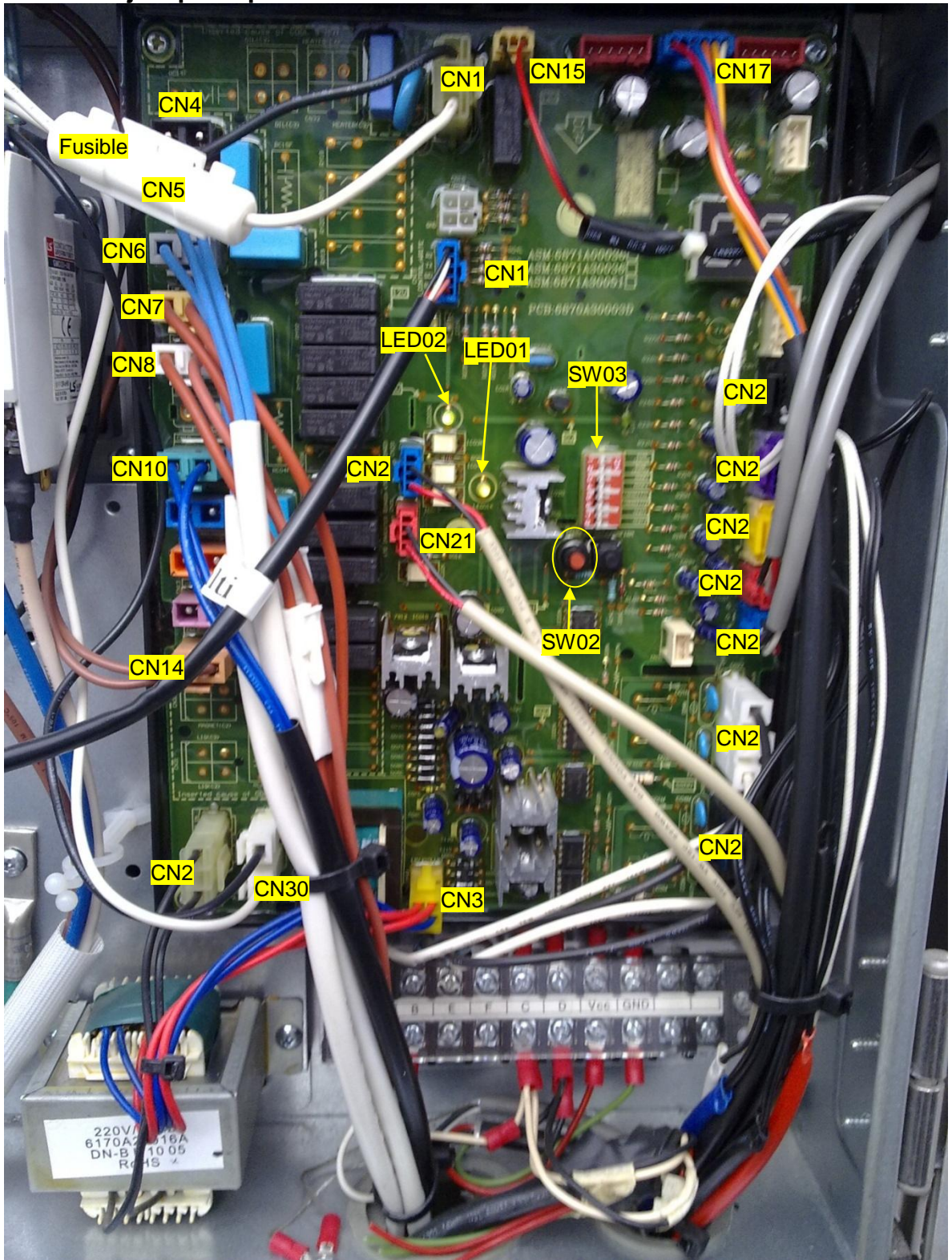


Figura 19. Tarjeta principal

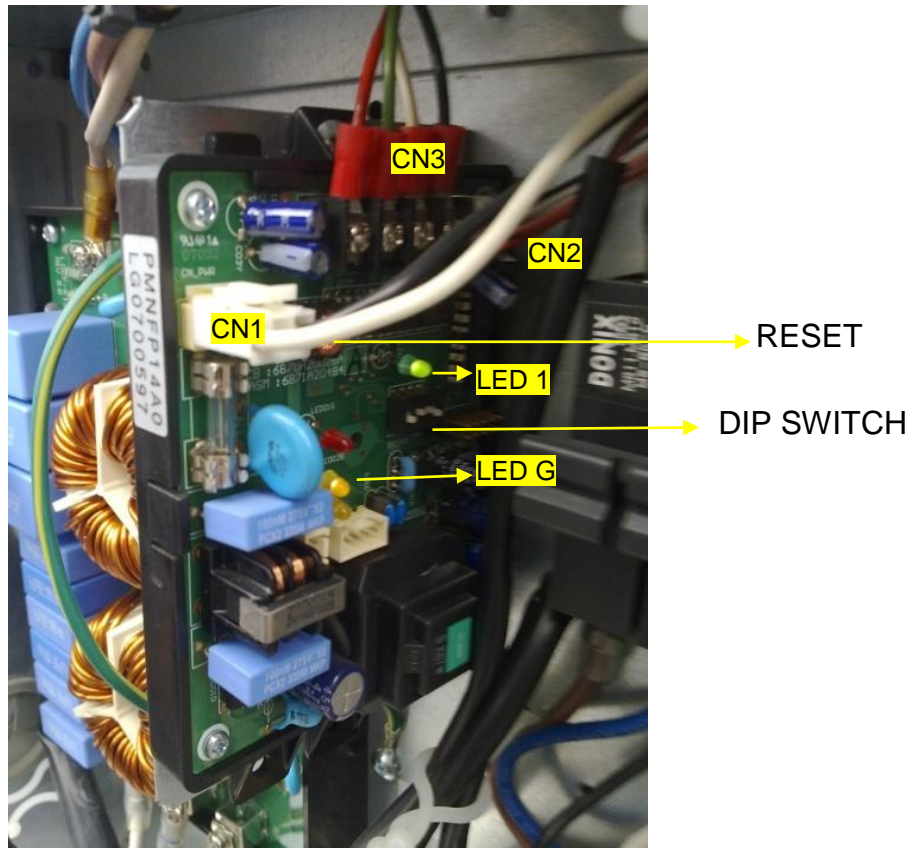
- ✓ CN1: Conector para alimentación de corriente alterna, formado por un cable blanco conectado a través de un fusible a la línea de alimentación T y un cable negro conectado directamente a la línea S.
- ✓ CN2: Conector para alimentación del transformador en su lado de 220V(AC)
- ✓ CN3: Conector que recibe las dos salidas del transformador , una salida de 9V(AC)entre los terminales con cables azules y la otra salida de 14V(AC) entre las terminales con cables rojos.
- ✓ CN4: No conectado par este modelo.
- ✓ CN5: Conector para controlar la válvula de inyección de liquido del compresor Inverter.
- ✓ CN6: Conector para controlar la válvula de inyección de liquido del compresor de velocidad constate.
- ✓ CN7: Conector para el calentador del cárter del compresor Inverter.
- ✓ CN8: Conector para el calentador del cárter del compresor de velocidad constante.
- ✓ CN10: Conector para controlar la válvula de paso de gas caliente “hot gas bypass valve” .
- ✓ CN14: Conector a la bobina de control del contactor magnético.
- ✓ CN15: Conector de 12V para alimentar el ventilador del disipador de calor de la tarjeta Inverter.
- ✓ CN17: Conector de la válvula de expansión electrónica del circuito de subenfriamiento.
- ✓ CN19: Conector para la transmisión de datos con la tarjeta de comunicación PI485.
- ✓ CN20: Conector para la transmisión de datos con la tarjeta de control de los ventiladores del Inverter.
- ✓ CN21: Conector para la comunicación con la tarjeta Inverter .
- ✓ CN22: Conector para la comunicación con las tarjetas de las unidades internas (evaporadoras).
- ✓ CN23: Conector para la comunicación con la sub-unidad externa.(no conectado).
- ✓ CN25: Conector negro formado por cuatro cables negros y dos blancos, los dos primeros cables negros son la conexión al termistor del aire exterior de la unidad condensadora. Los siguientes dos cables en negro son la conexión con el termistor ubicado en la parte de succión del compresor *Inverter* y los dos cables en blanco son la conexión con el termistor ubicado en la parte de descarga del compresor de velocidad constante.
- ✓ CN26: Conector morado, conectado por medio de dos cables blancos al termistor ubicado en la parte de descarga del compresor Inverter.
- ✓ CN27: Conector amarillo, formado por seis cables negros, los dos primeros determinan la conexión con el termistor ubicado en la salida del circuito de subenfriamiento, los siguientes dos cables conectan al termistor ubicado en la entrada del circuito de subenfriamiento y los últimos dos cables conectan al termistor ubicado en la tubería de liquido.

- ✓ CN28: Conector rojo que conecta al sensor de alta presión.
- ✓ CN29: Conector azul que conecta al sensor de baja presión.
- ✓ CN30: Conector para la alimentación de corriente alterna de la tarjeta de comunicación PI485.
- ✓ SW02M: Pulsador para la realización del “Auto-Addressing”.
- ✓ SW03M: DIP-SWITCH para configuración del equipo.

Esta tarjeta es la encargada de tomar las decisiones en el sistema, entre sus funciones principales se encuentran:

- ✚ Controlar la apertura o cierre de válvulas
- ✚ Mantener comunicación con las unidades internas
- ✚ Recibir las señales de los sensores para en base a esto tomar decisiones
- ✚ Controlar el contactor para arrancar y proteger el compresor de velocidad constante.
- ✚ Suministrar a la tarjeta Inverter y la tarjeta de control de los ventiladores con la información de las necesidades del sistema.
- ✚ Generar los códigos de error detectados por el sistema.

### 2.1.4.2 Tarjeta de comunicación PI485



**Figura 20.** Tarjeta PI485

- ✓ **CN1:** Conector para la alimentación alterna (220Vac). Está conectado al conector **CN30** de la tarjeta principal.
- ✓ **CN2:** Conector para la comunicación con la tarjeta principal. Está conectado al conector CN19 de la tarjeta principal.
- ✓ **CN3:** Está formado por cuatro terminales
  1. Terminal con cable rojo para la alimentación de corriente continua (10Vdc). Está conectado a la terminal Vcc.
  2. Terminal con cable verde para conexión a tierra. Conectado a la terminal GND.
  3. Terminal con cable blanco (Bus A) para la transferencia de datos del protocolo RS485. Está conectado a la terminal D.
  4. Terminal con cable negro (Bus B) para la transferencia de datos del protocolo RS485. Está conectado a la terminal C.
- ✓ **LED 1:** LED indicador del estado de la comunicación en los buses A y B.

- ✓ **DIP SWITCH:** Conjunto de interruptores que permiten el encendido o apagado y la configuración de la tarjeta de acuerdo al tipo de aire acondicionado y el tipo de red a la cual se conecta.
- ✓ **LED 01G, 02G, 03G:** Indicadores del estado de la comunicación.
- ✓ **RESET:** Botón para reiniciar la tarjeta.

Su función es la de convertir la información de la tarjeta principal al protocolo RS-485 y viceversa, para permitir la comunicación de la tarjeta principal con el control central simple y la unidad de red central (CNU).

Gracias a esta tarjeta se puede conectar una computadora a través de una CNU (*Card Network Unit*) y tener control sobre todas las opciones de configuración del sistema desde un lugar remoto.

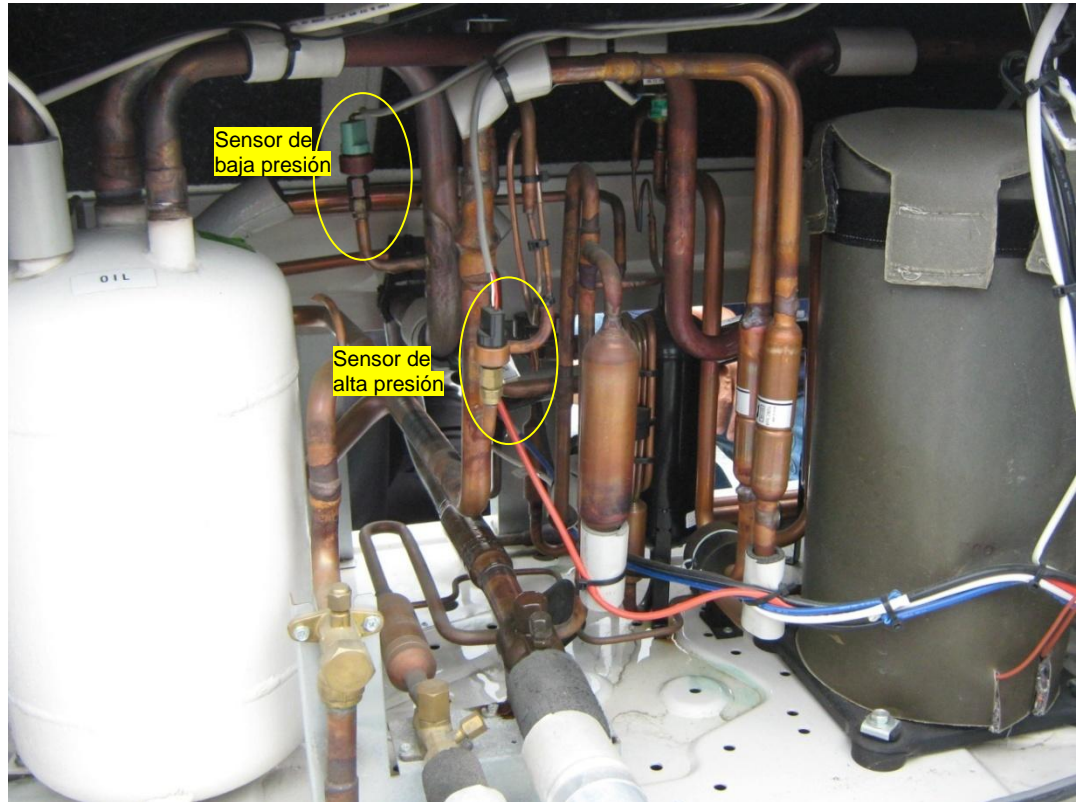
### **Accesorios en las líneas del refrigerante:**

Dentro de las líneas del refrigerante se encuentran los elementos que interactúan directamente con el refrigerante o con las tuberías por las que fluye.

### **2.1.5 SUBSISTEMA DE CONTROL EN LAS LÍNEAS DEL REFRIGERANTE**

Este subsistema está formado por los sensores de presión, switch de presión, las válvulas solenoide y de servicio, la válvula de expansión electrónica y los termistores. Su función es la de mantener la presión y la temperatura en los rangos adecuados de operación y controlar el flujo del refrigerante.

### 2.1.5.1 Sensores de presión:



**Figura 21.** Sensores de presión

Un sensor de presión es un instrumento que mide la presión y produce una señal eléctrica que refleja el valor de la presión medida.

Cada unidad condensadora cuenta con dos sensores de presión, uno en la entrada del acumulador midiendo el lado de baja presión y el otro ubicado en la unión de las líneas de descarga de los dos compresores, midiendo el lado de alta presión.

En este caso cada sensor cuenta con tres terminales eléctricas, la terminal para la alimentación en DC, la terminal de tierra y la terminal de salida que proporciona un nivel de tensión lineal y proporcional a la presión medida.

Terminal roja: 5Vdc.

Terminal negra: Tierra.

Terminal blanca: voltaje de salida.

### 2.1.5.2 Switch de presión:

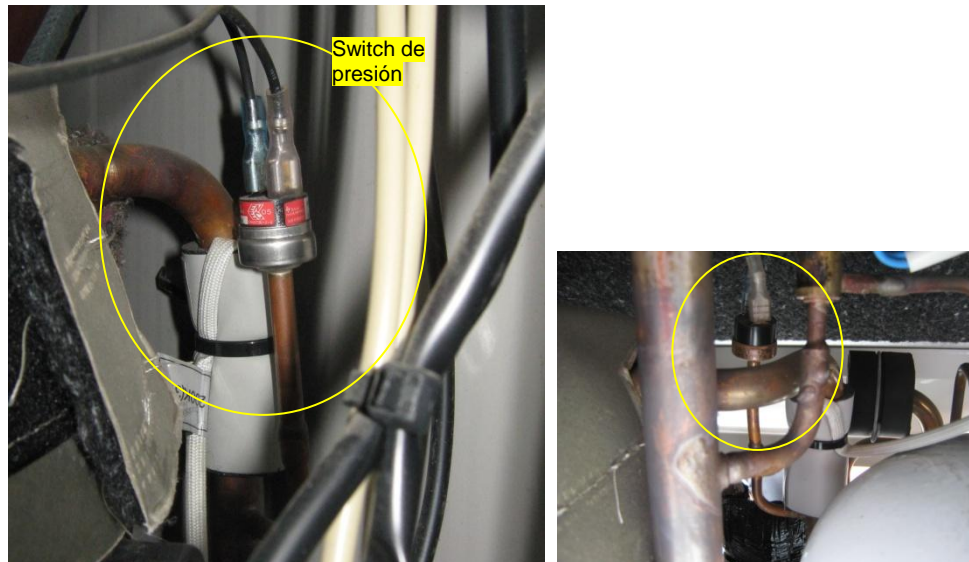


Figura 22. Switch de presión

Una excesiva presión en la línea de descarga lleva consigo un aumento en la temperatura de descarga y en la corriente del compresor, lo cual puede terminar en serios daños al sistema. Para prevenir esto, cada condensadora cuenta con dos switch de presión para apagar el sistema si la presión de descarga sobrepasa el valor de seguridad.

Las terminales del switch están cerradas (corto circuito) bajo condiciones de operación normal, cuando la presión sobrepasa el valor de seguridad las terminales del switch se abren (circuito abierto) para interrumpir el paso de corriente. Una vez que la presión cae por debajo del valor de seguridad, el switch cierra nuevamente sus terminales.

Hay un switch en la línea de descarga de cada compresor y eléctricamente están conectados en serie para que, ante cualquier incidente de alta presión, se detenga todo el sistema.

### 2.1.5.3 Válvulas solenoides:

Una válvula solenoide es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto. La válvula está controlada por una corriente eléctrica que circula a través de un solenoide

(conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Estas válvulas tienen solo dos posibles estados, abierta o cerrada. El sistema cuenta con tres válvulas del tipo solenoide, una válvula de desvío de gas caliente y dos válvulas de inyección de líquido.

✓ **Válvula de desvío de gas caliente ( Hot Gas Bypass Valve)**



**Figura 23.** Válvula Bypass

Su función es la de desviar parte del refrigerante en forma de vapor a alta temperatura y alta presión que sale de la línea de descarga de los compresores hacia el acumulador que se encuentra en la línea de succión de los compresores, donde se mezcla con el vapor a baja temperatura y baja presión proveniente de las evaporadoras. Esta desviación se hace con 3 objetivos principalmente:

**1. Elevar la presión en la línea de succión:**

La inyección de refrigerante a alta presión en la línea de succión eleva la presión del refrigerante que entra al compresor simulando una carga en el evaporador. Cuando la presión de succión cae por debajo de cierto valor permitido puede interferir con el buen funcionamiento del compresor hasta el punto de ocasionar daños en él. Esta caída en la presión de succión se da cuando la carga de los evaporadores es baja causando que el vapor se forme con menor rapidez o cuando el sistema está operando por debajo de las condiciones mínimas del diseño. Una vez se detecta la caída de presión la válvula se abre para aumentar la presión, si después de esto la presión sigue cayendo el sensor de presión enviara una señal a la tarjeta principal para que apague el sistema y evite daños permanentes.

## **2. Reducir la eficiencia del sistema:**

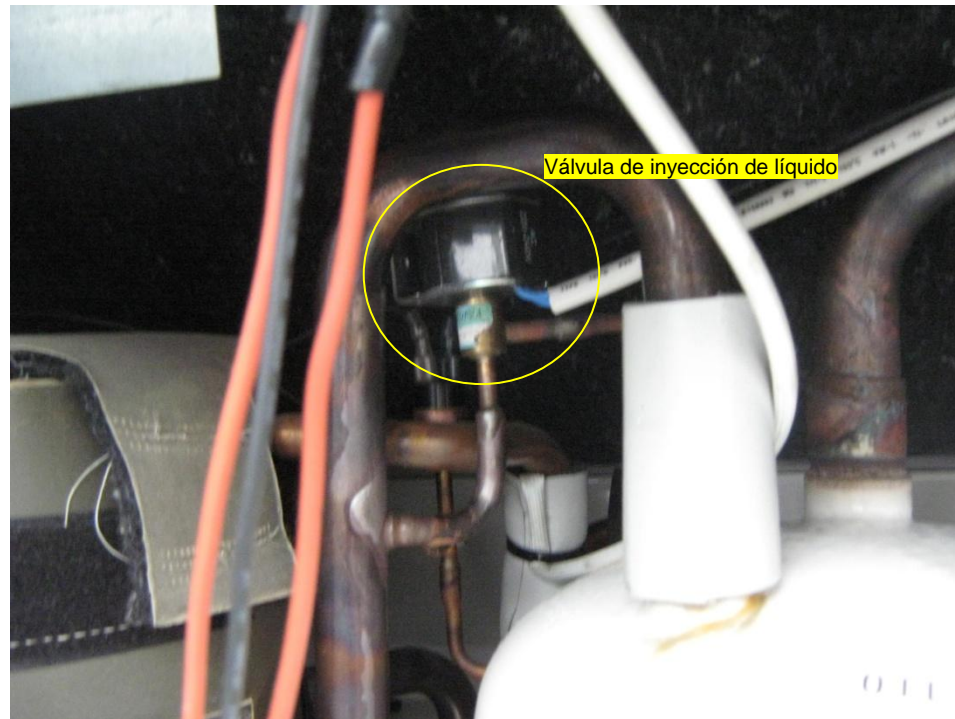
Al desviarse una parte del refrigerante comprimido se produce una reducción en la eficiencia del sistema ya que ahora el volumen del refrigerante a condensar es menor, reduciendo así la capacidad de enfriamiento.

El compresor ejecuta ciclos de retorno de aceite cada cierto número de horas, para esto incrementa el flujo y la velocidad del refrigerante de manera que empuje el aceite que se encuentra atrapado en diferentes partes del sistema para devolverlo al compresor. En caso que este aumento en la capacidad de enfriamiento no sea necesario, la válvula solenoide de desvió de gas caliente se abre para desviar parte del refrigerante y así reducir la eficiencia del sistema y compensar la capacidad adicional no requerida.

## **3. Controlar la temperatura:**

El compresor Inverter tiene unos niveles discretos de velocidad sobre los cuales opera, cuando está operando a una velocidad mayor a la necesaria, la válvula bypass de gas caliente le ayuda a neutralizar el efecto del refrigerante desviando parte de este hacia el acumulador, controlando de esta forma que la temperatura se mantenga en los niveles deseados por el usuario.

✓ Válvulas de inyección de líquido (Liquid Injection )

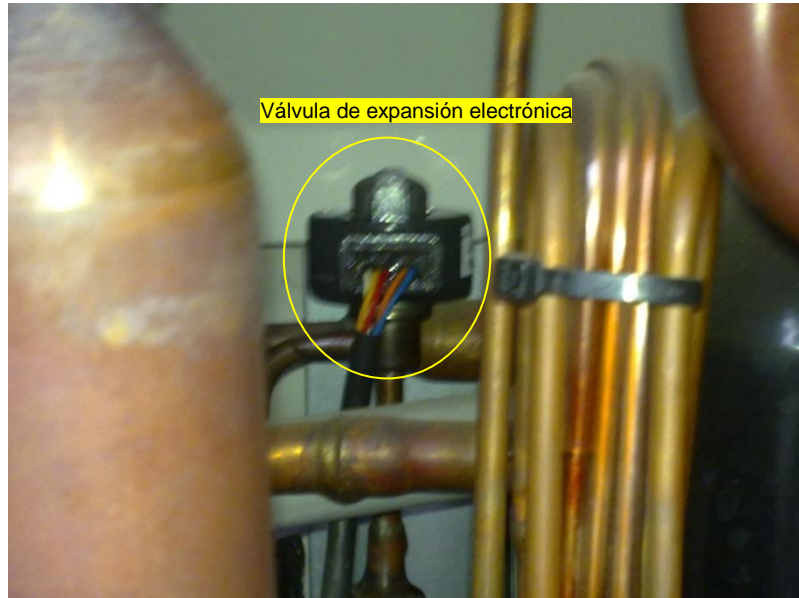


**Figura 24.** Válvula de inyección de líquido

La función de estas válvulas solenoides es la de prevenir el recalentamiento. Para esto desvía parte del refrigerante líquido a la línea de succión de los compresores con el fin de disminuir la temperatura del refrigerante a la entrada del compresor y por ende la temperatura de descarga.

Una elevada temperatura de descarga (recalentamiento) puede producir el deterioro de las propiedades lubricantes del aceite y un mal funcionamiento o daño del compresor. Generalmente el recalentamiento se presenta por fallas de lubricación, altas temperaturas del gas de retorno, falta de circulación de aire por el exterior del compresor o simplemente como consecuencia de las características termodinámicas del refrigerante R22. Por esta razón el sistema cuenta con dos válvulas solenoides de inyección de líquido, una para el compresor *Inverter* y otra para el compresor de velocidad constante.

#### 2.1.5.4 Válvula de expansión electrónica del circuito de subenfriamiento:

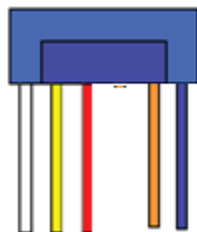


**Figura 25.** Válvula de expansión electrónica

Es una válvula estable y fiable accionada por un motor paso a paso controlado por la tarjeta principal. El motor paso a paso le permite una notable precisión (480 pasos) en la regulación de su apertura o cierre, de manera que se obtiene una linealidad en el flujo del refrigerante en función de las necesidades del sistema.

Esta válvula se encuentra en el circuito de subenfriamiento modulando la cantidad de refrigerante en forma líquida que entra al tubo exterior del intercambiador coaxial para subenfriar el líquido que será enviado a las evaporadoras.

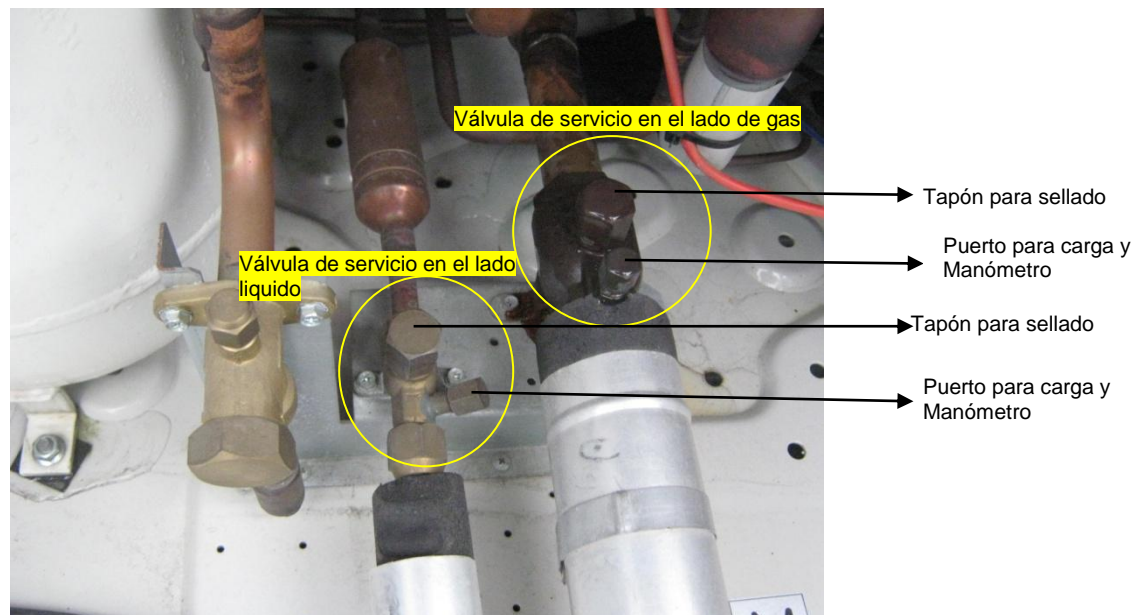
En condiciones normales presenta los siguientes valores de resistencia entre sus terminales:



BLANCO-ROJO:	$104 \pm 6 \Omega$
AMARILLO-NARANJA:	$104 \pm 6 \Omega$
BLANCO-AZUL:	$52 \pm 3 \Omega$
AMARILLO-AZUL:	$52 \pm 3 \Omega$
ROJO-AZUL:	$52 \pm 3 \Omega$

### 2.1.5.5 Válvulas de servicio:

Estas válvulas permiten sellar manualmente partes del sistema en casos de emergencia, o para llevar a cabo tareas de mantenimiento como la conexión de manómetros, la carga o descarga de refrigerante o aceite, la introducción de un vacío, etc.

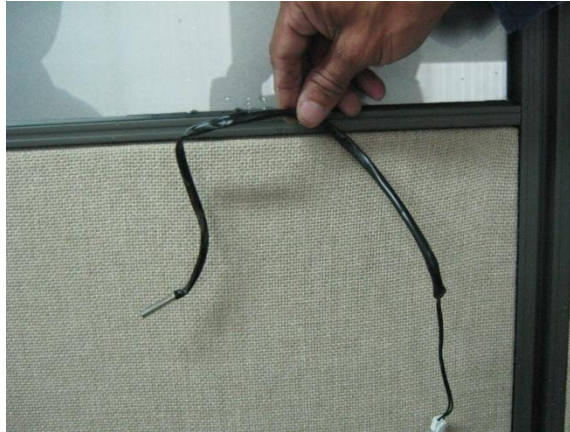


**Figura 26.** Válvulas de servicio

Cada condensadora cuenta con tres válvulas de servicio. Una en la línea que se dirige hacia las unidades internas (evaporadoras) donde el refrigerante se encuentra en forma líquida, otra que se ubica en la línea que de las unidades internas viene hacia la condensadora, donde el refrigerante se encuentra en forma gaseosa y una última válvula que se usa para conectar varias unidades condensadora entre sí, pero que en este sistema no se usa.

Como puede verse de la figura anterior, cada válvula cuenta con un tapón de sellado y un puerto para carga y manómetro. El tapón de sellado cuenta con una rosca que permite cerrar o abrir el paso del refrigerante. Cuando el sistema está en operación normal la válvula se encuentra en estado abierto y el puerto para carga y manómetro se encuentra cerrado.

### 2.1.5.6 Termistores:



**Figura 27.** Termistor

Son sensores de temperatura contruidos generalmente de un material semiconductor o algún tipo de cerámica cuya resistencia varía significativamente con la temperatura. Existen dos tipos:

- ✓ NTC (Negative Temperature Coefficient) :

Estos disminuyen la resistencia de manera no lineal a medida que aumenta la temperatura

- ✓ PTC (Positive Temperature Coefficient):

Estos aumentan la resistencia de manera no lineal a medida que aumenta la temperatura.

El sistema, en cada condensadora cuenta con los siguientes termistores:

- Termistores en la línea de descarga del compresor (NTC):

Hay uno ubicado en la línea de descarga de cada compresor midiendo su temperatura. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

10°C=362K $\Omega$

25°C=200K $\Omega$

50°C=82K $\Omega$

100°C=18.5K $\Omega$

- Termistor en la línea de succión:

Se encuentra ubicado en la entrada del acumulador midiendo la temperatura de la línea de succión del sistema. . Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=5\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=1.8\text{K}\Omega$$

- Termistor del aire exterior(NTC):

Se encuentra ubicado en la parte de afuera del intercambiador de calor de la condensadora midiendo la temperatura del aire exterior. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=20.7\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=3.4\text{K}\Omega$$

- Termistor del intercambiador de calor de la condensadora:

Se encuentra sobre la tubería del intercambiador de calor. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=5\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=1.8\text{K}\Omega$$

- Termistores del circuito de subenfriamiento:

El circuito de subenfriamiento cuenta con dos termistores, uno en la entrada y el otro en la salida que va hacia el acumulador. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=5\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=1.8\text{K}\Omega$$

- Termistor de la línea de líquido:

Se encuentra a en la salida del circuito de subenfriamiento sobre la tubería de líquido. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=5\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=1.8\text{K}\Omega$$

- Termistor del disipador de calor:

Se encuentra ubicado en el disipador de calor de la tarjeta Inverter. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=20\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=3.6\text{K}\Omega$$

$$85^{\circ}\text{C}=1\text{K}\Omega$$

## **2.1.6 SUBSISTEMA PARA EL PROCESO DE ENFRIADO DEL REFRIGERANTE:**

Este subsistema está formado por los elementos dedicados a cumplir con el objetivo de la condensadora de recibir el refrigerante en forma gaseosa y entregarlo en forma líquida y a baja temperatura.

Está compuesto por los compresores, los separadores de aceite, el intercambiador de calor, los filtros, el calentador del cárter, los tubos capilares, el acumulador, los ventiladores y un circuito de subenfriamiento.

### **2.1.6.1 Compresores:**

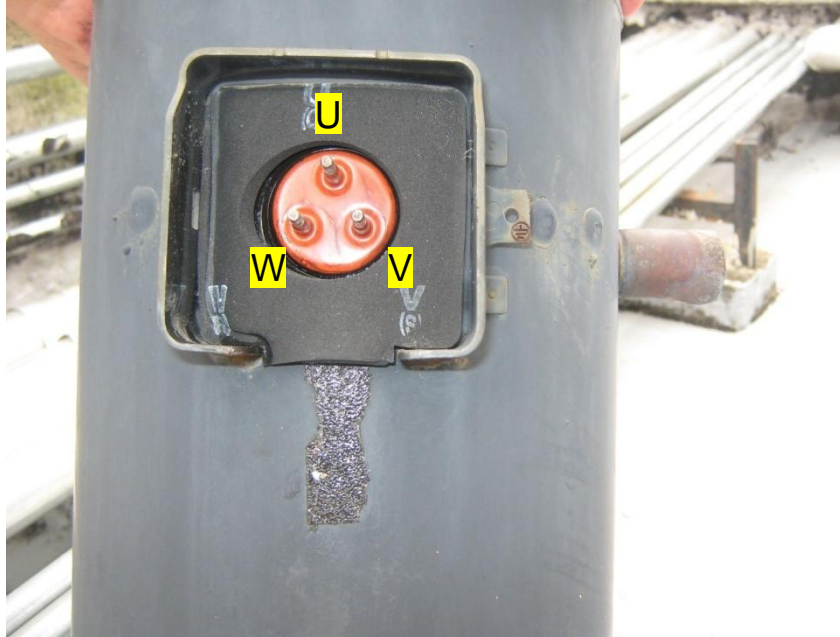
Los compresores son los encargados de hacer circular el refrigerante por el sistema y crear una diferencia de presión entre evaporadoras y condensadora. Succionan el refrigerante en forma gaseosa y a baja presión y lo descargan como vapor a alta presión y alta temperatura para facilitar la condensación que se lleva a cabo en el intercambiador de calor.

Este sistema cuenta con dos compresores por cada unidad condensadora, uno con velocidad constante y el otro con tecnología Inverter, que permite variar su velocidad de operación.



**Figura 28.** El compresor

1. Línea de descarga. Por aquí sale el refrigerante a alta presión y temperatura hacia el intercambiador de calor.
2. Línea de succión. Por aquí entra el refrigerante procedente de las evaporadoras.
3. Terminales de alimentación eléctrica U, V y W.
4. Terminal de retorno de aceite. Por aquí entra el aceite que es retenido por el separador de aceite y retornado al compresor.
5. Terminal común de aceite. Por aquí se comunican los dos compresores del sistema para compartir el aceite.

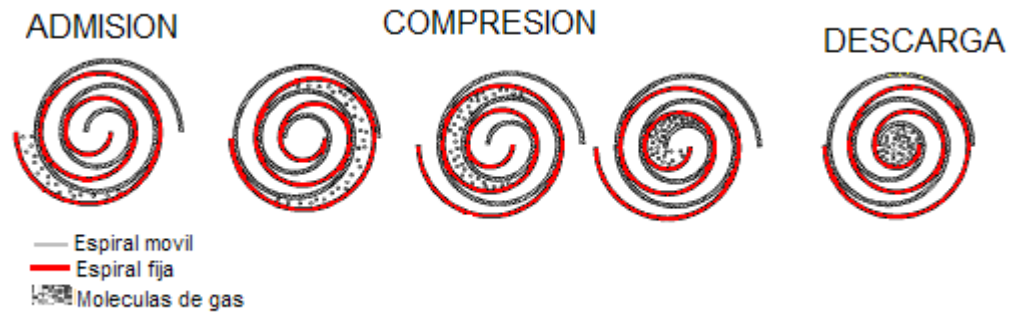


**Figura 29.** Fases del compresor

✓ **Compresor de velocidad constante:**

Este es un compresor tipo scroll hermético accionado por un motor eléctrico trifásico de corriente alterna.

El principio básico de funcionamiento de este tipo de compresor se basa En la interacción de una espiral fija con otra móvil, ambas idénticas y desfasadas entre si  $180^\circ$ . La espiral móvil se mueve, siguiendo la trayectoria fijada por la espiral fija y se mantiene unida a esta última gracias a la acción de la fuerza centrífuga. Así es como, desde la periferia, se van formando compartimientos de gas que son desplazados hacia el centro de las espirales, contrayendo su volumen y aumentando la presión y temperatura, hasta producirse la descarga por el centro como se muestra en la figura 30.



**Figura 30.** Principio de compresión del compresor tipo Scroll

En cada posición del movimiento orbital las dos espirales entran en contacto en varios puntos, formando una serie de cámaras o celdas, en forma de media luna, independientes. El giro del motor hace que las celdas se vayan trasladando de la periferia hacia el interior de las espirales, progresivamente, lo que implica una disminución continua del volumen de estas cámaras a medida que se aproximan hacia el centro de las espirales.

Los compresores Scroll no poseen bomba de aceite. El aceite es impulsado desde el depósito en la parte inferior a través de una ranura helicoidal a lo largo del eje. El aceite sube por el eje gracias a la fuerza centrífuga y lubrica los componentes mecánicos.

✓ **Compresor Inverter:**

Este compresor es del tipo scroll hermético y sigue los mismos principios mecánicos de operación mencionados anteriormente en el compresor de velocidad constante, se diferencia del compresor normal en que trabaja con un motor en DC trifásico que le permite modificar la velocidad del motor para ajustarse a los requerimientos del sistema.

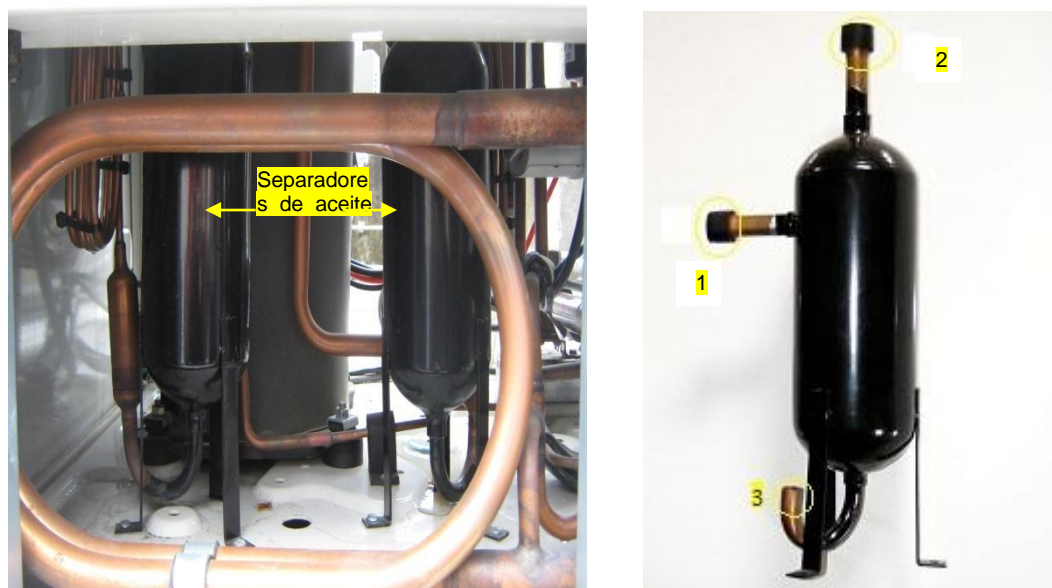
Este compresor es el encargado de trabajar cuando el requerimiento de la capacidad varía por debajo del 50%. El compresor de velocidad fija arranca solo cuando la capacidad requerida está por encima del 50%, luego de esto el compresor Inverter es el encargado de modular hasta alcanzar el 100%.

Este tipo de compresor posee limitación en la frecuencia mínima de operación para asegurar una buena lubricación a baja velocidad de rotación. En caso que se requiere una capacidad por debajo del mínimo de esta frecuencia de operación el sistema acude a la válvula de desvío

de gas caliente “Bypass” para desviar la capacidad adicional no requerida.

Para retornar el aceite al compresor y garantizar la lubricación el sistema emplea un separador de aceite, dado que el separador tiene una eficacia limitada su aplicación se combina con los ciclos de retorno de aceite, en el cual cada dos horas aproximadamente el compresor *Inverter* aumenta la velocidad del compresor durante 10 minutos para incrementar el flujo y la velocidad del refrigerante de manera que empuje el aceite que se encuentra atrapado en diferentes partes del sistema para devolverlo al compresor. En caso que este aumento en la capacidad de enfriamiento no sea necesario, las válvulas solenoides de desvío “bypass” se abren para desviar la capacidad adicional no necesitada.

### 2.1.6.2 Separadores de aceite:



**Figura 31.** Separadores de aceite

Los compresores son lubricados con un aceite especial que va dentro del cárter del compresor, de allí éste circula a todas las partes móviles. Si el aceite permaneciera en el cárter, donde le corresponde, se eliminarían muchos de los problemas causados por éste en los sistemas de refrigeración, pero el aceite sale del compresor en forma de pequeñas

gotas de rocío, junto con el gas refrigerante comprimido, para todas las partes del sistema. El efecto global de aceite en circulación disminuye la eficiencia del equipo. Debe recordarse que Pequeñas cantidades de aceite no son dañinas, y de hecho, pueden ser benéficas al lubricar algunos accesorios como las válvulas. Sin embargo, en otros componentes como el evaporador, el condensador, etc., no es necesario ni deseable, y en grandes cantidades crea problemas.

Para contrarrestar los efectos indeseables que produce el aceite por fuera de los compresores, el sistema cuenta con un separador de aceite para cada compresor (dos por cada condensadora). Como su nombre lo indica este es un dispositivo diseñado para separar el aceite lubricante del refrigerante antes que entre a otros componentes del sistema y regresarlo al cárter del compresor. En el punto 1 de la figura entra la mezcla del refrigerante comprimido y el aceite proveniente de la línea de descarga del compresor, en el punto 2 sale el refrigerante comprimido libre de aceite y por el punto 3 se retorna el aceite al cárter. Este retorno es provocado por la diferencia de presiones entre la alta presión del gas en el separador de aceite y la baja presión en el cárter.

### 2.1.6.3 Intercambiador de calor:



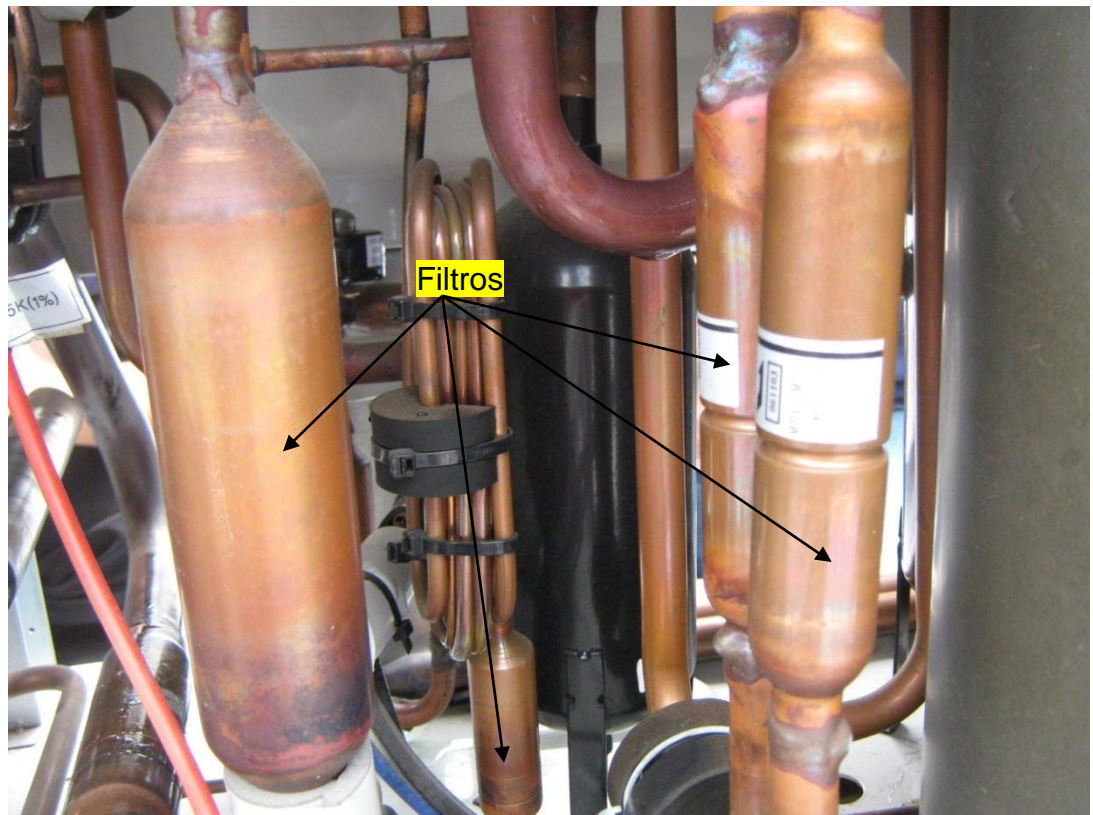
**Figura 32.** Intercambiador de calor de la condensadora

En la salida de los compresores las moléculas del gas a alta presión son forzadas a unirse, por lo que pierden energía en forma de calor. Cuando las moléculas se han unido lo suficiente y el calor se ha disipado, el refrigerante

cambia de gas a líquido. Para lograr el objetivo de disipar el calor se utiliza un intercambiador de calor, en el interior de este el vapor refrigerante caliente se enfría conforme transfiere su calor al aire circundante por conducción, a través de sus paredes metálicas. Conforme el calor es cedido por el refrigerante en forma de vapor de elevada presión y temperatura, su temperatura desciende al punto de saturación y el vapor se condensa convirtiéndose en líquido, por esto a este intercambiador se le conoce como condensador.

Como se muestra en la figura 32, el sistema cuenta con un intercambiador del tipo tubo con aletas enfriado por aire, que utiliza dos ventiladores para forzar el aire a pasar por él.

#### 2.1.6.4 Filtros:

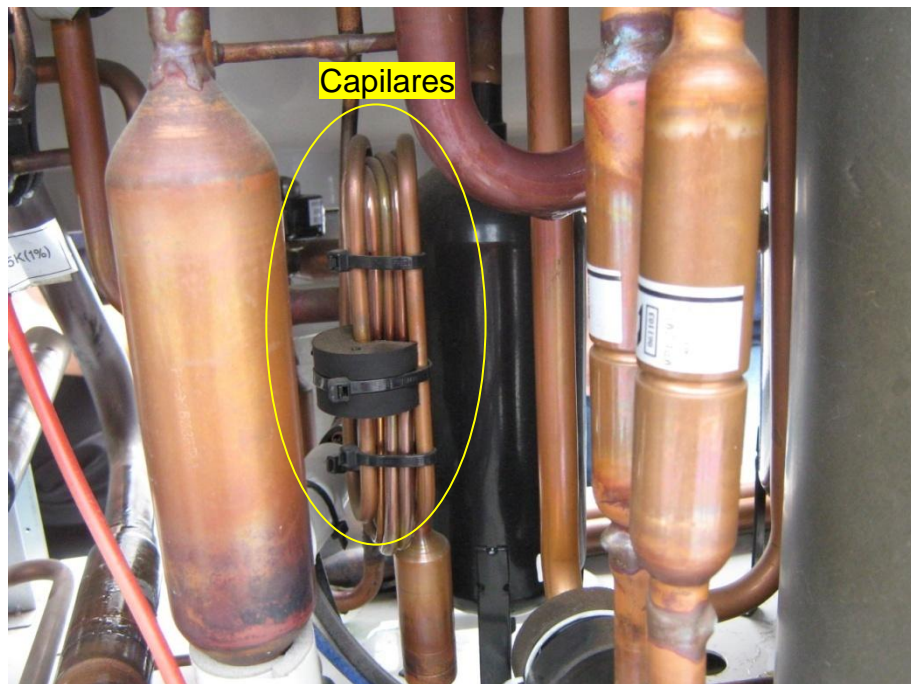


**Figura 33.** Filtros de aceite y humedad

Su función es la de interceptar la humedad y todas las partículas de suciedad de un tamaño superior a las decenas de micras que puedan llegar a interferir con el normal funcionamiento.

Va soldado en sus extremos a la tubería de circulación del refrigerante y se ubican antes de la válvula de expansión electrónica del circuito de subenfriamiento (para evitar atascos de la válvula por suciedad), antes de los tubos capilares (para proteger al compresor y para evitar que cualquier partícula de materia extraña arrastrada por el refrigerante los obstruya), en la entrada del acumulador (para secar el refrigerante) y antes de las válvulas de servicio.

#### 2.1.6.5 Tubos capilares:

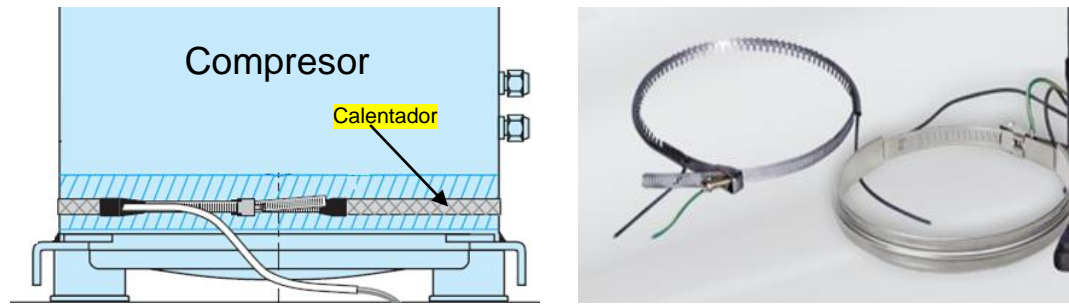


**Figura 34.** Tubos capilares

Son tubos de cobre de pequeño diámetro que actúan reteniendo el líquido que fluye por él para reducir la presión entrante y dosificar el líquido a la salida del mismo. La diferencia de presión entre la entrada y la salida del tubo está definida en función de su longitud.

Gracias a estos tubos el aceite es retornado al compresor de forma controlada y dosificada en función de la presión de descarga.

### 2.1.6.6 Calentador del cárter (*crankcase heater*):



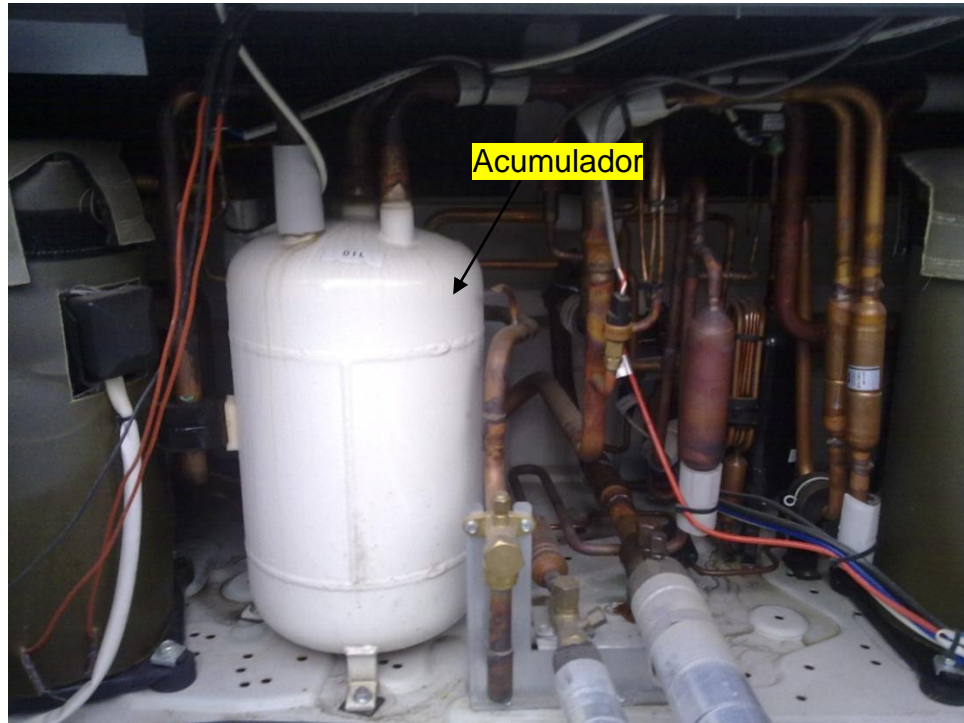
**Figura 35.** Calentador del cárter

Cuando el sistema está en operación, el cárter está caliente, pero durante un ciclo de paro prolongado, el compresor se enfría hasta la temperatura ambiente. El refrigerante en el sistema sigue la ley de los gases y emigra al cárter, donde con la baja temperatura se condensa y se mezcla con el aceite ocasionando problemas como la disminución de las propiedades lubricantes del aceite y el aumento de la cantidad de aceite en circulación a través de todo el sistema.

A fin de mantener el cárter lo suficientemente caliente para asegurarse que nunca sea la parte más fría del sistema, y que el aceite esté siempre caliente para vaporizar y expulsar cualquier cantidad de refrigerante se usa el calentador del cárter (*crankcase heater*).

Como se puede apreciar en la figura 35, el calentador es una resistencia en forma de abrazadera metálica que rodea al cárter del compresor y lo provee de calor.

### 2.1.6.7 Acumulador:



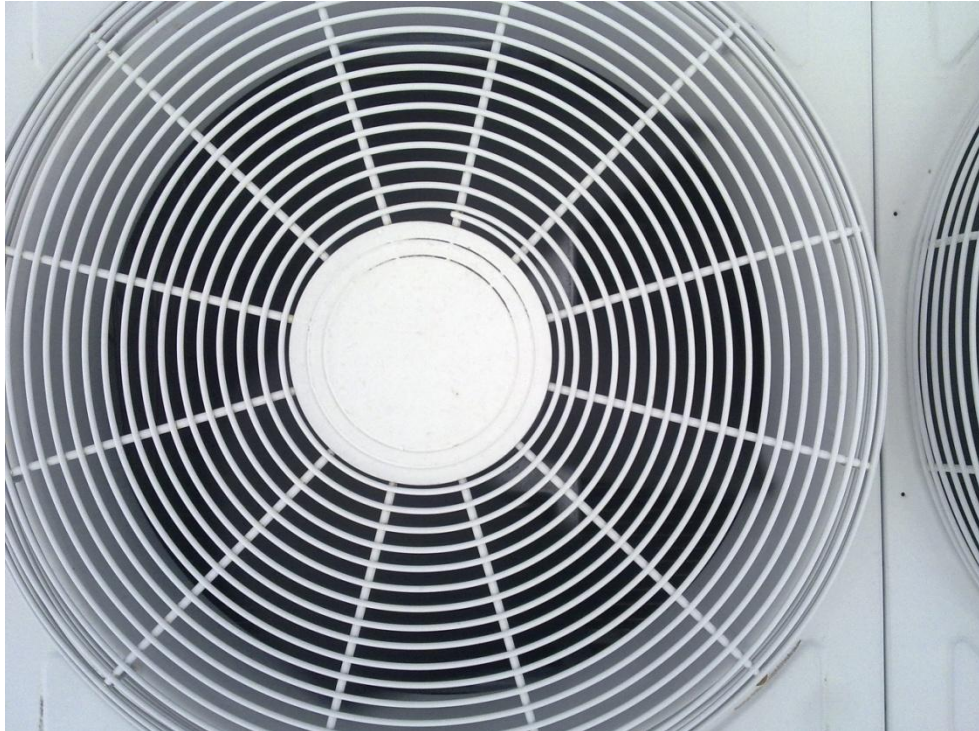
**Figura 36.** Acumulador

Este sistema cuenta con la tecnología de volumen de refrigerante variable, de modo que múltiples unidades internas se conectan a través de una línea común a una sola unidad condensadora. Gracias a la ayuda de una válvula de expansión electrónica cada unidad interna toma el volumen de refrigerante que se ajusta a sus necesidades.

La función del acumulador es regular el volumen de refrigerante, almacenando la diferencia entre el volumen de refrigerante total en el sistema y el volumen de refrigerante actual de operación, así cuando el sistema tiene poca demanda, el acumulador guarda gran parte del refrigerante en él, mientras que cuando el sistema necesita una gran cantidad de refrigerante, este es el encargado de suministrarlo.

Además de esto el acumulador ofrece protección contra el retorno de líquido hacia los compresores durante el arranque y funcionamiento del sistema.

### 2.1.6.8 Ventiladores:



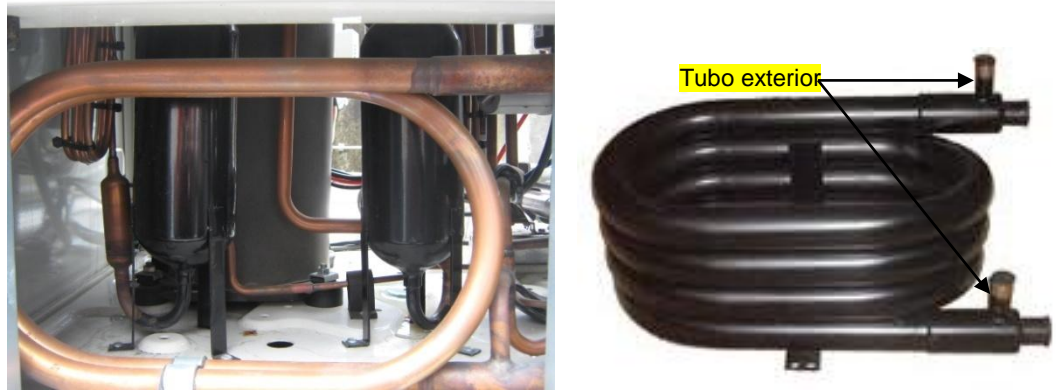
**Figura 37.** Ventiladores

Son los encargados de extraer las grandes cantidades de aire que fluyen a través del intercambiador de calor para permitir la transferencia de calor del refrigerante al aire exterior.

Además de su función principal estos ventiladores son utilizados para ayudar a controlar descompensaciones en la presión. Cuando el sensor de presión detecta un aumento excesivo en la línea de descarga el ventilador aumenta su velocidad para contrarrestar este efecto, mientras que si el sensor detecta una excesiva caída de presión en la línea de succión, el ventilador disminuye su velocidad para trabajar en conjunto con la valvula bypass y ayudar a elevar la presión.

El sistema cuenta con dos ventiladores por cada unidad condensadora, cada uno alimentado por una señal PWM proveniente del modulo de potencia de los ventiladores.

### 2.1.6.9 Circuito de subenfriamiento:



**Figura 38.** Intercambiador coaxial

Se encarga de enfriar el refrigerante por debajo de su temperatura de condensación para lograr que este se encuentre líquido y libre de burbujas de vapor, antes de llevarlo a los evaporadores, y de esta manera incrementar la capacidad de enfriamiento del sistema. Para ello el circuito cuenta con un intercambiador coaxial como el que aparece en la figura 38, que consta de dos tubos concéntricos. Por el tubo interior circula el refrigerante que será subenfriado y entregado a las evaporadoras y por el tubo exterior circula el líquido que será utilizado para refrigerar el líquido del tubo interior.

Este sistema en particular realimenta parte del líquido subenfriado al circuito para inyectarlo de manera controlada por una válvula de expansión electrónica en el tubo exterior y usarlo como líquido refrigerante. Este líquido termina su recorrido en el acumulador, mientras que el líquido que fluye por el interior termina en las evaporadoras en forma de líquido subenfriado.

## 2.2 UNIDADES INTERNAS (EVAPORADORAS)

El sistema cuenta con 53 unidades internas o evaporadoras distribuidas en los cinco pisos del edificio ADMISTRACION II. La función principal de estas unidades es la de facilitar la evaporación del refrigerante, de manera que el refrigerante absorba calor mientras se evapora, dejando tras de sí un espacio frío, que luego es impulsado hacia la habitación para mantener la temperatura deseada.

Hay tres tipos diferentes de unidades internad instaladas en el edificio que son:

- Tipo techo de 4 vías
- Tipo techo de una vía

- Tipo pared

Cada unidad interna puede describirse por medio de dos subsistemas, el subsistema de control y el subsistema para el proceso de evaporación del refrigerante.

### **2.2.1 SUBSISTEMA DE CONTROL:**

Este subsistema está formado por la válvula de expansión electrónica, los termistores, la tarjeta principal, una tarjeta de comunicación, motores DC y una bomba de succión. La función de este subsistema es la de controlar, el flujo del refrigerante, el flujo de aire frío, el drenado de la evaporadora y la comunicación de la evaporadora.

A continuación se describe cada uno de los elementos que conforma este subsistema:

#### **2.2.1.1 Válvula de expansión electrónica:**



**Figura 39.** Válvula de expansión electrónica de la evaporadora

Es una válvula estable y fiable accionada por un motor paso a paso controlado por la tarjeta de la unidad interna. El motor paso a paso le permite una notable precisión (480 pasos) en la regulación de su apertura o

cierre de manera que garantiza un amplio rango de operación y una linealidad en el flujo del refrigerante, para que este entre a la evaporadora en función de las prestaciones demandadas.

Esta válvula permite un funcionamiento bastante ideal del evaporador al suministrar de manera precisa la cantidad de líquido requerido, permitiendo así controlar el recalentamiento producido por las elevadas temperaturas en el gas de salida que se presenta cuando la cantidad de líquido en el evaporador no es suficiente.

Esta es la misma válvula para los tres tipos de unidades internas y en condiciones normales presenta los siguientes valores de resistencia entre sus terminales:

BLANCO –NARANJA: Alrededor de  $300\Omega$   
AMARILLO--AZUL: Alrededor de  $300\Omega$

### 2.2.1.2 Termistores:

Un termistor es un sensor resistivo de temperatura construido generalmente de un material semiconductor o algún tipo de cerámica cuya resistencia varía significativamente con la temperatura. Existen dos tipos:

- ✓ **NTC**(Negative Temperature Coefficient) :  
Estos disminuyen la resistencia de manera no lineal a medida que aumenta la temperatura.
- ✓ **PTC**(Positive Temperature Coefficient):  
Estos aumentan la resistencia de manera no lineal a medida que aumenta la temperatura.

El sistema, en cada evaporadora cuenta con los siguientes termistores:

- ✓ Termistor en la entrada del intercambiador de calor (NTC):  
Su función es la de medir la temperatura del refrigerante en su forma líquida y a baja temperatura. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$10^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$   
 $25^{\circ}\text{C}=5\text{K}\Omega$   
 $50^{\circ}\text{C}=1.8\text{K}\Omega$

- ✓ Termistor en la salida del intercambiador de calor (NTC):

Su función es la de medir la temperatura del refrigerante en su forma gaseosa cuando sale de la evaporadora y se dirige hacia el compresor. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=5\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=1.8\text{K}\Omega$$

- ✓ Termistor del aire exterior (NTC):

Su función es la de medir la temperatura de la habitación. Sus valores de resistencia ( $\pm 5\%$  de error) son:

$$10^{\circ}\text{C}=20.7\text{K}\Omega$$

$$25^{\circ}\text{C}=10\text{K}\Omega$$

$$50^{\circ}\text{C}=3.4\text{K}\Omega$$

Los tres tipos de unidades internas utilizan los mismos termistores.

### **2.2.1.3 Tarjeta principal:**

Esta tarjeta es la encargada de controlar la velocidad del ventilador, la posición de los motores DC, la apertura o cierre de la válvula de expansión electrónica y la bomba de drenado. Además se encarga de recibir y procesar la información enviada por el control remoto y mostrar los códigos de error generados por el sistema.

A continuación se describe la tarjeta principal de cada tipo de unidad interna:

✚ Tipo techo de cuatro vías:

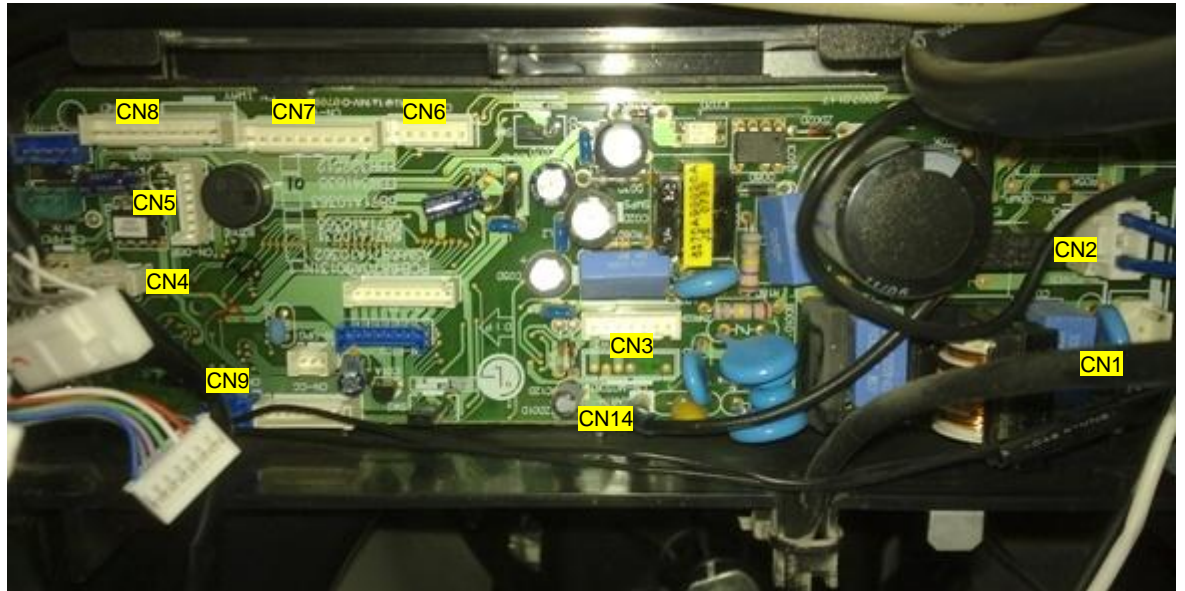


Figura 40. Tarjeta principal de evaporadora tipo techo de 4 vías, vista 1

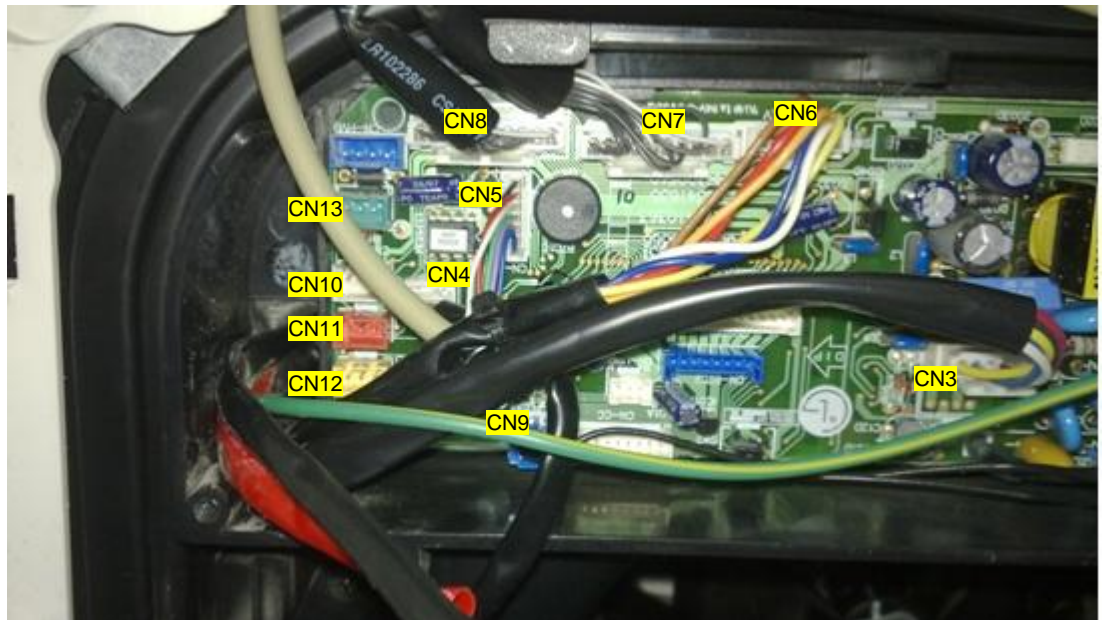


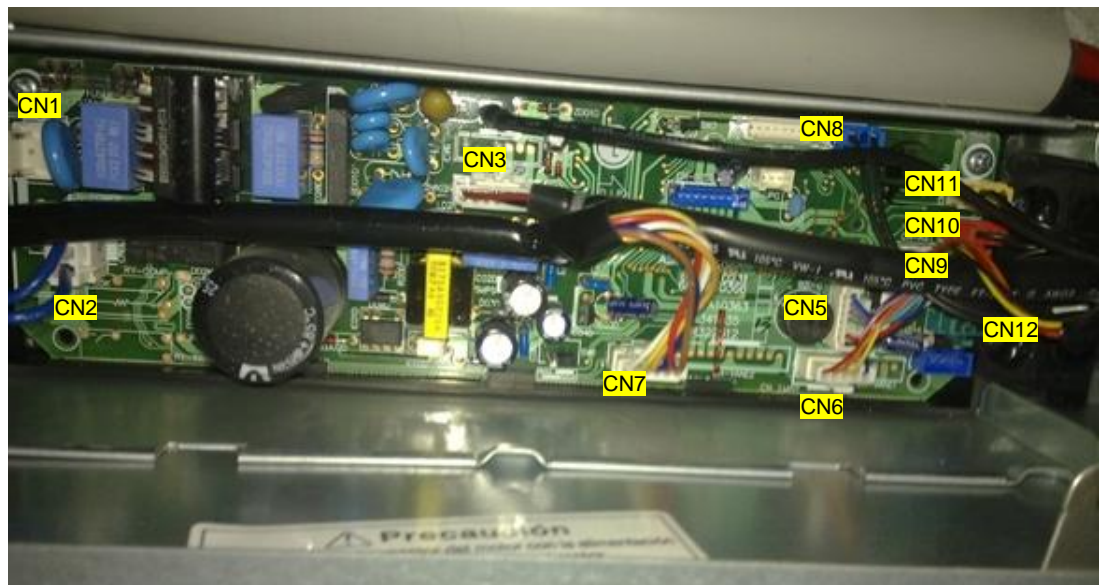
Figura 41. Tarjeta principal de evaporadora tipo techo de 4 vías, vista 2

**Conectores:**

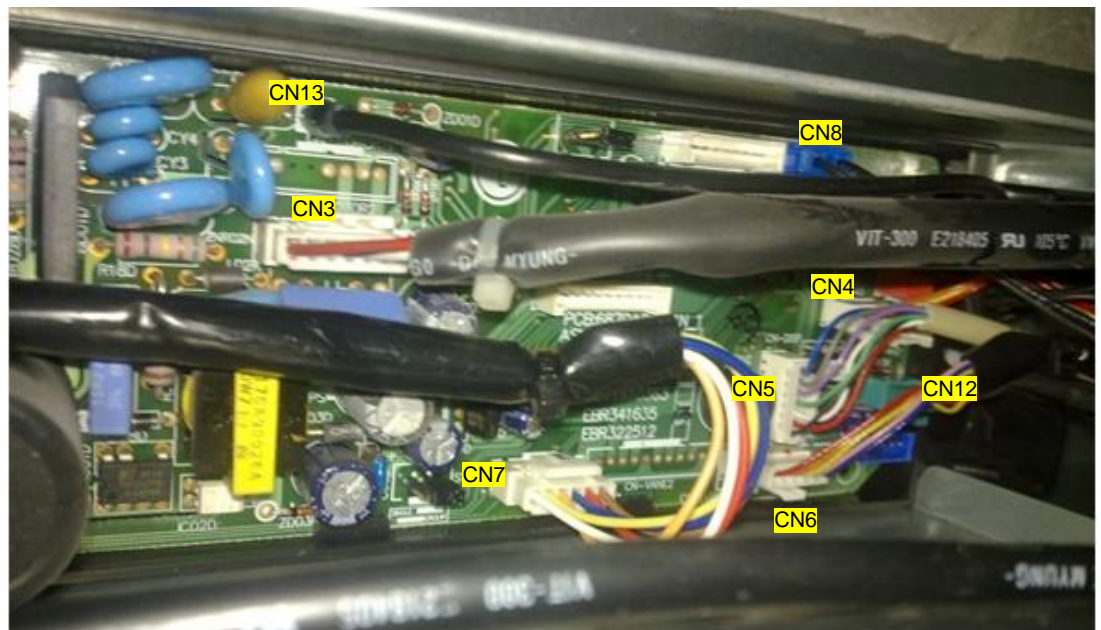
- ✓ CN1: Conector para la alimentación de corriente alterna de la tarjeta. Cable azul para el neutro y cable marrón para la línea de 220 VAC.

- ✓ CN2: Conector de dos cables azules para la alimentación de la bomba de drenado.
- ✓ CN3: conector para alimentación y control de la velocidad del motor del ventilador.
- ✓ CN4: Conector de enlace con la tarjeta de comunicación de la evaporadora.
- ✓ CN5: conector del *display* indicador de estado de la evaporadora.
- ✓ CN6: conector para la alimentación y control de la válvula de expansión electrónica.
- ✓ CN7 y 8: conectores para alimentación y control de los cuatro motores de paso que mueven cada una de las aletas de la evaporadora para hacer circular el aire hacia arriba y abajo.
- ✓ CN9: conector del switch de la bomba de drenado. Enciende o apaga la bomba dependiendo de la posición del flotador.
- ✓ CN10: conector blanco para el termistor en la tubería de entrada a la evaporadora.
- ✓ CN11: conector rojo para el termistor en la tubería de salida de la evaporadora.
- ✓ CN12: conector amarillo para el termistor que toma la temperatura de la habitación.
- ✓ CN13: conector verde para el receptor del control remoto.
- ✓ CN14: Conexión a tierra.

✚ **Tipo techo de una vía:**



**Figura 42.** Tarjeta principal de evaporadora tipo techo de una vía, vista 1



**Figura 43.** Tarjeta principal de evaporadora tipo techo de una vía, vista 2

**Conectores:**

- ✓ CN1: Conector para la alimentación de corriente alterna de la tarjeta. Cable azul para el neutro y cable marrón para la línea de 220VAC.
- ✓ CN2: Conector de dos cables azules para la alimentación de la bomba de drenado.
- ✓ CN3: Conector para alimentación y control de la velocidad del motor del ventilador.
- ✓ CN4: Conector de enlace con la tarjeta de comunicación de la evaporadora.
- ✓ CN5: Conector del *display* indicador de estado de la evaporadora.
- ✓ CN6: Conector para la alimentación y control de la válvula de expansión electrónica.
- ✓ CN7: Conector para alimentación y control del motor DC que mueve las aletas de la evaporadora para hacer circular el aire hacia arriba y abajo.
- ✓ CN8: conector del switch de la bomba de drenado. Enciende o apaga la bomba dependiendo de la posición del flotador.
- ✓ CN9: conector blanco para el termistor en la tubería de entrada a la evaporadora.
- ✓ CN10: conector rojo para el termistor en la tubería de salida de la evaporadora.
- ✓ CN11: conector amarillo para el termistor que toma la temperatura de la habitación.
- ✓ CN12: conector verde para el receptor del control remoto.
- ✓ CN13: Conexión a tierra.

✚ Tipo pared:

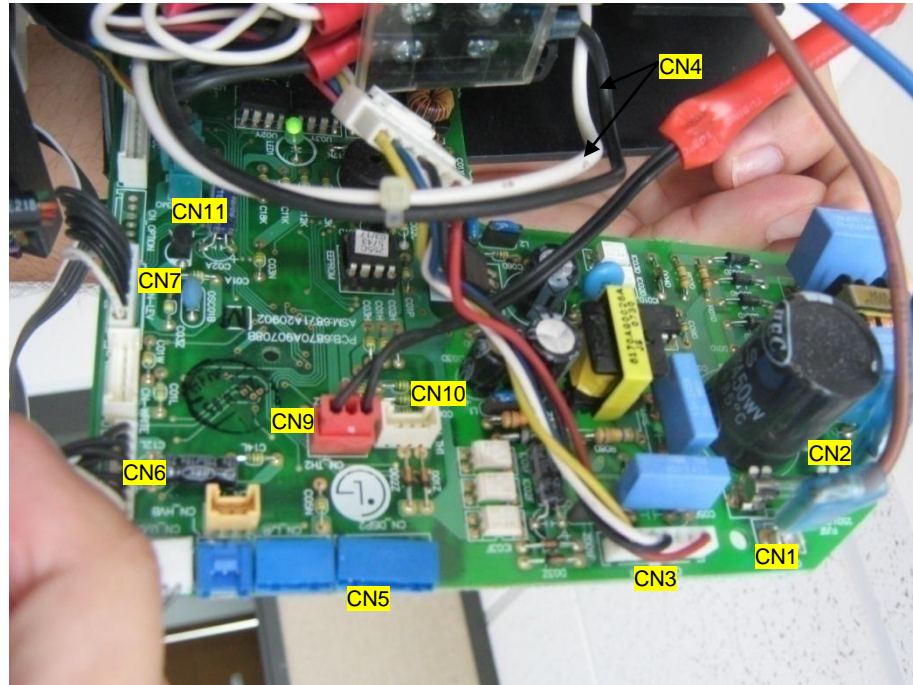


Figura 44. Tarjeta principal de evaporadora tipo pared, vista 1

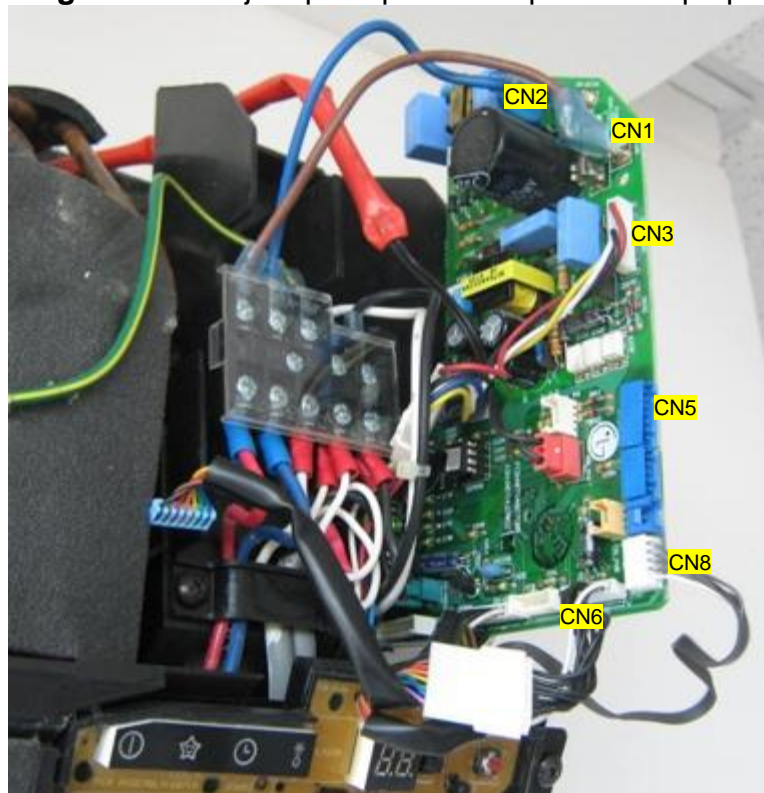


Figura 45. Tarjeta principal de evaporadora tipo pared, vista 2

### Conectores:

- ✓ CN1 y 2: Conectores para la alimentación de corriente alterna de la tarjeta. Cable azul para el neutro y cable marrón (CN-LIVE) para la línea de 220Vac.
- ✓ CN3: Conector para alimentación y control de la velocidad del motor del ventilador.
- ✓ CN4: Conector para la comunicación de la evaporadora con la condensadora.
- ✓ CN5 y 6: Conectores del *display* indicador de estado de la evaporadora.
- ✓ CN7: conector para la alimentación y control de la válvula de expansión electrónica.
- ✓ CN8: Conector para alimentación y control del motor DC que mueve las aletas de la evaporadora para hacer circular el aire hacia arriba y abajo.
- ✓ CN9: Conector rojo para el termistor en la tubería de salida de la evaporadora.
- ✓ CN10: Conector blanco para el termistor en la tubería de entrada a la evaporadora y el termistor que toma la temperatura de la habitación.
- ✓ CN11: Conector verde para el receptor del control remoto.

#### 2.2.1.4 Tarjeta de comunicación:

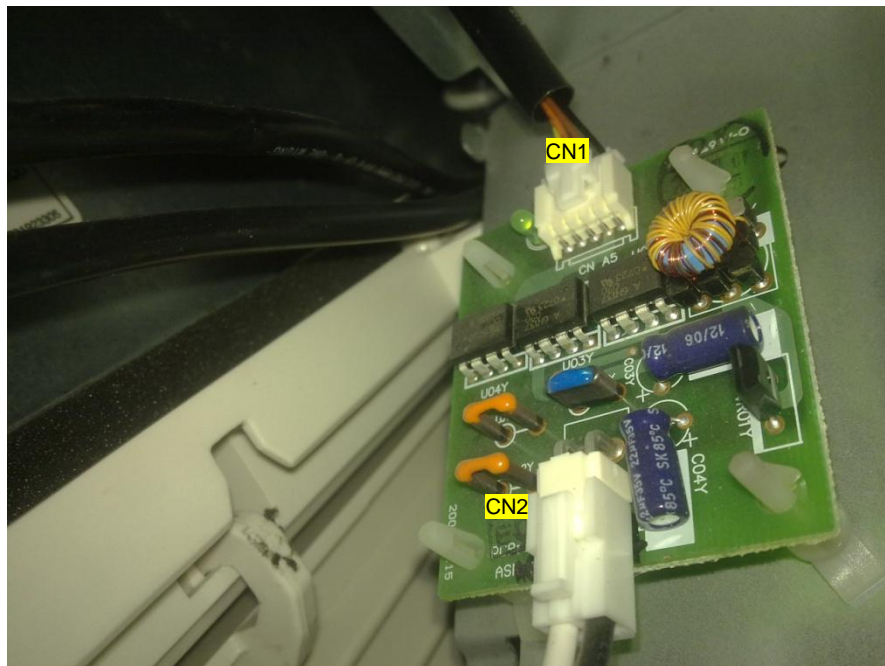


Figura 46. Tarjeta de comunicación de las evaporadoras, vista 1



**Figura 47.** Tarjeta de comunicación de las evaporadoras, vista 2

Su función es la de asegurar la comunicación entre la evaporadora y la unidad condensadora. Todas las evaporadoras están conectadas en paralelo a las terminales A y B para comunicarse con la condensadora, para evitar que varias evaporadoras intenten comunicarse al mismo tiempo y haya pérdida de información, esta tarjeta controla la forma y el tiempo que cada evaporadora usa para comunicarse sin que sucedan errores. Estas tarjetas solo están presente en las evaporadoras tipo techo, de una y cuatro vías.

#### **Conectores:**

- ✓ CN1: Conector de enlace con la tarjeta de la evaporadora, conectado a CN 4 en la evaporadora tipo techo.
- ✓ CN2: conector de enlace con las terminales A y B de la condensadora
- ✓ CN3: Conector al *display* de la evaporadora

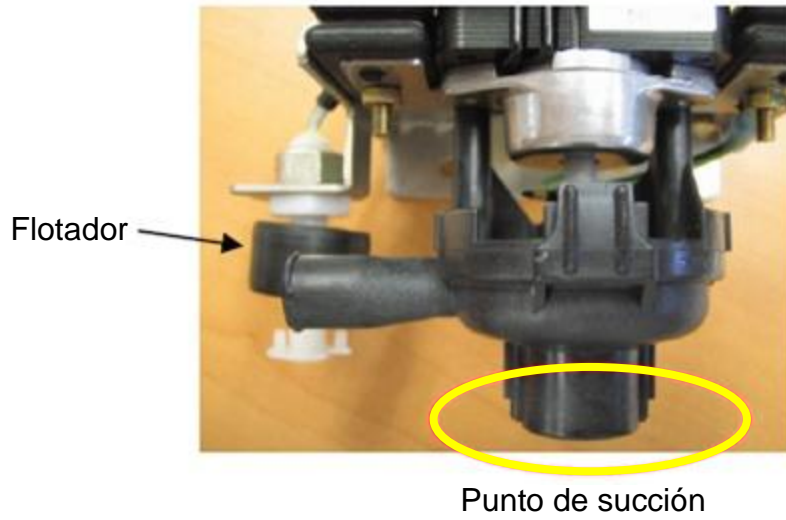
#### **2.2.1.5 Motores DC:**

Son pequeños motores paso a paso de 12VDC, utilizados por las evaporadoras para mover las rejillas de salida del aire frío.



**Figura 48. Motores DC**

**2.2.1.6 Bomba de drenado:**



**Figura 49. Bomba de drenado**

Parte del aire frío en el intercambiador de calor se condensa y convierte en agua que debe ser evacuada de la evaporadora para su correcto funcionamiento. Para esto las unidades evaporadoras tipo techo que no pueden utilizar la gravedad como método de drenaje de esta agua residual, usan una bomba de drenado como la que se muestra en la figura 49. Esta bomba está equipada con un flotador que indica el nivel de agua y al mismo tiempo activa o desactiva un switch conectado a la tarjeta de la evaporadora para encender o apagar la bomba.

Cuando el flotador ha subido a su parte más alta indicando que el nivel de agua es elevado, el switch se abre (circuito abierto) y la tarjeta enciende la bomba para que succione el agua y la drene hacia la parte exterior de la evaporadora. Cuando el flotador llega a su parte más baja indicando que el nivel de agua es tolerable el switch se cierra (corto circuito) y la tarjeta apaga la bomba.

## **2.2.2 SUBSISTEMA PARA EL PROCESO DE EVAPORACION DEL REFRIGERANTE:**

Este subsistema está formado por los elementos dedicados a cumplir con el objetivo de la evaporadora de recibir el refrigerante en forma líquida y devolverlo a la condensadora en forma gaseosa.

Está compuesto por el ventilador, el intercambiador de calor y los filtros.

A continuación se describe cada uno de de ellos:

### **2.2.2.1 Ventiladores:**

Son los encargados de extraer el aire que fluye a través del intercambiador de calor para permitir la transferencia de calor del aire exterior hacia el refrigerante.

El sistema cuenta con dos tipos de ventiladores, uno tipo tangencial o *Cross Flow Fan* por sus siglas en inglés y otro tipo turbina como se muestra en las figuras 50 y 51:



**Figura 50.** Ventiladores tipo tangencial



**Figura 51.** Ventiladores tipo turbina

Los ventiladores tipo tangencial se encuentran en las evaporadoras de pared y techo de una vía, mientras que los ventiladores tipo turbina se encuentran solo en la evaporadora tipo techo de cuatro vías.

### 2.2.2.2 Intercambiador de calor:



**Figura 52.** Intercambiador de calor de las evaporadoras

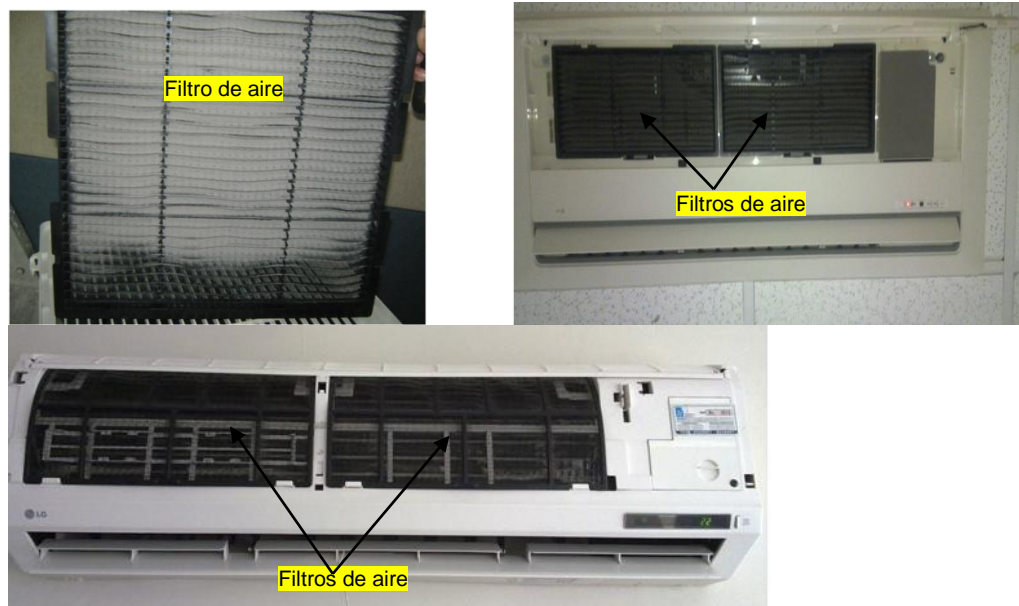
Su función es la de facilitar la absorción de calor del refrigerante para dejar tras de sí un espacio de aire frío que con ayuda del ventilador fluirá hacia la habitación a refrigerar. En el interior del intercambiador de calor el refrigerante frío absorbe calor del aire circundante por conducción, a través de sus paredes metálicas. Conforme el calor es absorbido por el refrigerante, su temperatura aumenta hasta su punto de evaporación convirtiéndose en vapor, por esto a este intercambiador se le conoce como evaporadora.

Como se muestra en la figura 52, el sistema en sus evaporadoras cuenta con intercambiadores del tipo tubo con aletas enfriado por aire también conocidos como serpentines.

### 2.2.2.3 Filtros:

En cada unidad interna existen dos tipos de filtros, los filtros de aire y los filtros en la línea del refrigerante.

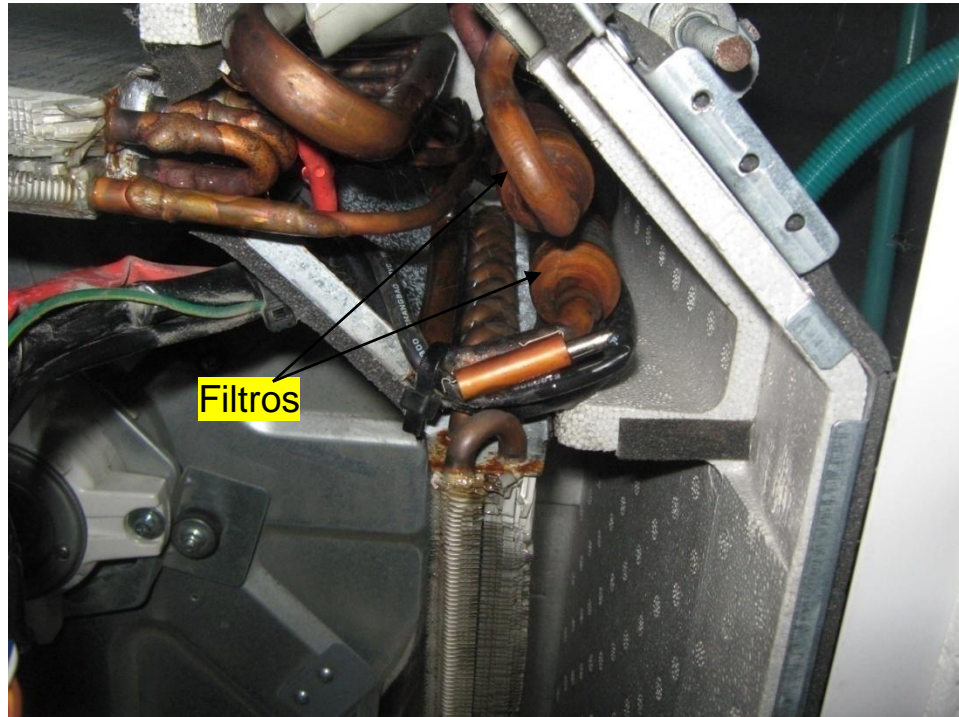
Filtros de aire:



**Figura 53.** Filtros de aire

Los filtros de aire se utilizan para prevenir la entrada de partículas sólidas como el polvo aspirado de la habitación y que puedan afectar la integridad del equipo.

Filtros en la línea del refrigerante:



**Figura 54.** Filtros en la línea del refrigerante

Los filtros en la línea del refrigerante se utilizan para interceptar la humedad y todas las partículas de suciedad de un tamaño superior a las decenas de micras que puedan llegar a interferir con el normal funcionamiento de las válvulas y cualquier elemento en las líneas del refrigerante.

## 2.3 CONTROL CENTRAL SIMPLE:

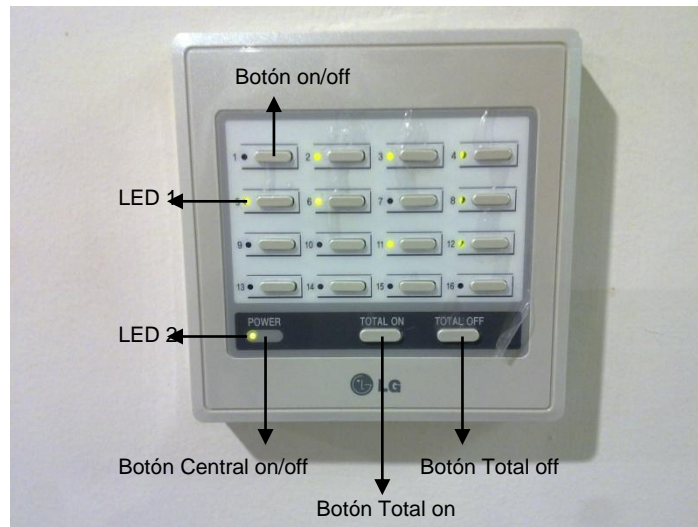


Figura 55. Control central simple

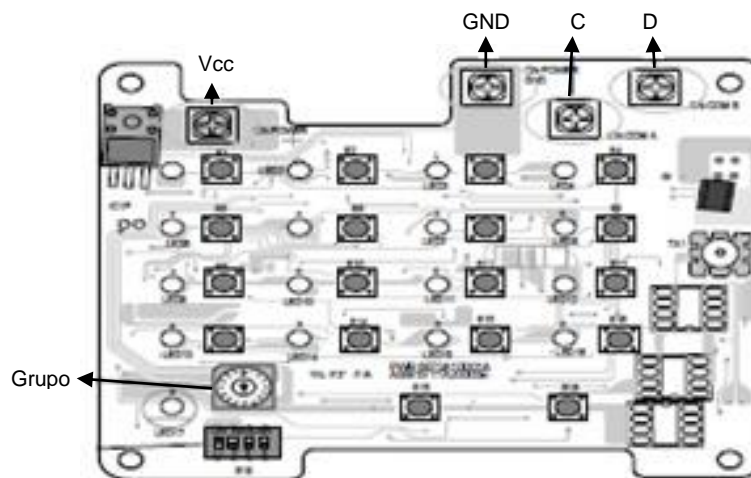


Figura 56. Diagrama interno del control central simple

- ✓ **Botón on/off:** Permite el encendido y apagado de cada evaporadora de forma individual.

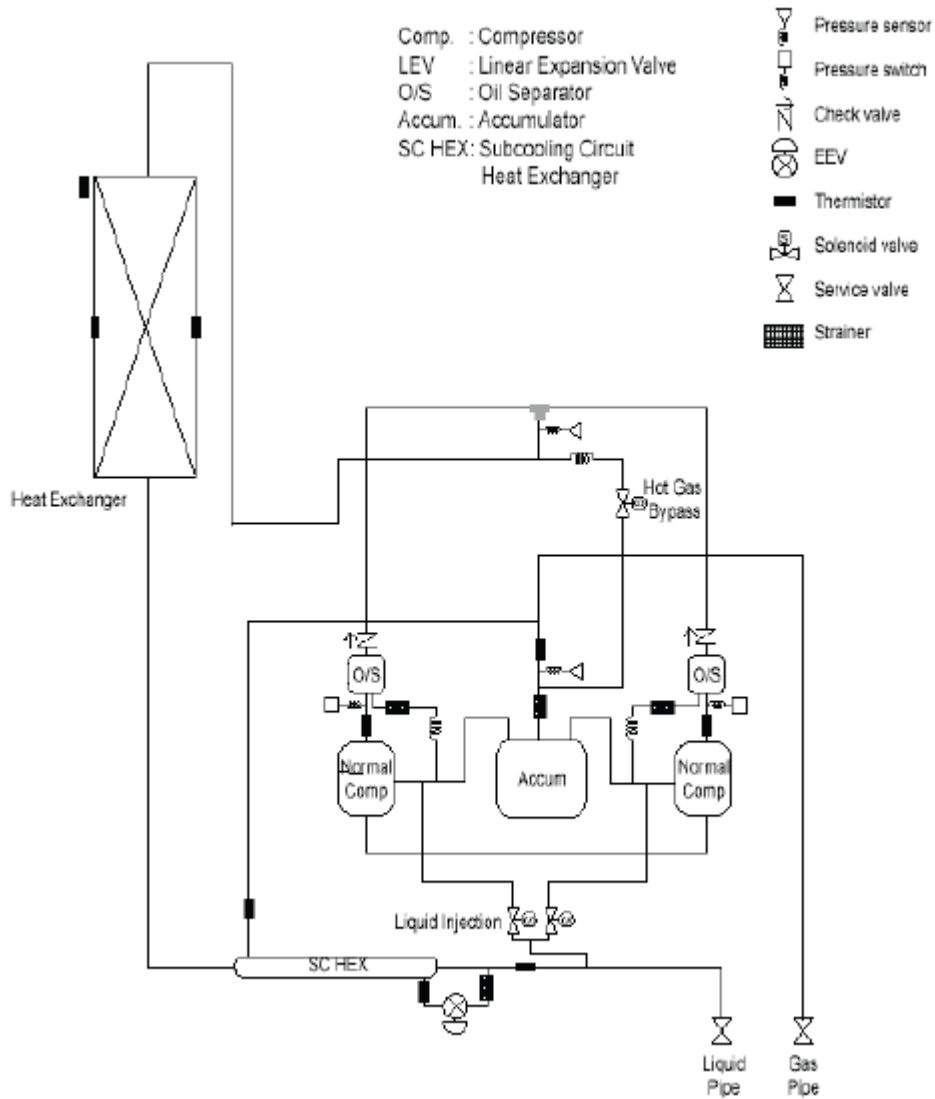
- ✓ **LED 1:** Indica el estado de operación actual de cada evaporadora.
  - Encendido(color verde): Indica operación normal
  - Apagado: Indica ausencia de señal y por tanto la evaporadora estará apagada
  - Parpadeando: Indica que hay algún tipo de error con la evaporadora.
  
- ✓ **LED 2:** Indica el estado de la alimentación en DC del control central simple.
  - Encendido (color verde): Indica operación normal.
  - Apagado: indica ausencia de señal y por tanto todas las evaporadas apagadas
  - Parpadeando (color rojo): indica error en alguna de las evaporadoras.
  
- ✓ **Botón Central on/off:** Enciende o apaga el control central simple.
- ✓ **Botón Total on:** Enciende todas las evaporadoras al mismo tiempo
- ✓ **Botón Total off:** Apaga todas las evaporadoras al mismo tiempo.
- ✓ **Vcc:** Conexión a la terminal de alimentación de de corriente continua Vcc de la condensadora.
- ✓ **GND:** Conexión a la terminal de tierra de la condensadora.
- ✓ **C:** Conexión a la terminal de comunicación C de la condensadora.
- ✓ **D:** Conexión a la terminal de comunicación D de la condensadora.
- ✓ **Grupo:** Selector que permite escoger entre varios grupos de evaporadoras. En este sistema no aplica ya que por cada control centra simple instalado en el edificio hay menos de 16 evaporadoras, y estos grupos se utilizan para extender la capacidad del control central simple hasta 256 evaporadoras.

La función del control central simple es la de mantener el control de encendido y apagado de todas las unidades internas, ya se individual o en grupo, en un punto central y de manera manual.

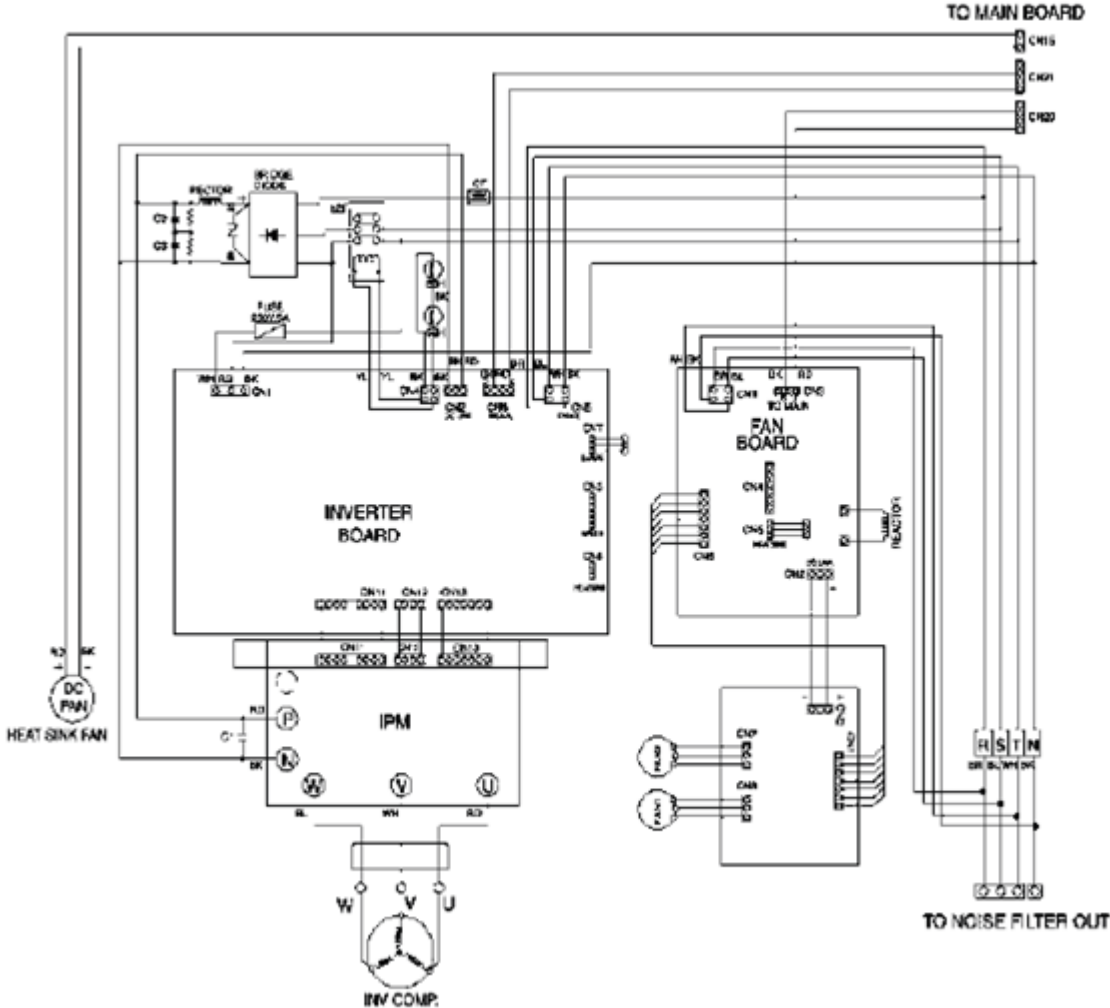
El sistema cuenta con un control central simple por cada unidad condensadora y en cada piso.

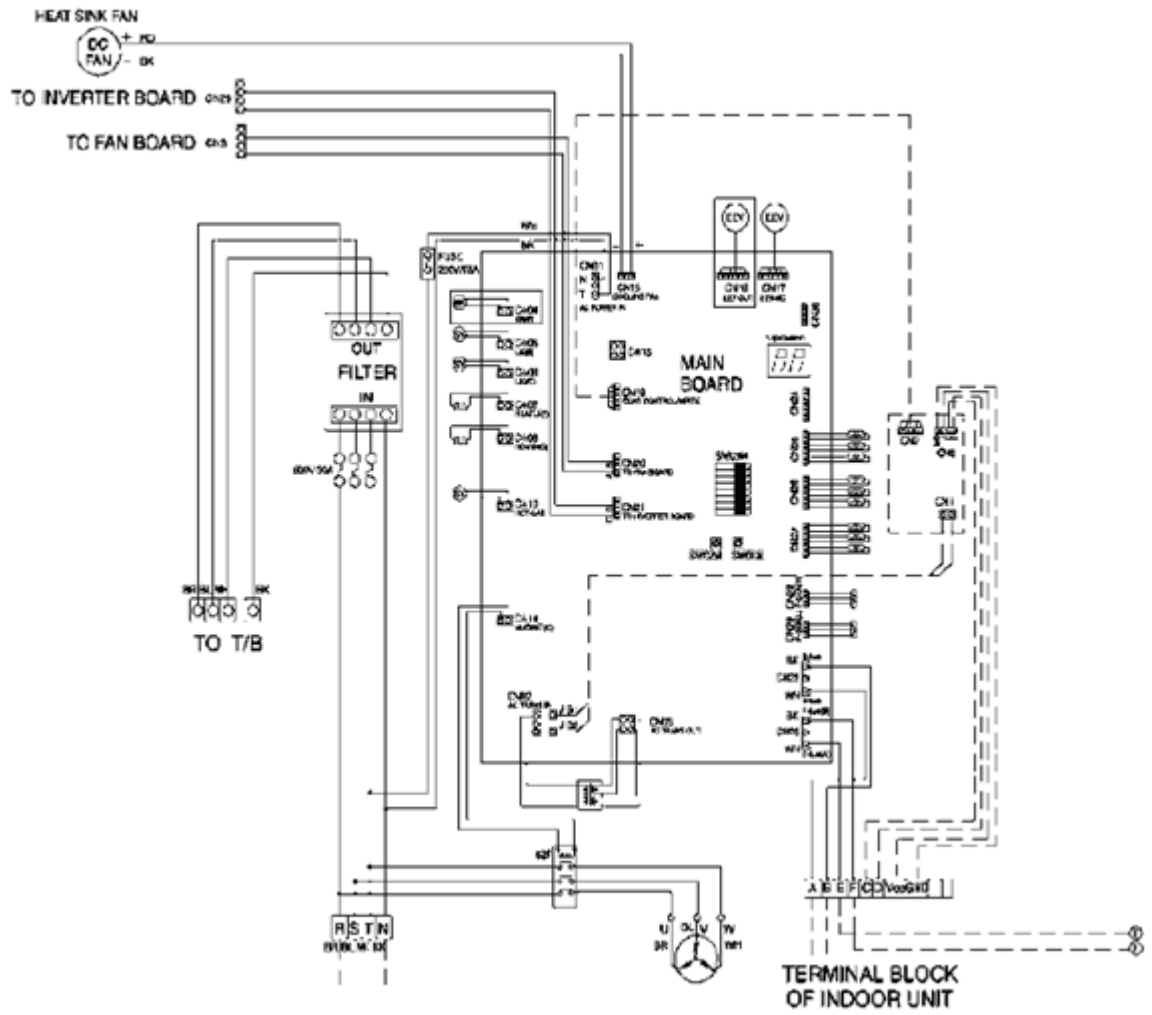
## 2.4 DIAGRAMAS DE CONEXIONES

### 2.4.1 DIAGRAMA DE TUBERIA



## 2.4. DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRICAS





### **3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

A continuación se presenta el conjunto de tareas resultado de la metodología RCM que garantizaran la operatividad y confiabilidad del sistema.

Recuerde llevar los registro de datos correspondientes, para consignar cada una de las tareas realizadas.

#### **Mensualmente**

- Retirar los filtros de aire de las evaporadoras, y lavarlos con agua limpia.

Este tipo de tarea no necesita del personal de mantenimiento ni la interrupción del fluido eléctrico. Puede ser llevada a cabo por el propio usuario como simple rutina de higiene de la oficina.

#### **Cada tres meses**

Antes de toda intervención se debe interrumpir desde el tablero de distribución la alimentación de fluido eléctrico de las condensadoras y el de las unidades evaporadoras.

#### **En la condensadora**

- Revisar visualmente el estado general de las unidades.
- Detectar ruidos indebidos en los soportes de la tubería eléctrica y de refrigerante.
- Limpiar cualquier seña de polvo de las tarjetas electrónicas ya sea con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión.
- Medir tensiones de entrada a las fases R, S y T, en los módulos de potencia y en las fases de los compresores y comparar con los especificados en la descripción del sistema, a fin de predecir posibles fallas.

## **En las evaporadoras**

- Lavar la bandeja que retiene el agua y el serpentín con agua y detergente líquido, no es necesario utilizar ningún tipo de producto de limpieza diferente al detergente común.
- Inspeccionar visualmente la bomba de drenaje, para cerciorarse de que no presenta vibraciones excesivas ni ruidos inadecuados, en caso contrario diríjase a la parte correctiva del presente instructivo.
- Retirar los filtros de aire, para limpiarlos con una sopladora de aire y luego lavarlos con agua limpia.
- Verificar que el ventilador opere suave y libre de vibraciones y ruidos extraños, en caso contrario diríjase al mantenimiento correctivo del presente instructivo.
- En caso de detectar cualquier anomalía, diríjase al instructivo de mantenimiento correctivo.

## **Cada seis meses**

Antes de toda intervención se debe interrumpir desde el tablero de distribución la alimentación de fluido eléctrico de las condensadoras y el de las unidades evaporadoras.

Adicional al mantenimiento trimestral se suman las siguientes actividades:

## **En condensadora**

- Detectar ruidos indebidos en los soportes de la tubería eléctrica y de refrigerante.
- Apretar conexiones, tornillería y anclajes de ser necesario.
- Limpiar el Intercambiador de calor de la condensadora con una sopladora de alta presión con el fin de arrancar el polvo y la basura adherida en este. En caso que esto no sea suficiente proteja con plásticos los bancos electrónicos de la condensadora y lave con agua y detergente líquido el intercambiador de calor, recalcando que esto se debe realizar con abundante agua, teniendo cuidado de no arrugar las aletas ni dejar residuos que obstruyan o tapen el paso de aire.
- Ajustar las terminales de los conectores de los compresores. Tienden a aflojarse por las vibraciones del compresor
- Comprobar que las aletas del intercambiador de calor no se encuentren dobladas. En caso contrario intente enderezarlas con unas pinzas.

## **En las Evaporadoras**

- Detectar ruidos indebidos en los soportes de la tubería eléctrica y de refrigerante, y apretar conexiones, tornillería y anclajes de ser necesario.
- Limpiar las tarjetas electrónicas con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión

- Comprobar que las aletas del intercambiador de calor no se encuentren dobladas. En caso contrario intente enderezarlas con unas pinzas.
- Lubricar con grasa los pivotes de las rejillas de direccionamiento de aire.
- Verificar que la manguera de drenaje de las evaporadoras no esté deteriorada y que el bajante no esté obstruido. Corregir, si es el caso, la inclinación de la evaporadora y/o la manguera.

### **En el control central simple**

- Retirar la tapa frontal y limpiar con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión.

### **Cada año**

Antes de toda intervención se debe interrumpir desde el tablero de distribución la alimentación de fluido eléctrico de las condensadoras y el de las unidades evaporadoras.

Adicional al mantenimiento trimestral y semestral se suman las siguientes actividades:

### **En la condensadora**

- Limpiar conectores con limpia contactos de secado rápido.
- Realice una inspección visual y reajuste los conectores de los módulos de potencia y las tarjetas electrónicas que crea necesarios.

- Revise que los ventiladores de la condensara se encuentren libres de obstáculos que puedan impedir su correcto funcionamiento y límpielos con la sopladora de aire y un paño humedecido.
- Revise las conexiones de tensión de entrada y salida al contactor electromagnético. Realice la limpieza con limpia contactos de secado rápido. Realice la revisión de los mismos como se muestra en el mantenimiento correctivo de ese instructivo y en caso de notar un aumento significativo en las resistencias medidas, programe la sustitución del elemento.
- Realice una limpieza a los terminales de la tarjeta de comunicación PI485 con limpiador de contactos de secado rápido.
- Asegúrese que la ubicación de los termistores sea la adecuada para que cumplan con su función. Estos tienden a moverse por las vibraciones de la tubería.
- Ponga en marcha el equipo e inspeccione que no se presentan vibraciones y/o ruidos excesivos en las válvulas solenoides, de servicio o de expansión electrónica.

### **En las evaporadoras**

- Realice una inspección visual de las tarjetas electrónicas y reajuste los conectores que crea necesarios.

- Asegúrese que la ubicación de los termistores sea la adecuada para que cumplan con su función. Estos tienden a moverse por las vibraciones de la tubería.
- Ponga en marcha el equipo e inspeccione que no se presentan vibraciones y/o ruidos excesivos en la válvula de expansión electrónica.
- Limpie las tarjetas de las evaporadoras y de los controles remotos. Esta limpieza se debe hacer con una sopladora y limpiador de contactos de secado rápido.
- Ajustar las conexiones del ventilador de la evaporadora y limpiar con sopladora el polvo para luego lubricar los rodamientos del mismo.

#### 4. TABLA DE OPERACIONES Y REVISIONES DEL SISTEMA

Revisión de la conexión del termistor .....	78
Medición de los valores de resistencia del termistor .....	78
Cambio del receptor .....	80
Reemplazo de la tarjeta principal de la evaporadora .....	80
Revisión del switch del flotador .....	81
Reemplazo de la bomba de drenado .....	82
Auto-Addressing .....	83
Revisión de la resistencia de aislamiento .....	84
Revisión de las conexiones entre evaporadora y condensadora .....	84
Configuración del DIP-SWITCH de la tarjeta principal de la condensadora .....	85
Revisión de las condiciones del ventilador de la evaporadora .....	87
Revisión de la resistencia entre las fases del compresor .....	89
Revisión de la tarjeta Inverter .....	89
Revisión del modulo de potencia del compresor Inverter .....	90
Revisión de los capacitores .....	90
Revisión de la alimentación del compresor Inverter .....	91
Revisión de los ventiladores de la condensadora .....	91
Revisión del contactor magnético.....	91
Revisión del rectificador trifásico.....	92
Revisión de los fusibles .....	94
Revisión del supresor de picos.....	94
Revisión de las bobinas principal y secundaria .....	94
Revisión del switch de presión.....	98
Revisión de la presión y la cantidad de refrigerante.....	98
Revisión del intercambiador de calor .....	98
Revisión de las válvulas de expansión electrónica.....	99
Revisión del voltaje de alimentación .....	100
Revisión de la válvula de inyección de líquido y Bypass .....	101
Carga de gas refrigerante.....	101
Revisión de los sensores de alta y baja presión .....	104
Revisión del fusible de la tarjeta principal .....	106
Revisión de la capacidad del sistema.....	107
Revisión de la conexión R, S, T .....	109
Revisión del ventilador del disipador de calor .....	110
Revisión del modulo de potencia de los ventiladores .....	112
Revisión de la tarjeta de control de los ventiladores.....	113

#### 5. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Si ocurren más de dos errores simultáneamente, el código de error cuyo número sea menor será mostrado primero.

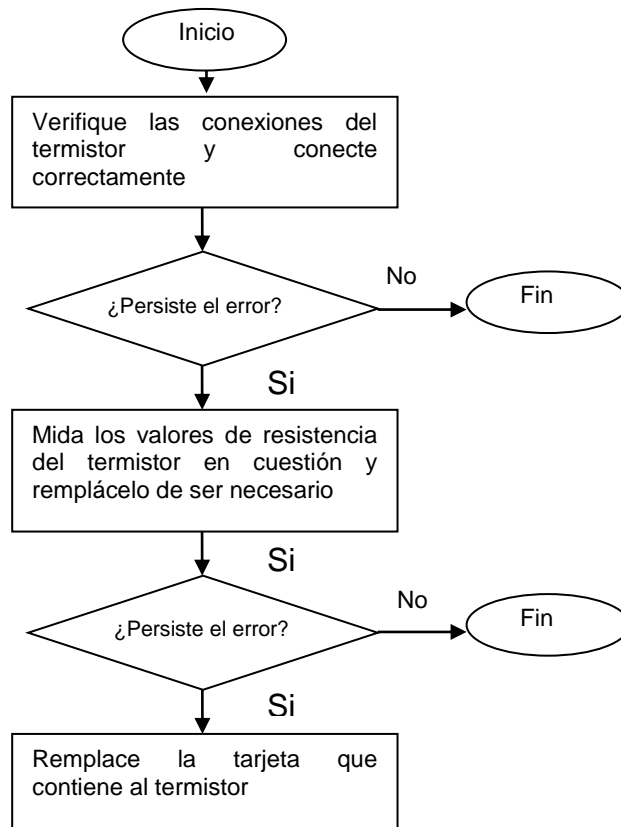
Una vez, se ha solucionado el problema asociado al código de error mostrado, este se borra de los *display*.

Recuerde llevar el registro de datos correspondientes, para consignar cada una de las tareas correctivas realizadas.

### 5.1 CODIGOS DE ERROR DETECTADOS POR EL SISTEMA

<b>Error</b>	<b>Significado</b>	<b>Elemento</b>
01	Falla en el termistor del aire exterior	Evaporadora
02	Falla en el termistor de entrada del intercambiador	Evaporadora
06	Falla en el termistor de salida del intercambiador	Evaporadora
41	Falla en el termistor de la línea de descarga del compresor <i>Inverter</i>	Condensadora
44	Falla en el termistor del aire exterior de la condensadora	Condensadora
45,48	Falla en el termistor de la tubería del intercambiador de calor	Condensadora
46	Falla en el termistor de la línea de succión	Condensadora
47	Falla en el termistor de la línea de descarga del compresor de velocidad constante.	Condensadora
65	Falla en el termistor del dissipador de calor	Condensadora
113	Falla en el termistor de la línea de líquido	Condensadora
114	Falla en el termistor de entrada del circuito de subenfriamiento	Condensadora
115	Falla en el termistor de salida del circuito de subenfriamiento	Condensadora

## Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 01, 02, 06, 41, 44, 45, 48, 46, 47, 65, 113, 114 y 115)



### Revisión de la conexión del termistor

1. Con el número de error identifique el termistor que está generando la falla.
2. Identifique la tarjeta a la cual se encuentra conectado. Si el termistor pertenece a una evaporadora específica, esta será la que muestre el error, si el termistor pertenece a la condensadora el error puede verse en el control remoto de todas las evaporadoras que pertenecen a esa condensadora y en la tarjeta principal de la condensadora misma.
3. Una vez identificada la tarjeta, vaya a la descripción del sistema y mire a que conector pertenece y asegúrese que la conexión es correcta.

### Medición de los valores de resistencia del termistor

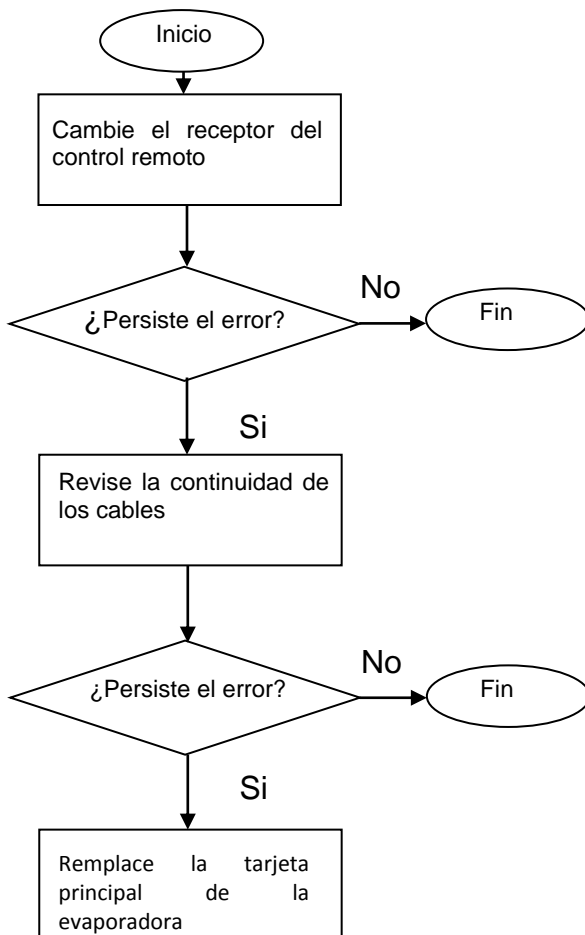
Con la ayuda de un Multímetro mida entre los contactos del termistor los valores de resistencia para por lo menos dos valores distintos de temperatura y compárelos con los datos registrados en la descripción del sistema. En caso de ser diferente replácelo.

## Remplazo de la tarjeta

En caso que el sistema persista con el error y se hallan verificado los dos pasos anteriores, se hace necesario el cambio de tarjeta. Para esto, apague el equipo y retire la tarjeta dañada y coloque la tarjeta nueva teniendo en cuenta las conexiones como se muestra en la descripción del sistema.

Error	Significado	Elemento
03	Falla en el control remoto.	Evaporadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 03)



### **Cambio del receptor**

Antes del cambio verifique que el receptor este correctamente conectado y que el receptor se encuentre a una distancia de por lo menos 30cm de las líneas de energía. Si la situación no mejora apague el equipo y proceda a hacer el cambio, para guiarse en la conexión del mismo vea en la descripción del sistema la conexión del receptor del control remoto.

### **Revisión de los cables**

Identifique los cables de conexión entre el receptor del control remoto y la tarjeta principal de la evaporadora y con ayuda de un Multímetro mida la continuidad en los cables, de ser necesario replácelos.

### **Reemplazo de la tarjeta principal de la evaporadora**

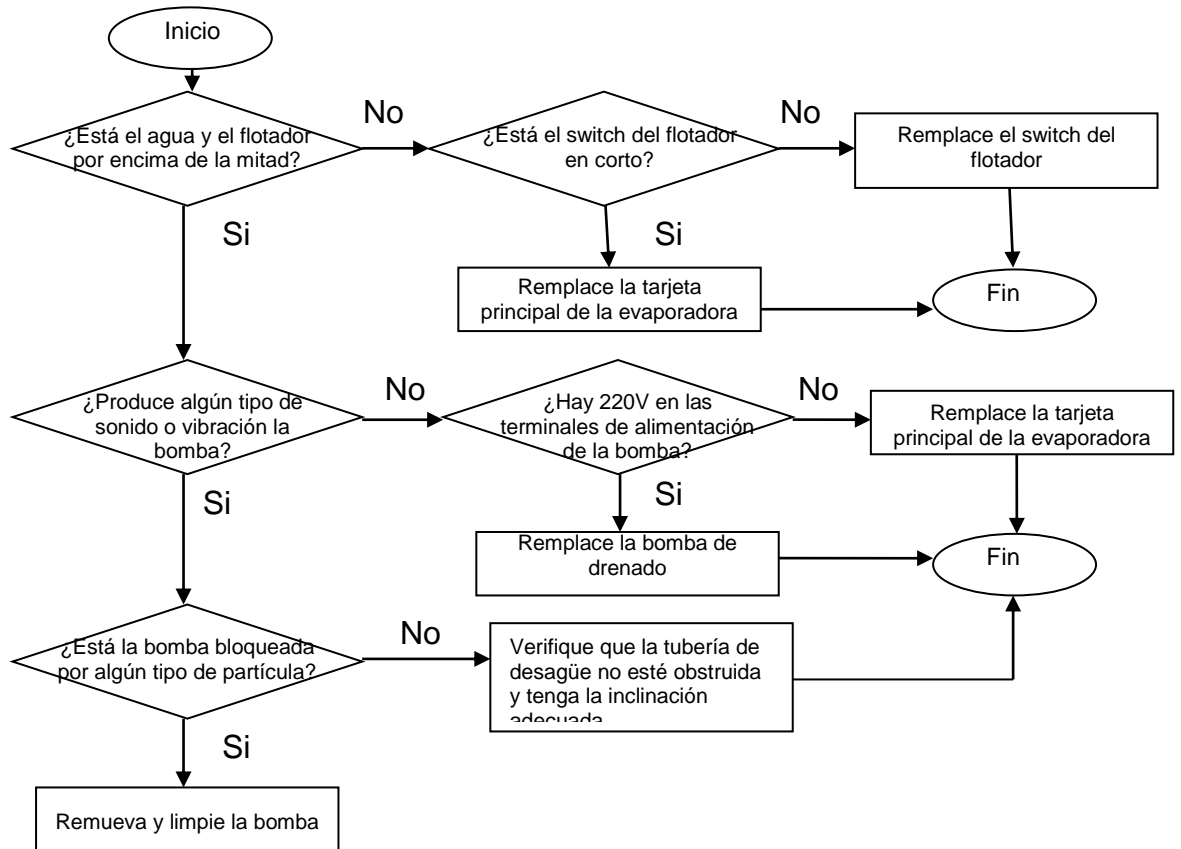
En caso que los dos pasos anteriores no corrijan el error, se hace necesario el cambio de la tarjeta principal de la evaporadora, para esto apague el equipo y proceda a hacer el cambio teniendo en cuenta el orden de las conexiones como se muestra en la descripción del sistema.

Una simple inspección visual puede revelar el daño en la tarjeta si alguno de los condensadores se ve expandido, con apariencia de inflado.

<b>Error</b>	<b>Significado</b>	<b>Elemento</b>
--------------	--------------------	-----------------

04	Falla en la bomba de drenado	Evaporadora
----	------------------------------	-------------

**Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 04)**



**Revisión del switch del flotador**

Con ayuda de la descripción del sistema identifique el conector del flotador. Con la mano suba el flotador por encima de la mitad simulando el nivel de agua y mida la resistencia entre el conector, esta debe ser infinita (circuito abierto) y posteriormente baje el flotador y mida, el valor medido debe ser cero (corto circuito). En caso contrario remplace el switch del flotador.

### **Reemplazo de la tarjeta principal**

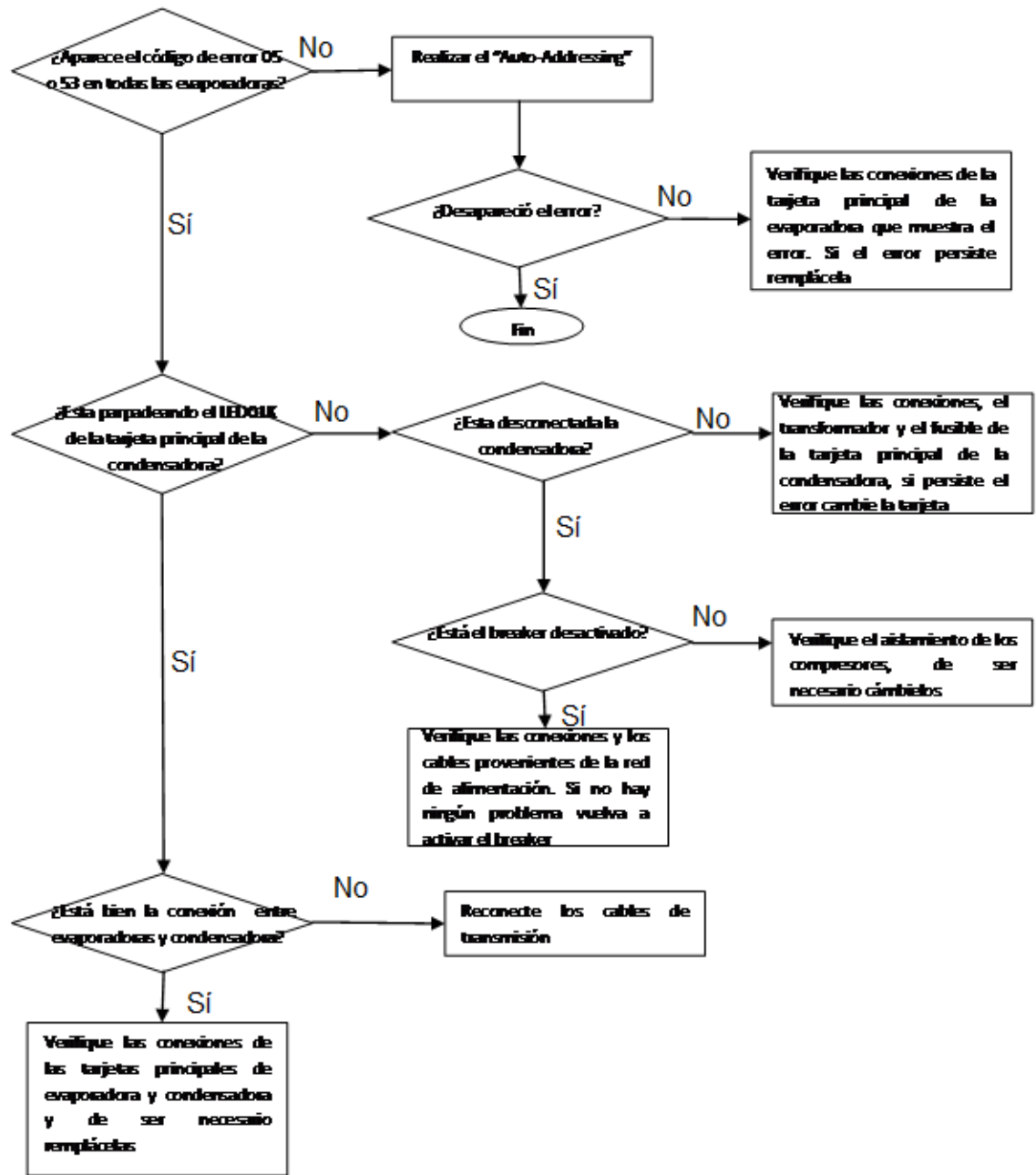
En caso que sea necesario el cambio de la tarjeta principal de la evaporadora, apague la evaporadora y proceda a hacer el cambio teniendo en cuenta el orden de las conexiones como se muestra en la descripción del sistema.

### **Reemplazo de la bomba de drenado**

En caso que la señal de alimentación este llegando bien a la bomba pero esto no produzca ningún tipo de vibración o sonido la bomba deberá ser reemplazada. Para esto apague la evaporadora y proceda a cambiarla teniendo en cuenta las conexiones que se muestran en la descripción del sistema.

<b>Error</b>	<b>Significado</b>	<b>Elemento</b>
05	Error en la comunicación entre evaporadora y condensadora	Evaporadora
53	Error de comunicación entre la evaporadora y la tarjeta principal	Condensadora

### **Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 05 y 53)**



## Auto-Addressing

Cada unidad evaporadora debe tener una dirección lógica para que la tarjeta principal de la condensadora logre identificarla de manera única, y así poder entablar comunicación con ella.

Para realizar el proceso de direccionamiento "Auto Addressing" siga los siguientes pasos:

1. Encienda el equipo y espere poco más de tres minutos.
2. Presione el pulsador SW02M de la tarjeta principal de la condensadora y manténgalo presionado por 5 segundos hasta que aparezca el número "88" en el display 7 segmentos de la tarjeta.
3. Espere hasta que el sistema termine el direccionamiento. Esto puede tardar cerca de 15 minutos, o espere hasta cuando el display siete segmento muestre un número indicando la cantidad de evaporadoras direccionadas.

Cada vez que hay un cambio de tarjeta en la evaporadora el direccionamiento ocurre automáticamente. Sin embargo en caso que no suceda, un error aparecerá y se hará necesario el "Auto -Addressing".

### **Revisión de la resistencia de aislamiento**

Para revisar el aislamiento de las bobinas del compresor, mida con ayuda de un Multímetro la resistencia entre cada fase del compresor y su carcasa. Los valores de resistencia deben estar en el orden de los MΩ. En caso contrario cámbielo

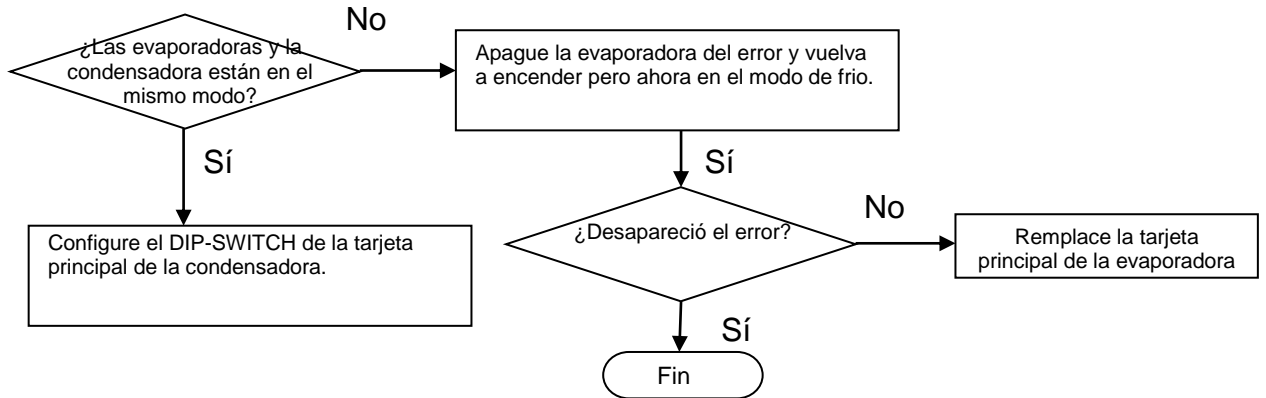
### **Revisión de las conexiones entre evaporadora y condensadora**

Primero verifique que el voltaje DC en las terminales de comunicación A,B de la condensadora y los terminales de comunicación de la evaporadora fluctúan entre -9V~ y +9V~, en este caso la conexión es normal, en otro caso revise que el LED01K está parpadeando para descartar que la condensadora este apagada. Luego mida continuidad en los cables de comunicación de la condensadora y si no se encuentra ningún error se hace necesario medir continuidad en cada uno de los cables de comunicación de cada evaporadora.

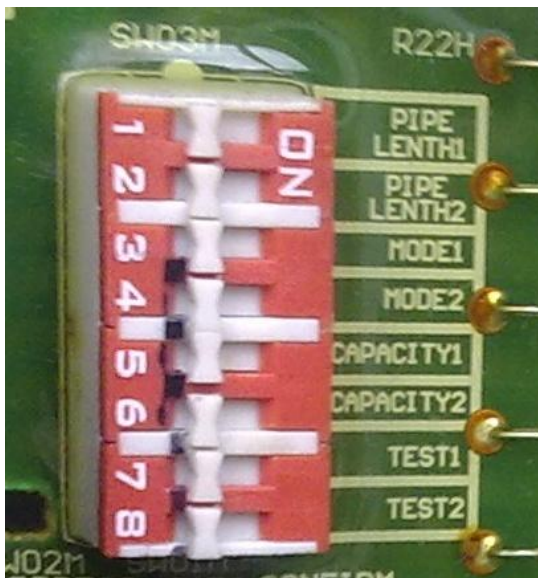
<b>Error</b>	<b>Significado</b>	<b>Elemento</b>
--------------	--------------------	-----------------

07	Las evaporadoras no están configuradas en el mismo modo	Evaporadora
----	---	-------------

**Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 07)**



**Configuración del DIP-SWITCH de la tarjeta principal de la condensadora.**



En condiciones normales de operación todos los switch están apagado "off", como se muestra en la figura. En caso contrario corrija y vuelva a encender el equipo.

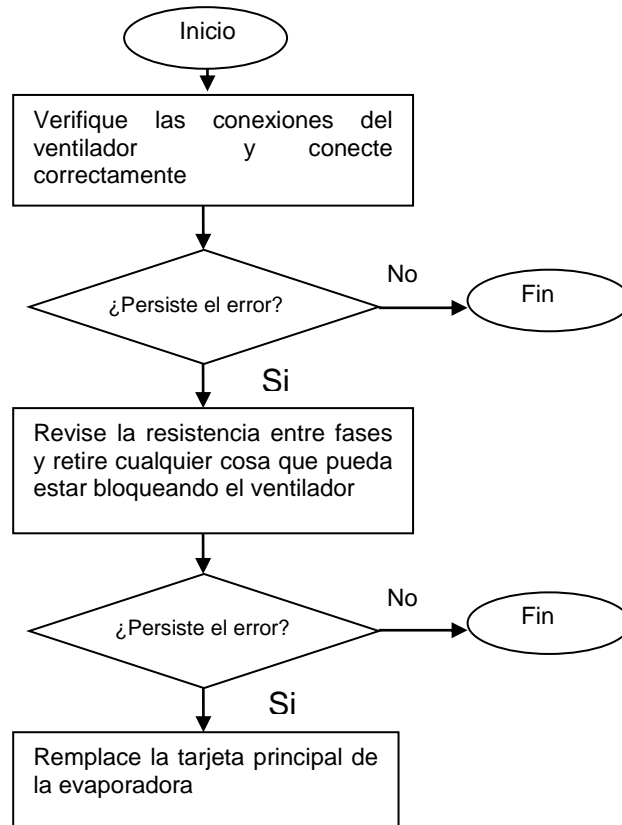
Error	Significado	Elemento
-------	-------------	----------

09	Falla en la EEPROM de la tarjeta principal	Evaporadora
----	--	-------------

Limpie la tarjeta de cualquier presencia de material extraño y realice el proceso de "Auto-Addressing" como se muestra en el error 05. Si el error persiste se hace necesario el cambio de la tarjeta principal de la evaporadora.

Error	Significado	Elemento
10	Falla en el motor del ventilador	Evaporadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 10)



## Revisión de las condiciones del ventilador de la evaporadora

Primero revise que las conexiones estén correctamente, para esto vea en la descripción del sistema los conectores del motor y su ubicación. Si esto no soluciona el error verifique las resistencias como se muestra a continuación.



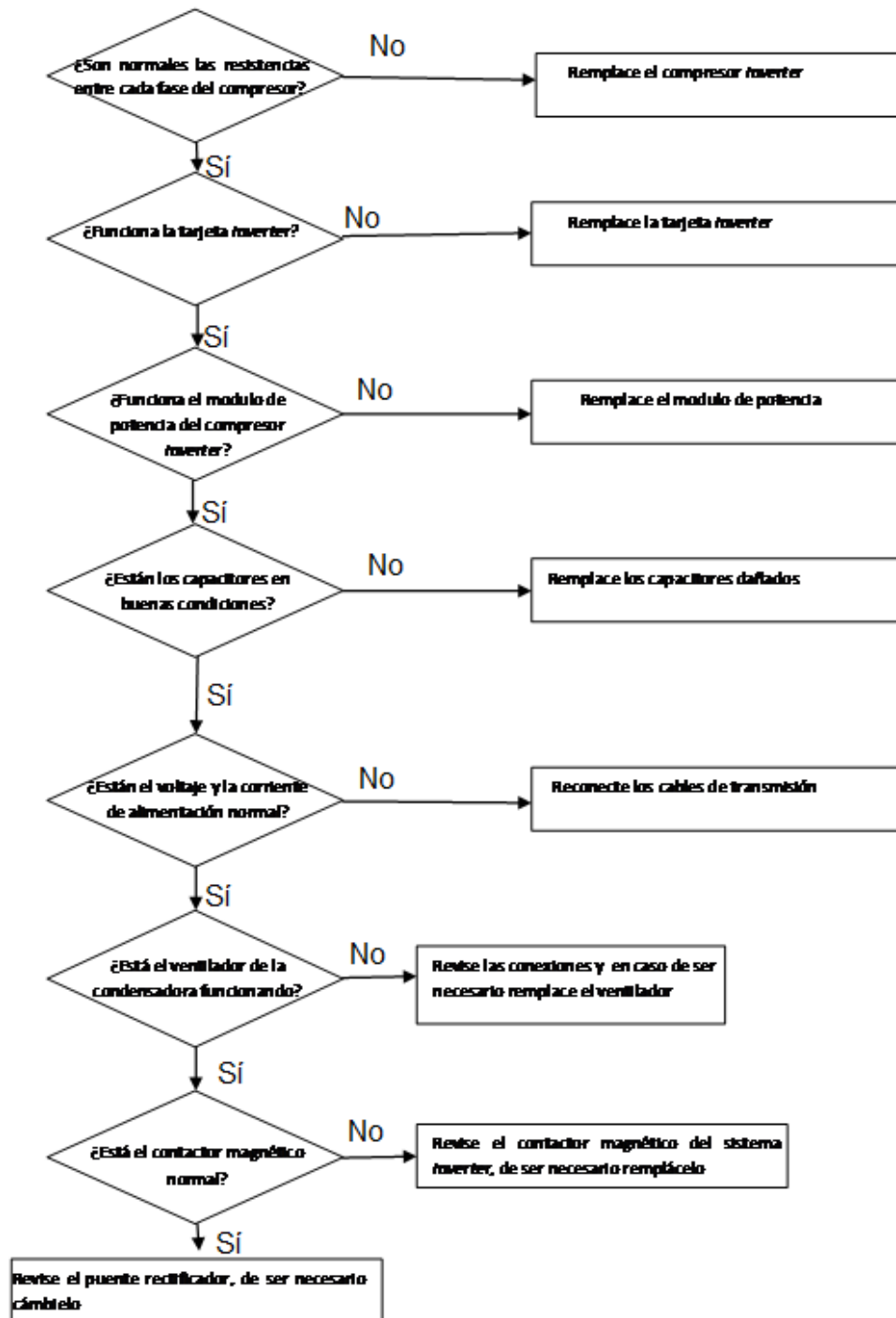
Antes de quitar el conector del motor retire los conectores de alimentación para evitar daños al motor. Luego mida la resistencia entre:

- Rojo y negro =  $\infty$
- Blanco y negro = cientos de  $K\Omega$
- Azul y negro =  $\infty$
- Amarillo y negro = cientos de  $K\Omega$

En caso que los valores no concuerden reemplace el motor. En caso contrario conecte nuevamente el motor sin que la tarjeta este alimentada. Después alimente la tarjeta y encienda la evaporadora, si el error persiste se hace necesario el cambio de la tarjeta de la evaporadora.

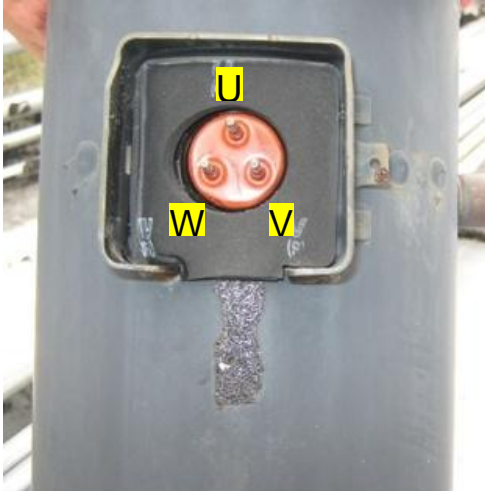
Error	Significado	Elemento
21	Falla en el modulo de potencia del compresor <i>Inverter</i>	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 21)



## Revisión de la resistencia entre las fases del compresor

Verifique que el sistema este apagado y con ayuda de un Multímetro mida la resistencia entre cada fase del compresor.



Mantenga una de las puntas del Multímetro en la fase U y coloque la otra punta en la fase V y luego en la fase W y en ambos casos registre el valor de resistencia medida. Después mida entre las fases V y W, en los tres casos las medidas deben ser similares.

En caso del compresor *Inverter* el valor de la resistencia debe ser  $1.33\Omega \pm 7\%$ .  
En caso del compresor de velocidad constante el valor debe ser  $1.83\Omega \pm 7\%$ .

Por último mida la resistencia de aislamiento manteniendo una de las puntas del Multímetro en la carcasa del compresor y la otra punta colóquela en cada una de las fases. El valor medido en cada caso debe estar por arriba de los  $2M\Omega$ .

## Revisión de la tarjeta Inverter

1. Busque en la descripción del sistema la foto de la tarjeta Inverter con la señalización de sus conectores e identifique el de la alimentación, luego verifique que la señal de alimentación sea de 220Vac.

2. Revise los indicadores LED.

- El LED01K debe estar parpadeando indicando que la comunicación con la tarjeta principal es correcta, de lo contrario revise las conexiones y si no hay mejoría cambie la tarjeta Inverter.

- El LED01M debe estar parpadeando indicando que la comunicación con el modulo de potencia es correcta, de lo contrario revise las conexiones y si no hay mejoría cambie la tarjeta Inverter.
- El LED02M debe está apagado, en caso contrario indica la presencia de un error en la tarjeta Inverter.

### **Revisión del modulo de potencia del compresor Inverter**

1. Busque en la descripción del sistema la foto del modulo de potencia del compresor con la señalización de sus contactos.
2. Apague el sistema y mida los valores de resistencia y de diodo entre sus contactos. Para esto ubique el Multímetro en modo de diodo y mida entre P y U, entre P y V, entre P y W, entre N y U, entre N y V y entre N y W. los valores medidos deben ser similares y deben estar en el rango entre |0.3|~|06| V. Luego de esto repita el proceso pero ahora midiendo los valores de resistencia, nuevamente los valores medidos deben ser similares y deben estar en el orden de los MΩ.
3. Desconecte los conectores entre el modulo de potencia y la tarjeta Inverter y retire la sub PCB que los comunica. Revise la soldadura de todos lo pines y en caso de anomalías remplace esta tarjeta.



### **Revisión de los capacitores**

Con ayuda del Multímetro mida la capacitancia y la resistencia de cada uno de los condensadores. La capacitancia debe ser de 2700μF aproximadamente y la resistencia debe estar en el orden de los KΩ. En caso contrario replácelos.

En caso de cualquier anomalía como el cambio o expansión de la forma exterior, dando la impresión de estar inflado remplace el capacitor.

## **Revisión de la alimentación del compresor Inverter**

1. Verifique que el suministro de voltaje proveniente de la red eléctrica es correcto.
2. Con ayuda de una pinza para corriente mida la corriente en cada fase de alimentación del compresor Inverter como se muestra en la siguiente figura.



La desviación medida entre cada fase debe ser menor a 1.5A. En caso contrario revise la tarjeta Inverter y el módulo de potencia y de ser necesario replácelos.

## **Revisión de los ventiladores de la condensadora**

1. Revise que los LED1 y LED2 de la tarjeta de control de los ventiladores estén parpadeando, de lo contrario verifique las conexiones con la tarjeta principal y el módulo de potencia de los ventiladores.
2. Revise la conexión del conector del motor del ventilador en el módulo de potencia.
3. Revise que el ventilador no esté bloqueado por la presencia de cualquier material extraño.
4. Mida la resistencia entre las terminales de alimentación de cada ventilador. En cada caso la resistencia medida debe ser menor a  $20\Omega$ , en caso contrario reemplace el motor del ventilador.
5. En caso que el error persista depuse de los pasos anteriores reemplace el módulo de potencia de los ventiladores y si aun así el error continua cambie la tarjeta de de control de los ventiladores.

## **Revisión del contactor magnético.**

1. Apague el equipo y con ayuda del Multímetro mida la resistencia entre los contactos de la bobina de control como se muestra en la siguiente figura.



El valor de resistencia debe estar entre 400-700Ω.

2. Ahora con el equipo aun apagado mantenga presionado el botón verde y mida la resistencia entre los contactos como se muestra en la figura.



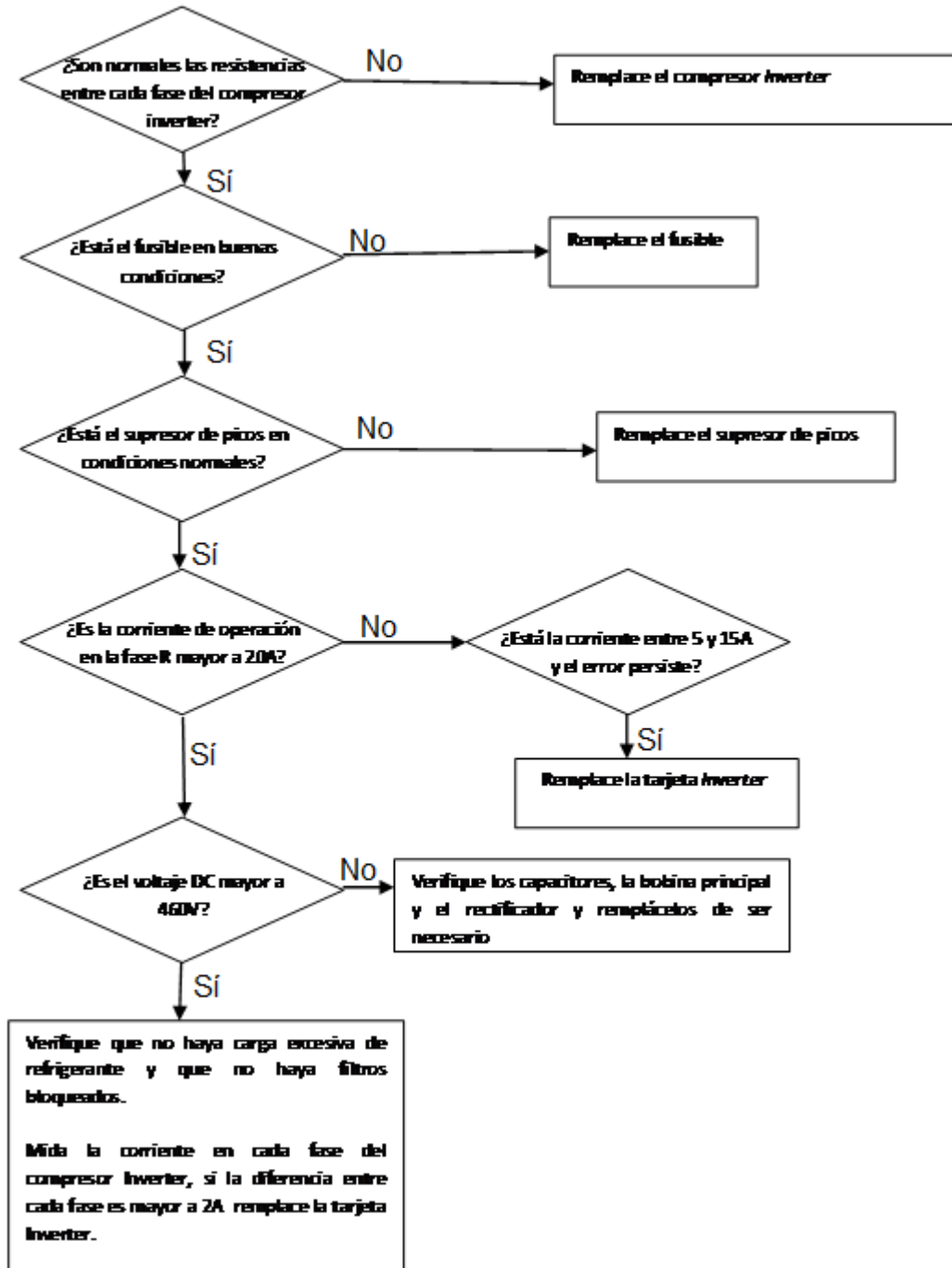
El valor medido debe ser menor a 5Ω. Encaso que las medidas anteriores no concuerden remplace el contactor.

### **Revisión del rectificador trifásico**

Apague el sistema y mida los valores de diodo entre sus contactos. Para esto ubique el Multímetro en modo de diodo y mida entre R y la terminal marcada positiva (+), entre S y (+), entre T y (+), entre la terminal negativa (-) y R, entre (-) y S y entre (-) y T. los valores medidos deben ser similares y deben estar en el rango entre |0.3|~|06| V. En caso remplace el rectificador trifásico.

Error	Significado	Elemento
22	Sobrecorriente detectada por el sensor de corriente de la tarjeta <i>Inverter</i>	Condensadora

**Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 22)**



### **Revisión de la resistencia entre cada fase del compresor**

Vea el error 21.

### **Revisión de los fusibles**

Apague el sistema y retire cada uno de los fusibles, luego mida continuidad en cada uno de ellos. Para esto con ayuda del Multímetro mida la resistencia entre los extremos del fusible, en cada caso la resistencia medida debe ser menor a  $5\Omega$ , en caso contrario reemplace el fusible.

### **Revisión del supresor de picos**

1. Con el equipo apagado mida los valores de resistencia entre R1 y R2, S1 y S2 y T1 y T2. En cada caso el valor medido debe ser similar y debe ser menor a los  $10\Omega$ . En caso contrario reemplace el supresor de picos

2. Con el equipo encendido y ayuda del Multímetro mida los voltajes entre R1 y R2, S1 y S2, T1 y T2. En cada caso el valor medido debe ser similar y debe estar entre 0 y 40 Vac. En caso de ser diferentes reemplace el supresor de picos.

### **Revisión de las bobinas principal y secundaria**

1. Con el sistema encendido y ayuda del Multímetro mida el voltaje entre las terminales de la bobina. El valor medido debe ser menor a 2V.

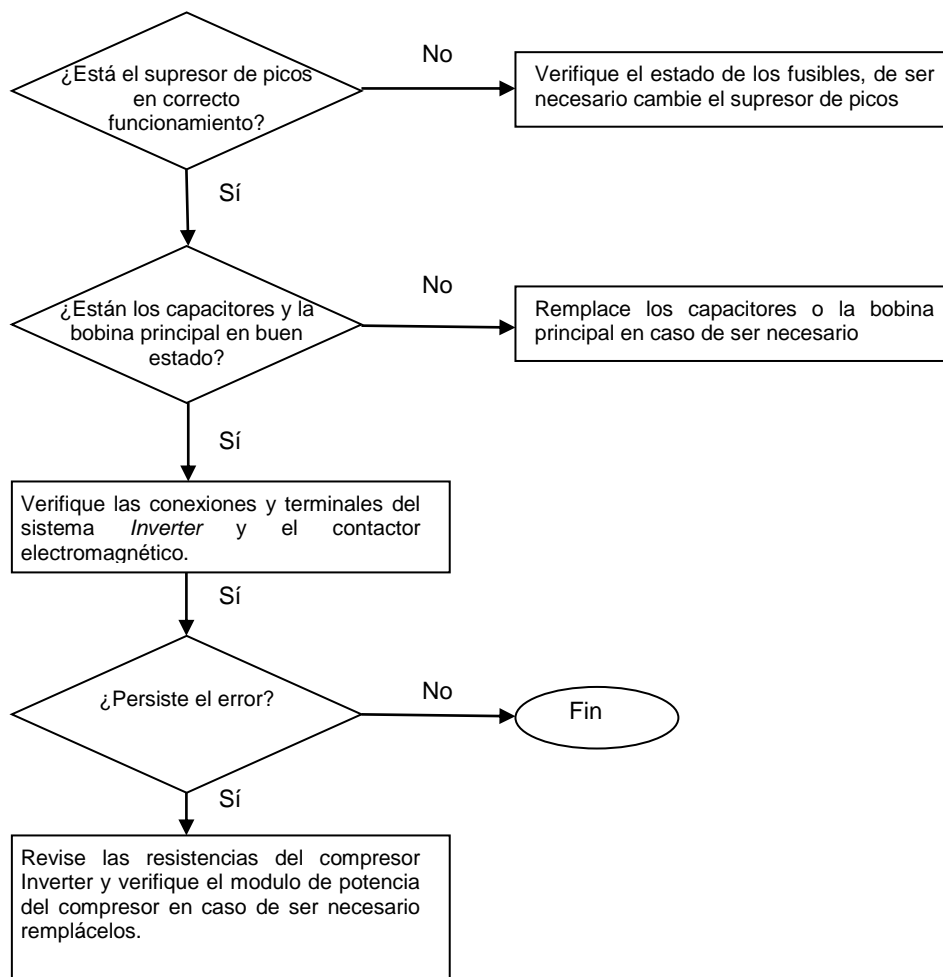
2. Con el sistema apagado mida la resistencia entre las terminales de la bobina. El valor medido debe ser menor a  $5\Omega$ .

### **Revisión de los capacitores.**

Vea el error 21

Error	Significado	Elemento
23	Falla en el nivel de voltaje DC en el compresor Inverter	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 23)



### Revisión del supresor de picos

Vea el error 22

### **Revisión de capacitores**

Vea el error 21

### **Revisión de la bobina**

Vea el error 22

### **Revisión del contactor**

Vea el error 21

### **Revisión de las resistencias del compresor**

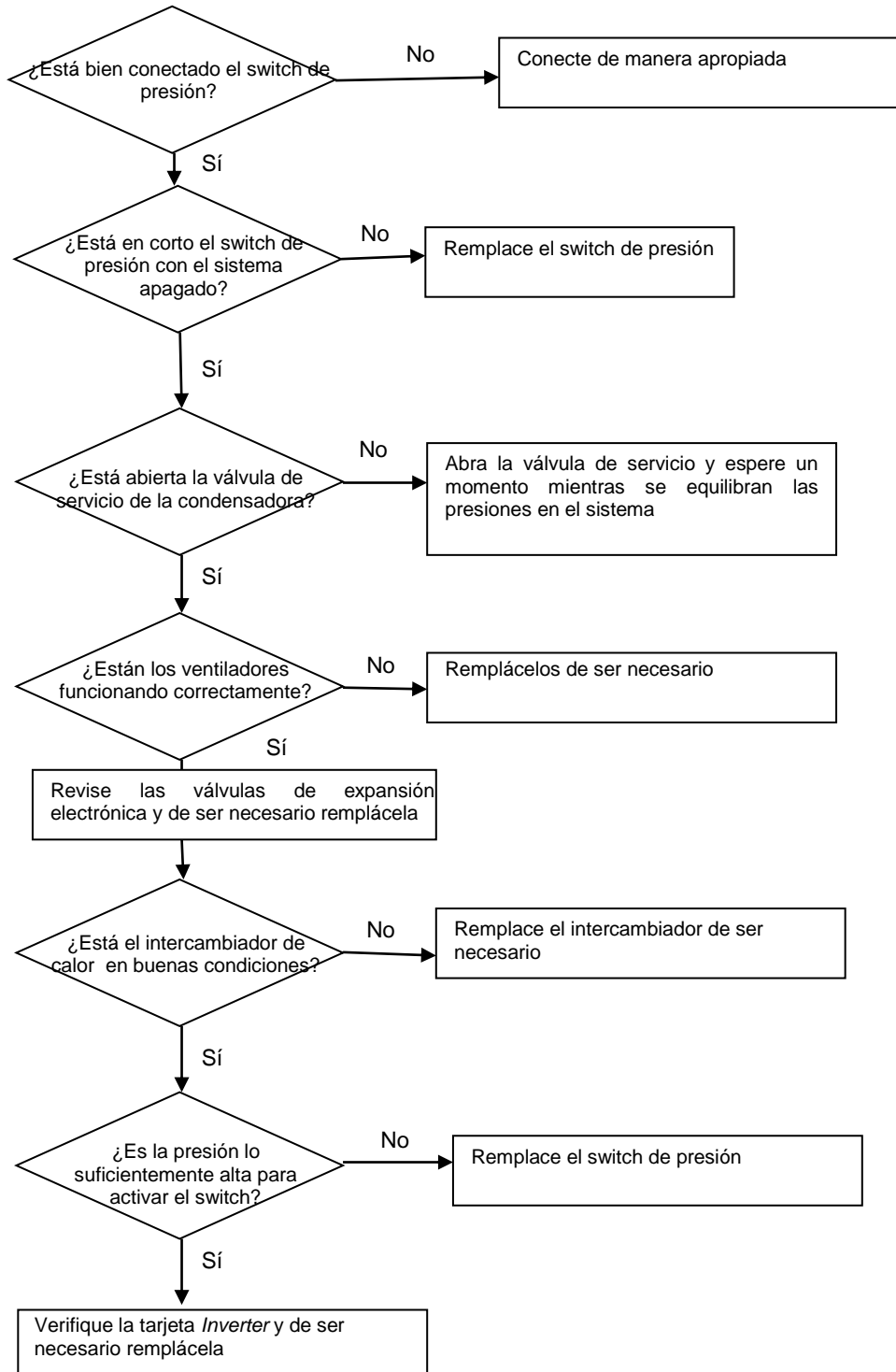
Vea el error 21

### **Revisión del modulo de potencia del compresor Inverter**

Vea el error 21

Error	Significado	Elemento
24	Apagado de los compresores por activación del switch de presión	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 24)



## **Revisión del switch de presión**

1. Identifique el conector del switch de presión en la tarjeta Inverter. Luego con ayuda de un Multímetro mida la resistencia entre sus terminales, si el valor medido es infinito (circuito abierto) indica que el switch está activado por una excesiva presión, si por el contrario el valor medido es cero (cortos circuitos) revise la conexión con la tarjeta Inverter y de ser necesario cámbiela.
2. En caso que la presión no sea lo suficientemente alta para activar el switch de presión, entonces revise el switch. Para esto coloque un puente en el switch del compresor Inverter y del compresor constante, uno por uno y revise si el error persiste. En caso que el error desaparezca se hace necesario el cambio de switch en cuestión y de no desaparecer se debe reemplazar la tarjeta Inverter.

## **Revisión de la presión y la cantidad de refrigerante**

Con ayuda de la descripción del sistema identifique las válvulas de servicio de sistema, luego conecte el manómetro en el puerto para manómetro de la línea de líquido y compare con el valor máximo de presión soportada por el sistema. En este caso cada condensadora puede soportar un máximo de presión de 5000Kpa.

La cantidad del refrigerante muy pocas veces necesita ser medida. Solo en el caso que se sospeche de una fuga se justifica el siguiente procedimiento:

En las válvulas de servicio del sistema por medio del puerto para manómetro conecte una pipeta con la capacidad suficiente para albergar todo el refrigerante (en este caso el refrigerante esta dado por su peso, 10Kg según el fabricante), luego vacíe todo el sistema en la pipeta y proceda a medir el peso del refrigerante y compare con el del fabricante en condiciones normales de operación. En caso de haber diferencia compénselas y vuelva a llenar el equipo con el refrigerante.

## **Revisión de los ventiladores**

Vea el error 21

## **Revisión del intercambiador de calor**

1. Verifique que este se encuentre instalado correctamente y no tenga fugas. Para esto puede usar una mezcla de agua y jabón y esparcirla a lo largo del intercambiador. La presencia de abundantes burbujas es indicador de fugas.

2. Revise que el intercambiador no esté cubierto o sucio, en caso tal retire la cubierta o limpie el intercambiador, incluso revise los filtros de las evaporadoras y límpielos de ser necesario.

3. inspeccione que no haya señales de golpes o daños severos en las aletas del intercambiador, en tal caso sustituya el intercambiador.

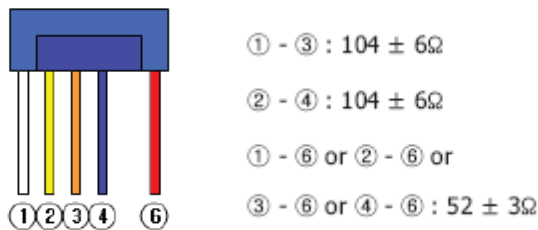
### Revisión de la tarjeta Inverter

Vea el error 2

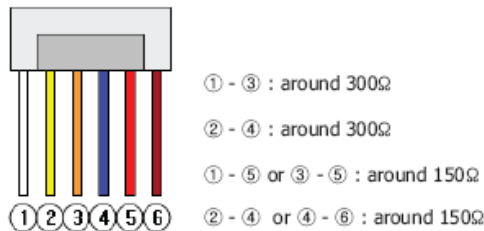
### Revisión de las válvulas de expansión electrónica

Mida los valores de resistencia entre las terminales de la válvula y compare con los siguientes resultados:

Para la válvula del circuito de subenfriamiento



Para la válvula de las evaporadoras



En caso que las mediciones sean diferentes remplace la válvula.

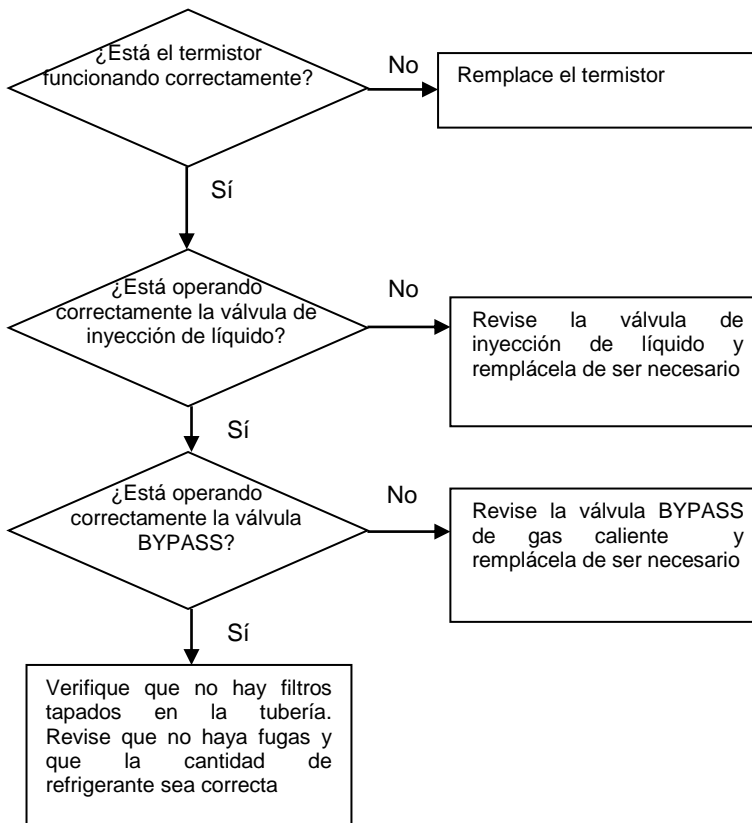
Error	Significado	Elemento
25	Voltaje de alimentación fuera del rango tolerable	Condensadora

## Revisión del voltaje de alimentación

Con ayuda del Multímetro mida los niveles de tensión entre R y S, R y T, y T y S en todos los casos los valores medidos deben ser similares y deben estar entre 210 y 220 VAC. En caso que haya una diferencia mayor de 10V entre las medición apague el equipo y verifique la red de alimentación eléctrica del edificio.

Error	Significado	Elemento
32	Apagado del sistema por detección de temperatura elevada en la línea de descarga del compresor <i>Inverter</i>	Condensadora
33	Apagado del sistema por detección de temperatura elevada en la línea de descarga del compresor de velocidad constante	Condensadora

## Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 32 y 33)



## Revisión del termistor

Vea el error 01.

## Revisión de la válvula de inyección de líquido y Bypass

Identifique el conector en la tarjeta principal, desconéctelo y mida la resistencia entre sus terminales, en ambas válvulas el valor debe ser similar y debe ser de  $1.85K\Omega \pm 10\%$ . En caso contrario revise la continuidad de los cables y de ser necesario remplace la válvula en cuestión.

Haga una inspección visual a la válvula y verifique que no haya señales de golpes, dobleces o algún tipo de anomalía que afecte su correcto funcionamiento. En caso de sospecha de fallo de la válvula retírela y aliméntela para comprobar su correcto funcionamiento.

## Revisión de la cantidad de refrigerante

Vea el error 24

## Carga de gas refrigerante

1. Ubicamos la válvula de servicio del lado de baja y conectamos el manómetro de baja (manguera o llave de color azul).
2. Conectamos la manguera amarilla a la bomba de vacío y abrimos la llave de paso de baja (color azul) del manómetro y encendemos la bomba de vacío hasta que el manómetro marque como se muestra en la figura.



3. Una vez, completado el vacío cerramos la llave de paso y paramos la bomba, esperamos mínimo una hora para asegurarnos que el circuito no recupera presión (la aguja del manómetro no debe subir), en caso que la aguja suba indica la presencia de fugas y deben repararse antes de proceder.

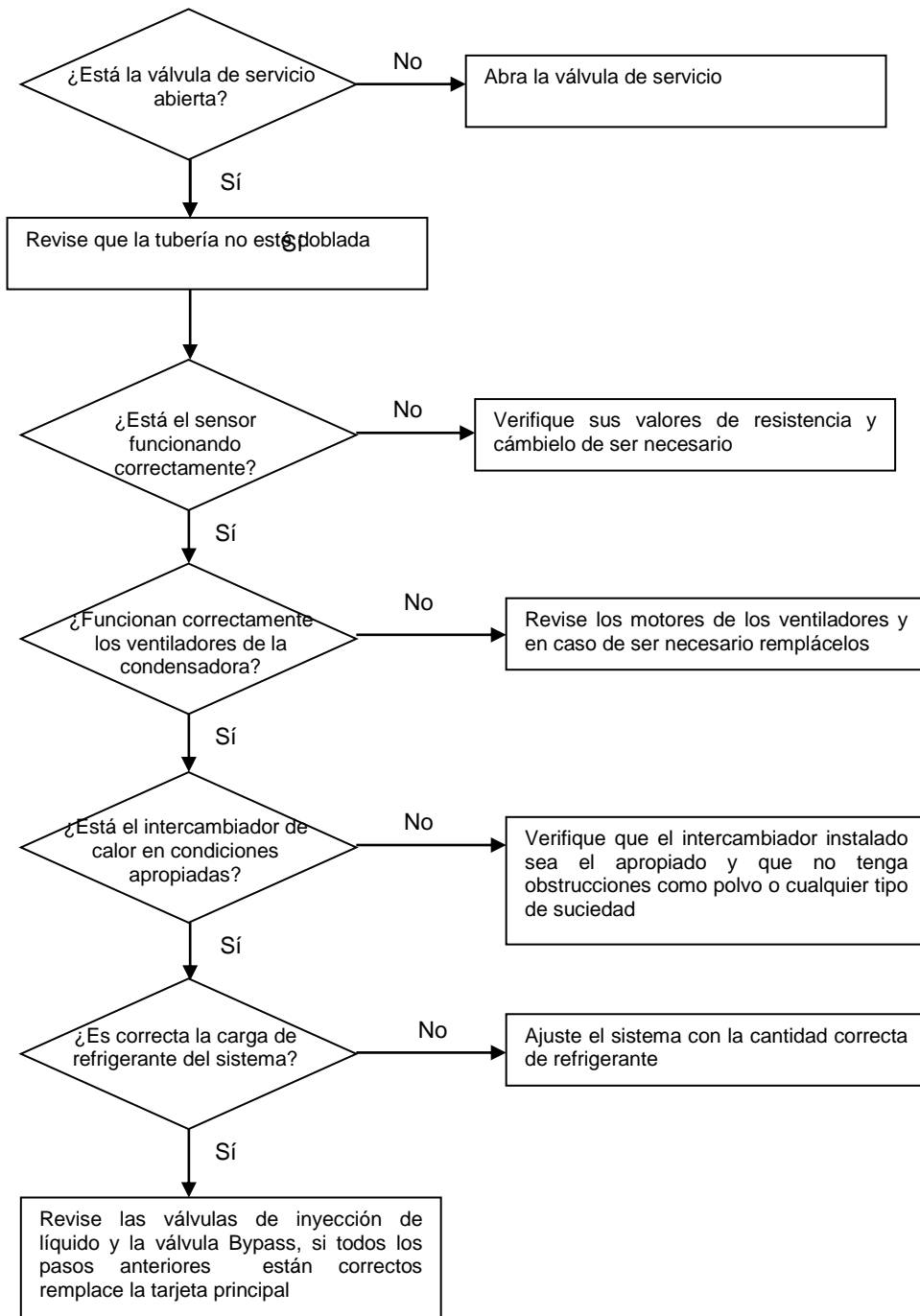
4. Desconectamos la bomba de vacío y conectamos la manguera a la botella de gas R22. Luego aflojamos el extremo de la manguera amarilla en el lado del manómetro y abrimos ligeramente la llave de paso de la botella para purgar la manguera de aire durante unos 2 segundos. Luego enroscamos rápidamente a manguera al manómetro y ya estamos listos para iniciar la carga.

5. Ponemos en marcha el equipo y vamos soltando golpes de gas, el primero puede ser de más de 3 minutos o más de duración, ya que el sistema este vacío, luego cerramos la llave y esperamos unos 40 o 50 segundos para que el compresor vaya nivelando las presiones y volvemos a soltar otro golpe de gas y esperamos. Así sucesivamente hasta completar la carga establecida por el fabricante. Que en este caso es de 10 Kg.

6. Por último, cerramos la llave de paso del manómetro y la llave de paso de la botella y desconectamos las mangueras y luego cerramos la llave de la válvula de servicio y desconectamos la manguera azul del manómetro.

Error	Significado	Elemento
34	Compresores apagados por detección de presión excesiva en el sensor de presión	Condensadora
35	Compresores apagados por detección de caída excesiva de presión en la línea de descarga	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 34 y 35)



## Revisión de los sensores de alta y baja presión

Ubique los conectores de los sensores en la tarjeta principal y asegúrese que estén bien conectados y que reciben 5Vdc en su terminal de alimentación positiva (terminal roja), si el error persiste desconéctelos, luego mida la resistencia entre sus terminales, en caso de estar en corto o circuito abierto cambie el sensor.

## Revisión de los ventiladores

Vea el error 21

## Revisión del intercambiador de calor

Vea el error 24

## Revisión de la carga del refrigerante

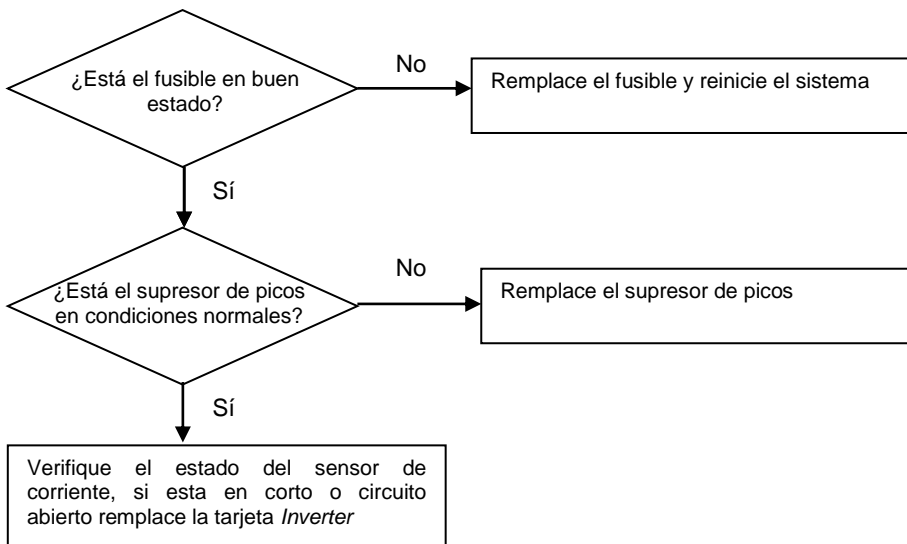
Vea el error 24

## Carga de gas refrigerante

Vea el error 32

Error	Significado	Elemento
40	Caída de corriente por debajo de 1A, detectada en la fase R del compresor <i>Inverter</i> , o sensor de corriente en corto	Condensadora

## Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 40)



### Revisión de los fusibles.

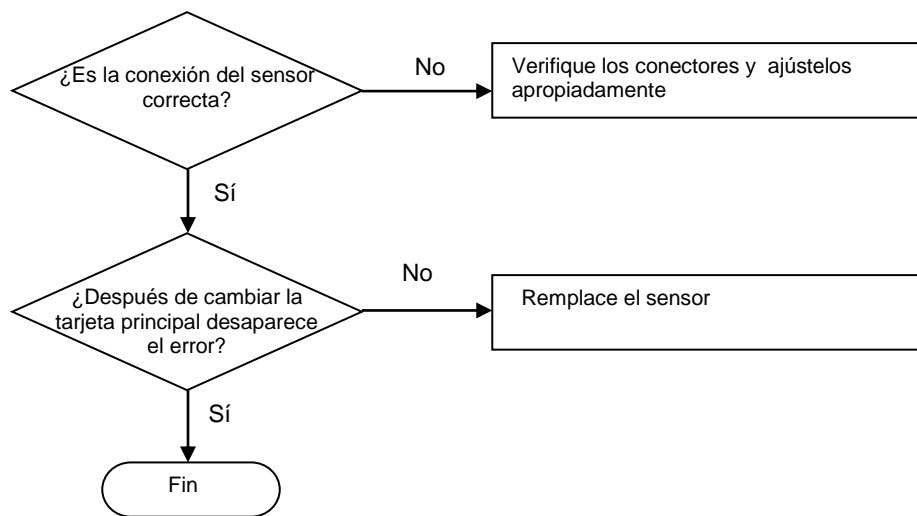
Vea el error 22

### Revisión del supresor de picos

Vea el error 22

Error	Significado	Elemento
42	Falla en el sensor de baja presión, el valor medido no es normal	Condensadora
43	Falla en el sensor de alta presión, el valor medido no es normal	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 42 y 43)

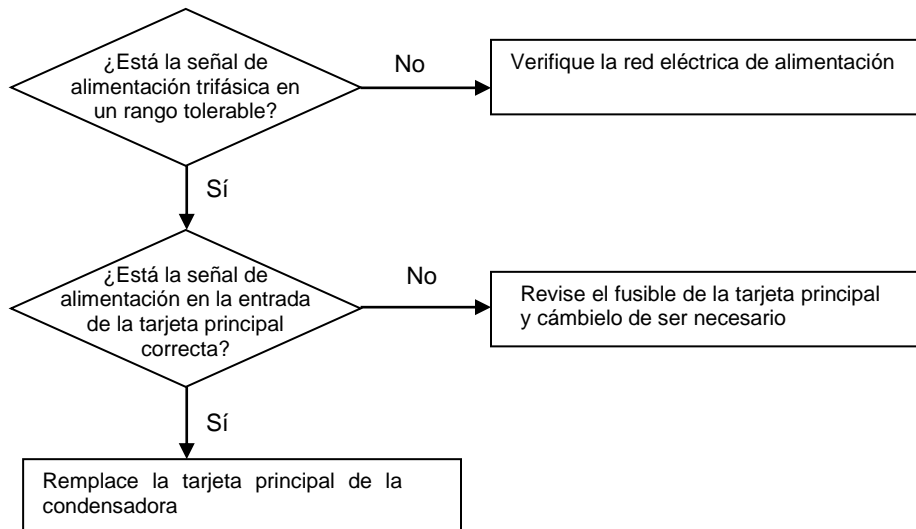


### Revisión de los sensores de alta y baja presión

Vea el error 34

Error	Significado	Elemento
49	Falla en el sensor de voltaje de la tarjeta principal	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 49)



### Revisión del voltaje de alimentación

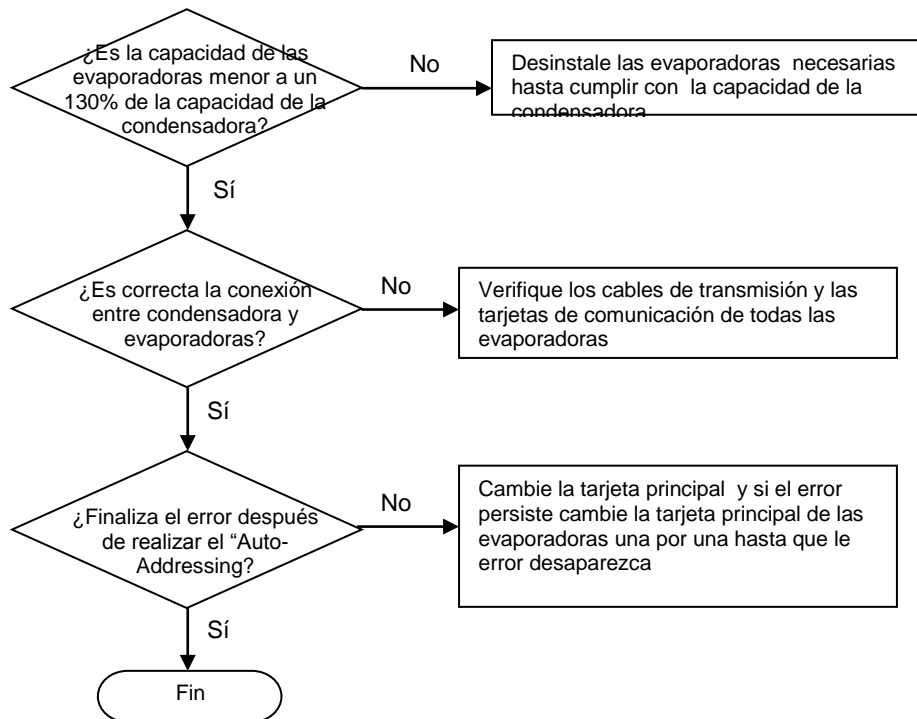
Vea el error 25

### Revisión del fusible de la tarjeta principal

En la descripción del sistema, en la tarjeta principal se muestra el fusible. Apague el equipo y luego mida continuidad entre sus terminales. Para esto con ayuda del Multimetro mida la resistencia entre los extremos del fusible. La resistencia medida debe ser menor a  $2\Omega$ , en caso contrario reemplace el fusible.

Error	Significado	Elemento
51	La capacidad de la condensadora esta excedida por la capacidad total de las evaporadoras instaladas	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 51)



### Revisión de la capacidad del sistema

El edificio cuenta con una condensadora para cada piso de la misma referencia y capacidad. La capacidad de una condensadora es de 33.6 kW o 114.700 Btu/h, en condiciones normales no debe activarse el error 51, pues el sistema está instalado cumpliendo con la capacidad establecida. Sin embargo si se hace necesario cambiar o ubicar una nueva evaporadora se debe tener en cuenta que la suma de las capacidades de las evaporadoras no debe exceder la capacidad de la condensadora en más de un 130%. En caso que el error 51 se active sin motivo aparente se deben verificar las conexiones y remplazar la tarjeta principal en caso de ser necesario.

## Revisión de la conexión

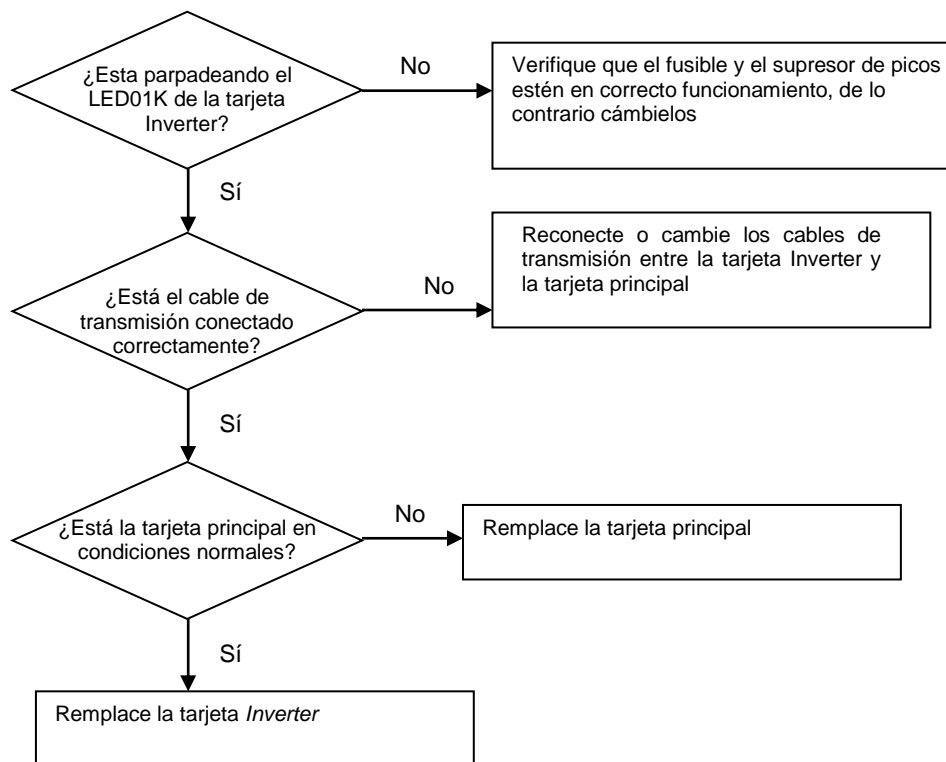
Vea le error 5

## Auto-Addressing

Vea el error 5

Error	Significado	Elemento
52,57	Error de comunicación entre la tarjeta <i>Inverter</i> y la tarjeta principal de la condensadora	Condensadora

## Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 52 y 57)



## Revisión de la tarjeta Inverter

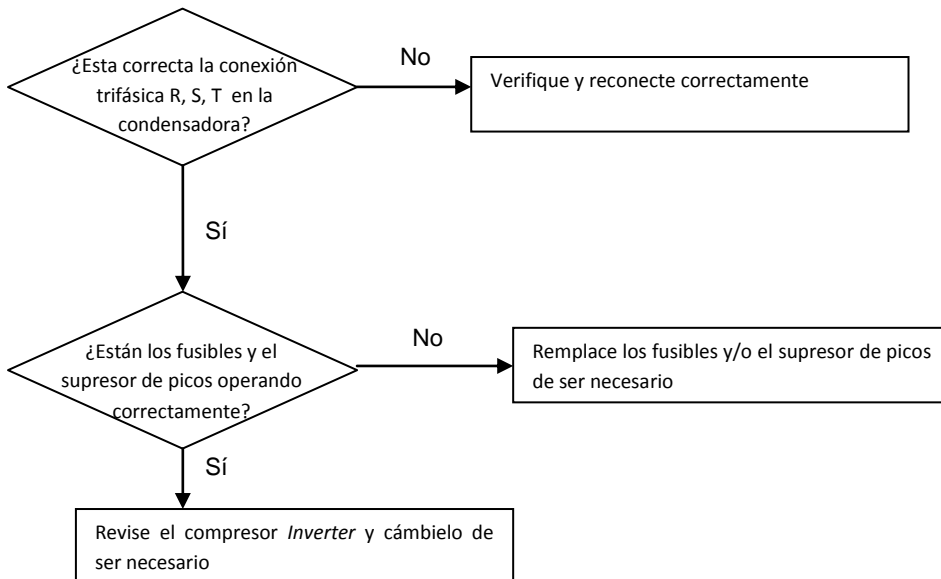
Vea el error 21

## Revisión del fusible de la tarjeta principal

En la descripción del sistema, en la tarjeta principal se muestra el fusible. Apague el equipo y luego mida continuidad entre sus terminales. Para esto con ayuda del Multímetro mida la resistencia entre los extremos del fusible. La resistencia medida debe ser menor a  $2\Omega$ , en caso contrario reemplace el fusible.

Error	Significado	Elemento
54	Conexión trifásica errónea	Condensadora

## Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 54)



## Revisión de la conexión R, S, T

Generalmente cuando el error 54 ocurre es porque una de las tres líneas se ha desconectado, en este caso reconecte y reinicie el sistema. En otro caso revise los niveles de alimentación como en el error 25 y verifique que ninguna de las líneas haya sido intercambiada de lugar.

## Revisión de los fusibles y el supresor de picos

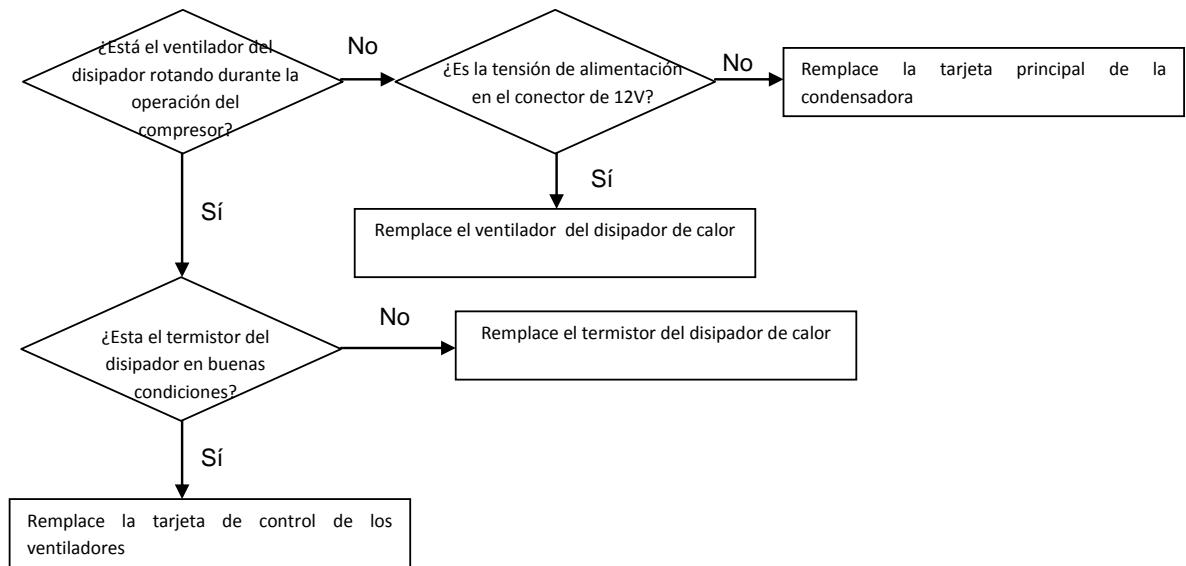
Vea el error 22

## Revisión del compresor Inverter

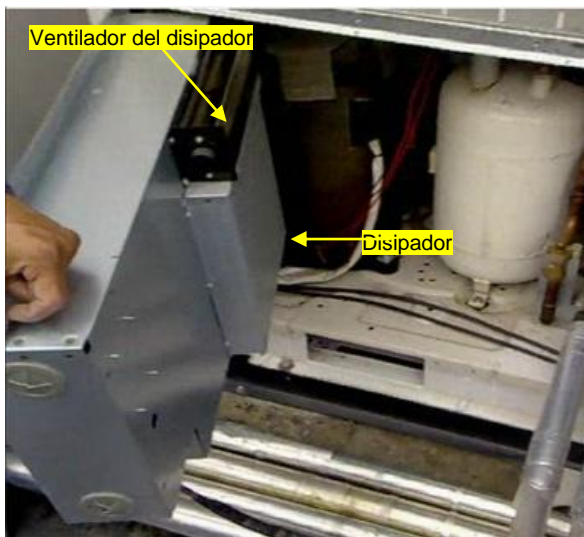
Vea el error 21

Error	Significado	Elemento
62	Calor excesivo en el disipador de calor de la tarjeta <i>Inverter</i>	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 62)



### Revisión del ventilador del disipador de calor



Verifique que el ventilador este rotando y que salga aire durante la operación del compresor Inverter, en caso contrario ubique el conector de alimentación en la

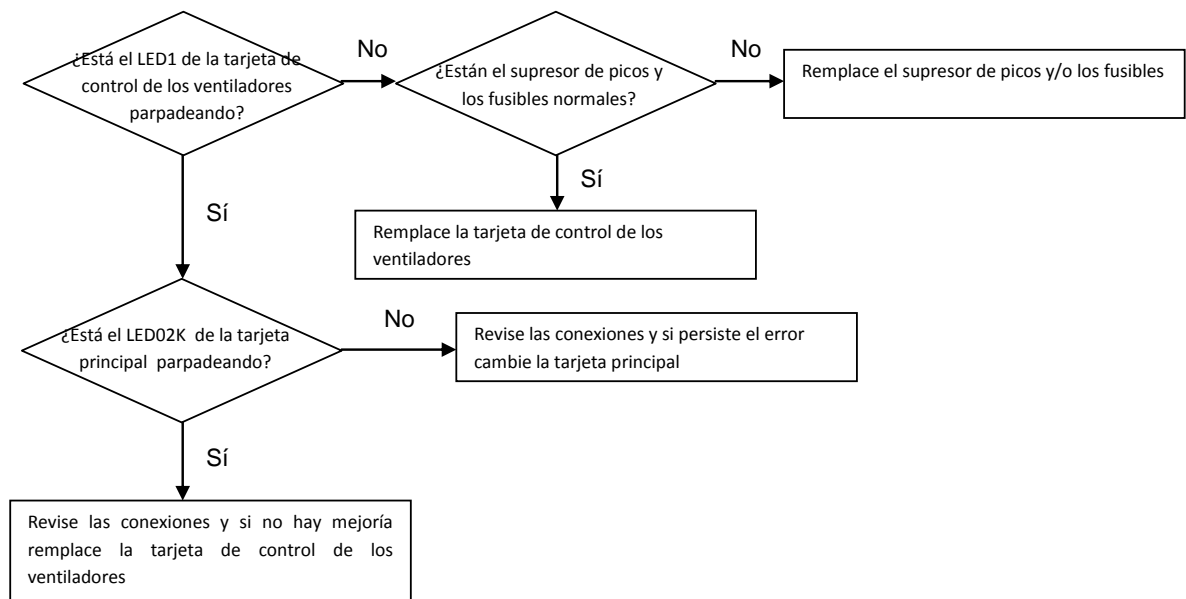
tarjeta principal y con ayuda de un Multímetro mida entre las terminales del conector de la tarjeta principal el valor del voltaje en DC (asegúrese que el compresor Inverter esté funcionando, para esto vea que el botón verde del contactor este hundido). Si valor medido es de 12V remplace el ventilador, y de no serlo remplace la tarjeta principal.

### Revisión del termistor del disipador de calor

Vea el error 01

Error	Significado	Elemento
105,108	Falla en la transmisión entre la tarjeta principal de la condensadora y la tarjeta de control de los ventiladores	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 105 y 108)

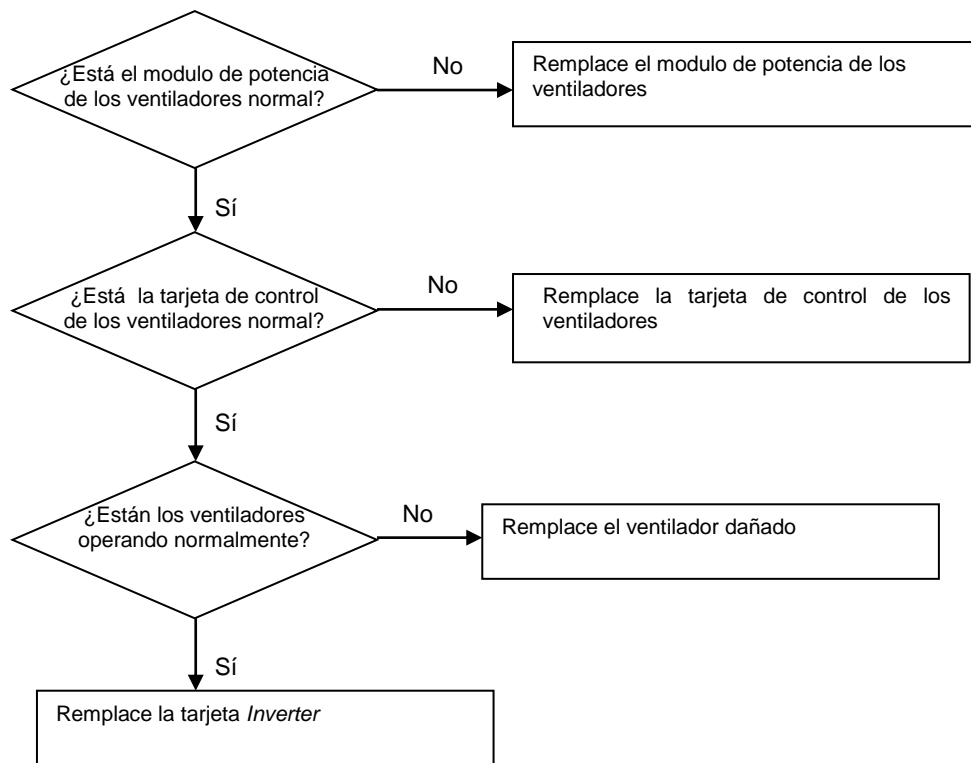


### Revisión del supresor de picos y los fusibles

Vea el error 2

Error	Significado	Elemento
106	Detección de sobrecorriente en el modulo de potencia de los ventiladores	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 106)



### Revisión del modulo de potencia de los ventiladores

1. Identifique el conector de alimentación DC y mida el valor de tensión. El valor medido debe ser de  $280\text{VDC} \pm 7\%$ . En caso contrario verifique las conexiones de la tarjeta de control de los ventiladores y revise nuevamente el conector DC, si no hay tensión o el valor es muy alejado del valor esperado reemplace la tarjeta de control de los ventiladores.
2. Con el Multímetro en modo AC, Mida la tensión en los conectores de alimentación de los ventiladores 1 y 2. EL valor medido debe ser de  $140\text{VAC} \pm 7\%$ .
3. Revise que el conector de comunicación con la tarjeta de control de los ventiladores este en perfecto estado y bien conectado.

## Revisión de la tarjeta de control de los ventiladores

1. Con ayuda de la descripción del sistema identifique el LED1 de la tarjeta de control de los ventiladores y verifique que esté parpadeando, de lo contrario verifique las conexiones con la tarjeta principal.
2. Revise que el LED2 está parpadeando, de lo contrario revise la conexión con el modulo de potencia de los ventiladores.
3. Si el LED3 está encendido, indica que hay error dentro de la tarjeta de control de los ventiladores. En este caso prosiga con los siguientes pasos:
4. Verifique los niveles de tensión en el conector de alimentación alterna. Entre todas las líneas debe haber 240VAC, en caso contrario revise el suministro de alimentación de la red eléctrica.
5. Mida el nivel de tensión en el conector DC y en caso de ser diferente a  $280\text{VDC}\pm 7\%$  revise las conexiones con la bobina secundaria y verifique que el condensador interno de la tarjeta no presente una deformación en la tapa superior en forma de expansión. Si el error persiste reemplace la tarjeta de control de los ventiladores.

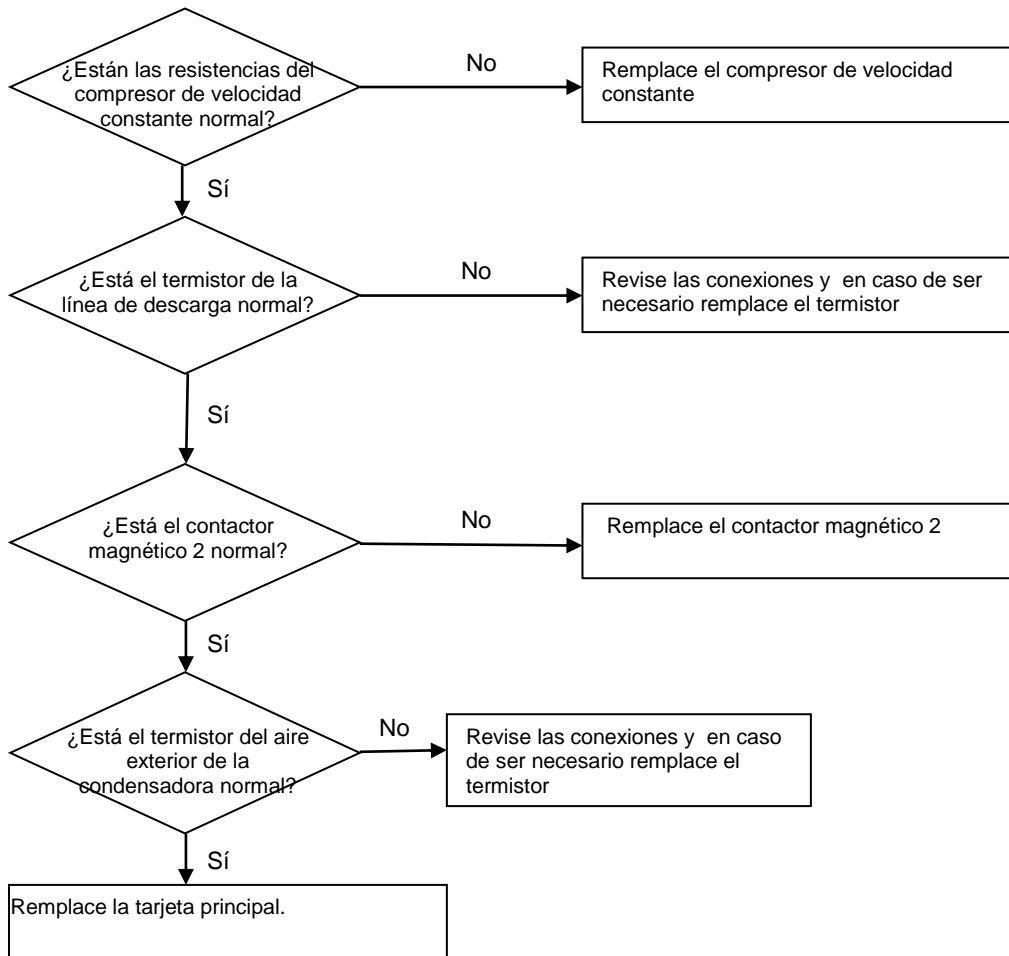
<b>Error</b>	<b>Significado</b>	<b>Elemento</b>
107	Bajo voltaje en los ventiladores de la condensadora	Condensadora

## Revise la tarjeta de control de los ventiladores

Vea el error 106

Error	Significado	Elemento
173	Arranque y operación anormal del compresor de velocidad constante	Condensadora

### Diagrama de flujo para detección de la falla (Error 173)



### Revisión de las resistencias del compresor

Vea el error 21

### Revisión de los termistores

Vea el error 01

### Revisión del contactor magnético

Vea el error 21

## **5.2 CONTINGENCIAS**

Aquí se presentan las actividades a seguir en caso que se perciban fallas en el sistema y este no las detecte.

### **5.2.1 Evaporadora no enfría**

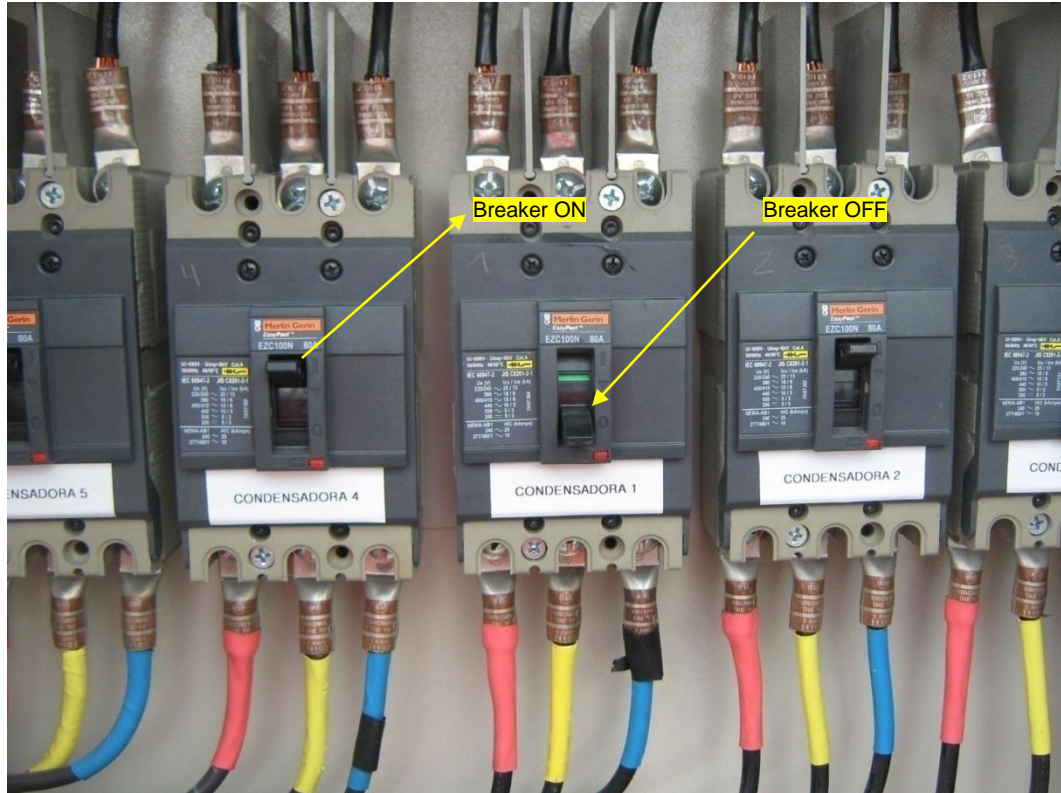
- Asegúrese que la evaporadora se encuentra encendida. En caso contrario enciéndala.
- Una vez, encendida la evaporadora verifique que el ventilador se encuentra en funcionamiento, de lo contrario diríjase al mantenimiento correctivo del presente instructivo.
- Si todo está en funcionamiento y la evaporadora no enfría, retire los tres termistores de esta y mida los valores de resistencia y compárelos con los establecidos en la descripción del sistema del presente instructivo.

Es muy probable que si la evaporadora no enfría y todo está funcionando correctamente, el error sea en los termistores que están midiendo erróneamente y el sistema no los detecta como error, porque este solo puede detectarlos como error en corto o circuito abierto. De ser el caso cambie los termistores y en caso de persistir el error solo queda cambiar la tarjeta principal de la evaporadora y revisar la válvula de expansión electrónica, en cuyo caso diríjase al mantenimiento correctivo.

### **5.2.2 El equipo completo no enciende**

Si el equipo no enciende no puede mostrar códigos de error, por lo tanto siga las siguientes instrucciones:

- Verifique que en el tablero de distribución eléctrico este funcionando correctamente, que el breaker no se encuentre en estado “off” y que entregue 110Vac en cada una de sus líneas.



- Revise y ajuste las conexiones R,S,T de entrada en la condensadora
- Revise el banco de fusibles y el supresor de picos del sistema. Cámbielos de ser necesario.

### 5.2.3 Operación ineficiente de todo el equipo

Si hay una operación ineficiente de todo el equipo, sin la presencia de error, es muy probable que se deba a medidas erróneas en alguno de los termistores de la condensadora.

Para corregir este efecto diríjase a la descripción del sistema e identifique cada uno de los termistores que se encuentran en la condensadora y mida valores de

resistencia para por lo menos dos valores de temperatura en cada uno de los termistores, en caso que las medidas sean significativamente diferentes sustituya el termistor en cuestión.

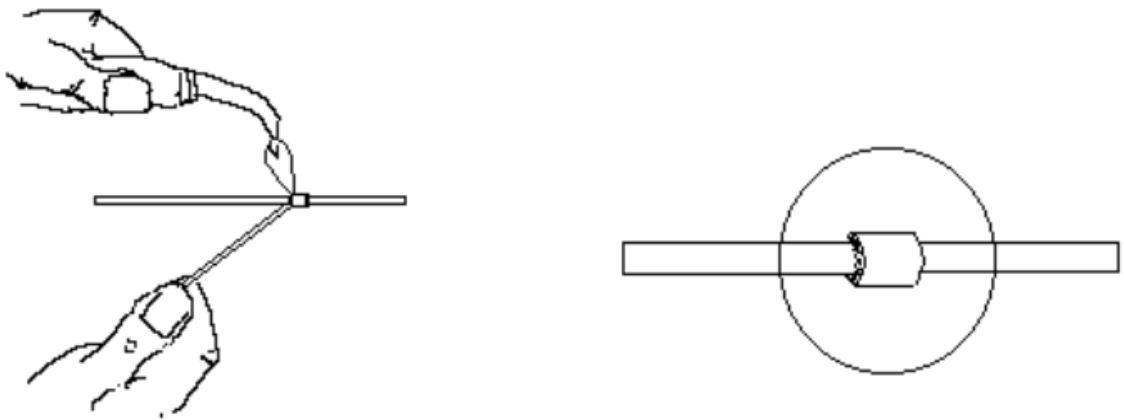
Para cambiar la temperatura, ubique el termistor, junto con un termómetro debajo de una de las evaporadoras y mida la resistencia a la temperatura deseada.

#### **5.2.4 Ruptura de la tubería**

- ❖ Soldadura para tubería de cobre
  - a. Para empezar se debe limpiar muy bien con lija fina, las superficies a soldar, teniendo cuidado de no introducir partículas en la tubería.
  - b. Ensanche la boca de uno de los tubos a soldar y verifique que la tubería entre una en la otra con facilidad, si entra demasiado apretada, no habrá espacio para que penetre la soldadura, pero si queda muy floja la unión será débil.
  - c. Aplique una pequeña cantidad de fundente a las superficies que van a ser unidas, solo es necesario una pequeña cantidad si usa demasiada puede contaminar el sistema.
  - d. Empuje el extremo de la tubería dentro de la otra hasta que penetre al máximo. Gire las tuberías para esparcir el fundente.
  - e. Caliente la unión con el soplete como en la figura y espere hasta que la unión esté al rojo claro, toque la unión con la varilla de soldadura de plata en el lado del tubo que es interno al otro, la soldadura debe fundirse, penetrando y corriendo con facilidad alrededor de toda la junta. No sobrecaliente la unión porque se puede fundir la tubería. La soldadura

derretida deberá correrse y llenar el espacio entre la parte exterior de una tubería y la parte interior de la expansión que se hizo en la otra. Cuando la soldadura ha formado un anillo alrededor de la tubería en el extremo de la expansión, se puede retirar el soplete.

- f. Permita que la junta se enfríe sin moverla, no toque la tubería hasta que la soldadura se haya endurecido.



### 5.2.5 Humedad en el sistema

La presencia de humedad en un sistema de refrigeración se debe a un mal procedimiento de vaciado antes de la carga del refrigerante.

El síntoma más relevante en el diagnóstico de presencia de humedad en el sistema es cuando este deja de enfriar a pesar que el compresor este trabajando y luego repentinamente o después de haberse desconectado y esperado un tiempo, vuelve a enfriar normalmente. Esto sucede debido a que el agua que se encuentra dentro del sistema puede llegar al punto de congelación y obstruir la tubería, esta obstrucción dura hasta el momento en que por alguna razón ese

trozo de hielo se descongele y deje pasar el refrigerante volviendo a trabajar normalmente el sistema.

Cuando este problema se presenta quiere decir que los filtros han sido saturados y no son capaces de absorber mas humedad por lo tanto para reparar este problema se deben cambiar los filtros secadores, hacer un buen vacío y cargar nuevamente el refrigerante.

## 6. GLOSARIO

**Subenfriamiento:** Es el proceso de enfriar el refrigerante por debajo de su temperatura de condensación para lograr que este se encuentre 100% líquido y libre de burbujas de vapor, y de esta manera aumentar la capacidad de enfriamiento del sistema.

**Tecnología Inverter:** Es una Tecnología que sirve para regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de un aparato. En climatización se utiliza para controlar la velocidad de operación del compresor.

**Display:** Es una expresión en el idioma inglés para un visualizador que poseen ciertos aparatos electrónicos para mostrar información a los usuarios.

**Humedad:** Agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.

**Intercambiador coaxial:** Intercambiador de calor de tubos concéntricos.

**Sistema Multi V:** Es un sistema que admite la conexión de una sola unidad condensadora a múltiples unidades evaporadoras y que permite la variación del volumen de refrigerante que fluye por cada evaporadora acorde a las necesidades del momento.

**PWM:** Modulación por ancho de pulsos (Pulse Width Modulation por sus siglas en inglés), es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

**Cárter:** Es una caja metálica que aloja los mecanismos operativos del motor.



**Protocolo RS485:** También conocido como EIA-485, es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (1200 metros) y en canales ruidosos.

**PCB:** Tarjeta de circuito impreso o Printed Circuit Board por sus siglas en inglés.

**Resistencia de aislamiento:** Es la resistencia en ohmios existente entre la carcasa del elemento y las líneas, cables e instalaciones eléctricas internas del mismo. Representa una medida del aislamiento eléctrico entre los componentes internos y la cubierta exterior en contacto con el usuario.

**Refrigerante:** Producto químico líquido o gas, fácilmente licuable, que se utiliza para servir de medio transmisor de calor en aparatos de refrigeración.

## 7. RESGISTROS

		<b>Mantenimiento Preventivo, CADA TRES MESES</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>CONDENSADORA</b>		<b>Realizado por:</b>	Nombre: _____
<b>UNIDAD NO.</b> _____		<b>Verificado por:</b>	Nombre: _____

<b>Fecha de Inicio:</b>	
<b>Hora de Inicio:</b>	

	<b>Revisión Visual</b>	<b>Estado, Sí/No</b>
1.1.	Revisar visualmente el estado general de la parte externa de la unidad Condensadora.	
1.2.	Abrir la unidad Condensadora y realizar inspección Visual a los componentes internos de esta.	
1.3.	Detectar ruidos indebidos en los soportes de la tubería eléctrica y del refrigerante.	
<b>2.</b>	<b>Limpieza</b>	
2.1.	Limpiar cualquier seña de polvo de las tarjetas electrónicas ya sea con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión.	
2.2.	Remover el polvo y el sucio acumulado en la tubería o ductos del refrigerante.	
2.3.	Sacudir el polvo y el sucio acumulado en el ventilador del	

	Intercambiador de calor de la Condensadora.	
2.4.	Barrer la basura como hojas, ramas y polvo acumulado en el piso de la Unidad Condesadora.	
<b>3.</b>	<b>Mediciones</b>	
3.1.	Medir tensiones de entrada a las fases R, S y T, esta debe ser de 220 Vac RMS.	
3.2.	Realizar medición de tensión en los módulos de potencia. Entre los terminales P y N (terminales de entrada al modulo de potencia) debe dar un valor de 290 Vdc.	
3.3.	Realizar medición de la corriente en los terminales W, V y U del módulo de potencia con la ayuda de una pinza Amperimétrica. La diferencia de los valores medidos debe ser menor a 1.5 A.	
<b>4.</b>	<b>Terminación</b>	
4.1.	Colocar y cerrar todas las tapas de protección de la Unidad Condensadora. Se recuerda atornillar bien estas.	
		<b>Fecha de Terminación :</b>
		<b>Hora de Terminación :</b>

Observaciones:



		<b>Mantenimiento Preventivo, CADA TRES MESES</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>EVAPORADORA</b>		Realizado por:	Nombre: _____
<b>UNIDAD NO.</b> _____		Verificado por:	Nombre: _____

Fecha de Inicio:	
Hora de Inicio:	

1.	<b>Revisión Visual</b>	<b>Estado, Sí/No</b>
1.1.	Revisar visualmente el estado general de la parte externa de la unidad Evaporadora.	
1.2.	Abrir la unidad Evaporadora y realizar inspección Visual a los componentes internos.	
1.3.	Verifique que la ubicación de los termistores sea la adecuada para que cumplan con su función. Estos tienden a moverse por las vibraciones de la tubería.	
1.4.	Ponga en marcha el equipo e inspeccione que no se presenten vibraciones y/o ruidos excesivos en la válvula de expansión electrónica.	
1.5.	Examine que el ventilador opere suave y libre de vibraciones y ruidos extraños. Reajuste conectores.	
1.6.	Inspeccionar visualmente la bomba de drenaje, para cerciorarse de que no presenta vibraciones excesivas ni ruidos inadecuados, en caso contrario diríjase a la parte correctiva del presente instructivo.	
<b>2.</b>	<b>Limpieza</b>	
2.1.	Retirar los filtros de aire, para limpiarlos con una sopladora de aire y luego lavarlos con agua limpia.	
2.2.	Lavar la bandeja que retiene el agua. Lavar el serpentín con agua y detergente líquido, no es necesario utilizar ningún tipo de producto de limpieza diferente al detergente común.	
.		

<b>3.</b>	<b>Terminación</b>	
3.1.	En caso de detectar cualquier anomalía, diríjase al instructivo de mantenimiento correctivo.	
3.2.	Armar, ajustar y cerrar todas las tapas de protección de la Unidad Evaporadora. Se recuerda atornillar bien estas.	
		<b>Fecha de Terminación :</b>
		<b>Hora de Terminación:</b>

**Observaciones:**



		<b>Mantenimiento Preventivo, CADA SEIS MESES</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>CONDENSADORA</b>		Realizado por:	Nombre: _____
<b>UNIDAD NO.</b>		Verificado por:	Nombre: _____

<i>Fecha de Inicio:</i>	
<i>Hora de Inicio:</i>	

<b>1.</b>	<b>Revisión Visual</b>	<b>Estado, Sí/No</b>
1.1.	Revisar visualmente el estado general de la parte externa de la unidad Condensadora.	
1.2.	Abrir la unidad Condensadora y realizar inspección Visual a los componentes internos de esta.	
1.3.	Detectar ruidos indebidos en los soportes de la tubería eléctrica y del refrigerante.	
1.4.	Comprobar que las aletas del intercambiador de calor no se encuentren dobladas. En caso contrario intente enderezarlas con unas pinzas.	
1.5.	Comprobar que las aletas del intercambiador de calor no se encuentren dobladas.	
<b>2.</b>	<b>Limpieza</b>	
2.1.	Limpiar el Intercambiador de calor de la condensadora con una sopladora de alta presión con el fin de arrancar el polvo y la basura adherida en este. En caso que esto no sea suficiente proteja con plásticos los bancos electrónicos de la condensadora y lave con agua y detergente líquido el intercambiador de calor, recalcando que esto se debe realizar con abundante agua, teniendo cuidado de no arrugar las aletas ni dejar residuos que obstruyan o tapen el paso de aire.	
<b>3.</b>	<b>Terminación</b>	

3.1.	Ajustar las terminales de los conectores de los compresores. Tienden a aflojarse por las vibraciones del compresor.	
3.2.	Apretar conexiones, tornillería y anclajes de ser necesario.	
3.3.	En caso de detectar cualquier anomalía, diríjase al instructivo de mantenimiento correctivo.	
		<b>Fecha de Terminación :</b>
		<b>Hora de Terminación:</b>

**Observaciones:**



		<b>Mantenimiento Preventivo, CADA SEIS MESES</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>EVAPORADORA</b>		<b>Realizado por:</b> _____ Nombre: _____	
<b>UNIDAD NO.</b> _____		<b>Verificado por:</b> _____ Nombre: _____	

<b>Fecha de Inicio:</b>	_____
<b>Hora de Inicio:</b>	_____

1.	<i>Revisión Visual</i>	<i>Estado, Sí/No</i>
1.1.	Detectar ruidos indebidos en los soportes de la tubería eléctrica y de refrigerante.	
1.2.	Comprobar que las aletas del intercambiador de calor no se encuentren dobladas. En caso contrario intente enderezarlas con unas pinzas.	
1.3.	Verificar que la manguera de drenaje de las evaporadoras no esté deteriorada y que el bajante no esté obstruido.	
1.4.	Revisar que el bajante del agua no se encuentre obstruido. Corregir, si es el caso, la inclinación de la evaporadora y/o la manguera.	
1.5.	Examinar el estado y la posición de los filtros de aire.	
1.6.	Observar que las rejillas de aire frío mantienen un movimiento adecuado y suave.	
2.	<i>Limpieza</i>	
2.1.	Limpiar las tarjetas electrónicas con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión.	

2.2	Quitar la grasa seca adherida a los pivotes de las rejillas de direccionamiento de aire. Lubricar con grasa nueva a dichos pivotes.	
<b>3. Terminación</b>		
3.1.	En caso de detectar cualquier anomalía, diríjase al instructivo de mantenimiento correctivo.	
3.2.	Armar, ajustar y cerrar todas las tapas de protección de la Unidad Evaporadora. Apretar conexiones, tornillería y anclajes de ser necesario	
		<b>Fecha de Terminación :</b>
		<b>Hora de Terminación:</b>



**Observaciones:**

		<b>Mantenimiento Preventivo, ANUAL</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>CONDENSADORA</b>		Realizado por:	Nombre: _____
UNIDAD NO. _____		Verificado por:	Nombre: _____

Fecha de Inicio:	
Hora de Inicio:	

1.	Revisión Visual	Estado, Sí/No
1.1.	Realice una inspección visual y reajuste los conectores de los módulos de potencia.	
1.2.	Realice una inspección visual y reajuste las tarjetas electrónicas.	
1.3.	Revise que los ventiladores de la condensara se encuentren libres de obstáculos que puedan impedir su correcto funcionamiento.	
1.4.	Revise las conexiones de tensión de entrada y salida al contactor electromagnético.	
1.5.	Asegúrese que la ubicación de los termistores sea la adecuada para que cumplan con su función. Estos tienden a moverse por las vibraciones de la tubería.	
1.6.	Ponga en marcha el equipo e inspeccione que no se presentan vibraciones y/o ruidos excesivos en las válvulas solenoides, de servicio o de expansión electrónica.	
<b>2.</b>	<b>Limpieza</b>	
2.1.	Limpie los ventiladores de la condensadora con una sopladora de aire y un paño humedecido.	
2.2.	Realice la limpieza con limpia contactos de secado rápido de las conexiones de tensión de entrada y salida del contactor electromagnético. Haga la revisión de los mismos como se muestra	



		<b>Mantenimiento Preventivo, ANUAL</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>EVAPORADORA</b>		<b>Realizado por:</b> _____ Nombre:	
<b>UNIDAD NO.</b> _____		<b>Verificado por:</b> _____ Nombre:	

<b>Fecha de Inicio:</b>	
<b>Hora de Inicio:</b>	

1.	<i>Revisión Visual</i>	<i>Estado, Sí/No</i>
1.1.	Realice una inspección visual de las tarjetas electrónicas y reajuste los conectores que crea necesarios.	
1.2.	Asegúrese que la ubicación de los termistores sea la adecuada para que cumplan con su función. Estos tienden a moverse por las vibraciones de la tubería.	
1.3.	Ponga en marcha el equipo e inspeccione que no se presentan vibraciones y/o ruidos excesivos en la válvula de expansión electrónica.	
2.	<i>Limpieza</i>	
2.1.	Limpie las tarjetas de las evaporadoras y de los controles remotos. Esta limpieza se debe hacer con una sopladora y limpiador de contactos de secado rápido.	
2.2.	Ajustar las conexiones del ventilador de la evaporadora y limpiar con sopladora el polvo para luego lubricar los rodamientos del mismo.	
3.	<i>Terminación</i>	
3.1.	En caso de detectar cualquier anomalía, diríjase al instructivo de mantenimiento correctivo.	



		<b>Mantenimiento Preventivo, CADA SEIS MESES</b>	Formato N.
			Archivo N.
			Fecha Efectiva:
<b>CONTROL CENTRAL SIMPLE</b>		Realizado por:	_____ Nombre:
<b>UNIDAD NO.</b> _____		Verificado por:	_____ Nombre:

Fecha de Inicio:	
Hora de Inicio:	

1.	<i>Revisión Visual</i>	<i>Estado, Sí/No</i>
1.2.	Retirar la tapa frontal y limpiar con un pincel de cinta de aseguramiento plástica o con una sopladora de aire de alta presión.	

Fecha de Terminación :	
Hora de Terminación :	

**Observaciones:**





