



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Experiencia laboral en mantenimiento preventivo de aires
acondicionados tipo Minisplit**

**Trabajo monográfico para obtener el grado de
Ingeniero en Sistemas de Energía**

PRESENTA

Esteban De Jesús Poot Poot

ASESORES

Dr. José Hernández Rodríguez
Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool
M. en P. Set Jubal Castillo Ávila



Chetumal Quintana Roo, México, Febrero de 2018



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Trabajo monográfico elaborado bajo supervisión del
Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial
para obtener el grado de:**

INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA

Comité de Trabajo Monográfico

Supervisor 1: _____
Dr. José Hernández Rodríguez

Supervisor 2: _____
Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool

Supervisor 3: _____
M. en P. Set Jubal Castillo Ávila



Chetumal Quintana Roo, México, Febrero de 2018

	<h2>AGRADECIMIENTOS</h2>
--	--------------------------

Agradezco a Dios por ser maravilloso,
por su grandeza y fidelidad, porque de
él proviene todas las cosas, gracias Dios
porque me has cuidado en cada momento
me das vida, fuerza y fe para creer
lo que me parecía imposible terminar.

A mis padres por mostrarme el camino correcto
y guiarme por él, por su comprensión y cariño,
porque siempre buscan lo mejor para mi,
por formarme como una persona con carácter sólido,
porque han sido un buen ejemplo para mí,
porque me han brindado todo su apoyo,
gracias a ustedes todo lo que tengo no hubiera sido posible.

A mi esposa Mildred y a mi hija Sidney porque
han estado a mi lado en los momentos
difíciles y me han impulsado a
terminar este proyecto.

A mi hermano Wilfrido porque siempre ha sido un apoyo moral e incondicional y un gran ejemplo para seguir creciendo y desarrollarme como persona de bien.

A mis profesores de la División de Ciencias e Ingeniería por transmitirme sus conocimientos desde el inicio de mi carrera profesional, porque han inculcado en mi un sentido de seriedad, responsabilidad, perseverancia y constancia, sin los cuales no podría tener una formación completa.

Me gustaría agradecer sinceramente al Dr. José Hernández Rodríguez por su apoyo total como asesor en la elaboración de este proyecto, debo destacar por encima de todo, su capacidad para guiar mis ideas su esfuerzo, su dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia y su motivación, que han sido fundamentales para mí en este trabajo.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool

y al M. en P. Set Jubal Castillo Ávila
por su importante aporte y participación activa
en el desarrollo de este proyecto. No cabe duda
que su participación ha enriquecido el trabajo realizado.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	ix
OBJETIVOS	x
JUSTIFICACIÓN	xi
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TERMODINÁMICA.....	1
1.1 Termodinámica	1
1.2 Transferencia de calor por conducción	1
1.3 Transferencia de calor por convección	2
1.4 Transferencia de calor por radiación.....	3
1.5 Otros conceptos importantes	4
1.6 Refrigeración.....	5
1.7 Refrigerantes.....	7
1.8 Estados de la materia	9
1.9 Temperatura.....	10
1.10 Cambios de fase	10
1.11 Punto de ebullición.....	11
1.12 Temperatura de condensación.....	11
1.13 Punto de fusión	11
1.14 Temperatura de saturación	12
1.15 Vapor sobrecalentado	12
1.16 Líquido subenfriado.....	15

1.17 Caudal.....	16
1.18 Movimiento molecular	16
1.19 La carga de refrigeración	16
1.20 Salto térmico	17
1.21 Necesidad de aislamiento térmico	17
1.22 Presión absoluta	17
1.23 Presión manométrica	17
1.24 Presión atmosférica	22
CAPÍTULO 2. COMPONENTES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT	23
2.1 Definición	23
2.2 Ventajas y desventajas de los Minisplit.....	24
2.3 Compresor	25
2.4 Condensador.....	27
2.5 Válvula de expansión (tubo capilar)	27
2.6 Evaporador	27
2.7 Filtro deshidratante	28
2.8 Control de fluido del refrigerante.....	28
CAPÍTULO 3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT	29
3.1 Desinstalar el aire acondicionado	29
3.2 Desmontaje del evaporador	35
3.3 Desarmar el evaporador	36
3.4 Limpieza de las partes del evaporador	37
3.5 Ensamblado de las partes del evaporador	40
3.6 Limpieza de la unidad condensadora.....	40
3.7 Instalación del equipo y pruebas de operación	40
COMENTARIOS FINALES	45
REFERENCIAS.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Conducción de calor de una varilla calentada [3].	2
Figura 1.2 Transferencia de calor por convección [4].	3
Figura 1.3 Transferencia de calor por radiación [5].	4
Figura 1.4 Ciclo inverso de Carnot en un diagrama presión-volumen (P-V) (Fuente: elaboración propia).	7
Figura 1.5 Curva de saturación [13].	13
Figura 1.6 Curva de saturación con líneas isotermas [13].	15
Figura 1.7 Juego de manómetros (Fuente: elaboración propia).	18
Figura 1.8 Manómetro de baja presión (Fuente: elaboración propia).	19
Figura 1.9 Manómetro de alta presión (Fuente: elaboración propia).	20
Figura 1.10 Conexión del juego de manómetros a un equipo de aire acondicionado (Fuente: elaboración propia).	21
Figura 2.1 Componentes de un Minisplit [17].	24
Figura 2.2 Circuito frigorífico [19].	26
Figura 2.3 Circuito completo de aire acondicionado [20].	26
Figura 3.1 Válvula de alta, válvula de baja y válvula de servicio (Fuente: elaboración propia).	30
Figura 3.2 Manómetro conectado al puerto de servicio (Fuente: elaboración propia).	31
Figura 3.3 Señal de alimentación del compresor (Fuente: elaboración propia).	32
Figura 3.4 Interruptor termomagnético desconectado (Fuente: elaboración propia).	33
Figura 3.5 Desconectando las tuberías del evaporador (Fuente: elaboración propia).	34
Figura 3.6 Tuberías encintadas en ambos extremos del evaporador (Fuente: elaboración propia).	35
Figura 3.7 Gancho de soporte del evaporador (Fuente: elaboración propia).	36

Figura 3.8 Desconectando la tarjeta del evaporador (Fuente: elaboración propia).....	37
Figura 3.9 Lavado de serpentín y demás partes del evaporador (Fuente: elaboración propia).	38
Figura 3.10 Partes del equipo antes y después de lavar (Fuente: elaboración propia).....	39
Figura 3.11 Instalando el evaporador (Fuente: elaboración propia).....	41
Figura 3.12 Presión del refrigerante a 100 psi (Fuente: elaboración propia).	42
Figura 3.13 Operando el equipo a 60 psi (Fuente: elaboración propia).	43

	<h2>RESUMEN</h2>
--	------------------

Los sistemas de aire acondicionado son equipos de amplio uso en los hogares, en los comercios, en las industrias, inclusive hasta en los medios de transporte. Un mal funcionamiento de estos aparatos puede generar un ambiente con mala calidad del aire interior y provocar problemas de salud como tos, mareos, náuseas, problemas respiratorios, etc. Además, cuando el equipo está empolvado internamente, llega al punto que genera mal olor, por lo tanto es muy importante el trabajo de mantenimiento periódico para que funcione adecuadamente.

En este trabajo se abordan algunos conceptos básicos de la termodinámica, de los componentes del sistema de aire acondicionado, porque es necesario tener un conocimiento básico de cómo funciona cada uno de las partes que lo conforman. También se describe de una manera práctica y detallada el procedimiento de mantenimiento de los aires acondicionados tipo Minisplit debido a que estos equipos necesitan limpieza cada determinado tiempo para su buen funcionamiento y sobre todo evitar que se deteriore y se dañe alguno de sus componentes, aún más importante alargar su tiempo de vida útil. Para finalizar se analiza la efectividad del trabajo de mantenimiento dejando el equipo limpio de impurezas y en óptimas condiciones.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la ciencia y la tecnología ha avanzado de una manera acelerada en diferentes sectores de la vida y nuestra generación ha sido capaz de experimentar el mayor desarrollo tecnológico en la historia humana, hemos visto cosas que en algún momento pensamos que nunca serían posibles.

Con el avance de la ciencia el hombre ha desarrollado los equipos de aire acondicionado para lograr un confort térmico en su habitación, en la oficina o alguna otra estancia específica para una mejor calidad de vida y así contrarrestar el entorno que lo rodea sobre todo en zonas cálidas y de mucha humedad.

En 1902 Willis Carrier, joven ingeniero norteamericano, sentó las bases del moderno aire acondicionado y desarrolló el concepto de climatización. Durante aquellos años el objetivo principal de Carrier era mejorar el control de la temperatura y la humedad de un espacio cerrado.

Actualmente en nuestra sociedad muchos productos y servicios dependen del control del clima interno porque predominan las altas temperaturas a lo largo del año, esto hace que el negocio de sistemas de aire acondicionado sea rentable y de mucha utilidad.

Para este trabajo se definen conceptos básicos necesarios de la termodinámica, también se describe los componentes que integran los sistemas de aire acondicionado tipo mini Split para comprender de forma lógica y racional cómo operan estos equipos. De igual forma se describe el procedimiento de desmontaje del equipo para una limpieza profunda. Finalmente se despliegan los aspectos concluyentes con el objetivo de comprobar la eficiencia del trabajo de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado.

	OBJETIVOS
--	------------------

Objetivo general

Describir el procedimiento de mantenimiento preventivo de un aire acondicionado tipo Minisplit para su buen funcionamiento en un espacio cerrado.

Objetivos específicos

1. Describir los componentes de un aire acondicionado tipo Minisplit.
2. Explicar el procedimiento para el mantenimiento preventivo de un aire acondicionado tipo Minisplit.
3. Explicar el procedimiento para comprobar la eficiencia del trabajo de mantenimiento para que el equipo funcione adecuadamente.

	<h2>JUSTIFICACIÓN</h2>
--	------------------------

El mantenimiento preventivo es un tema muy importante en los equipos, ya que a través del mismo se previenen de fallos que pudieran generar gastos elevados y ayudan a que el equipo opere adecuadamente.

El mantenimiento en el caso de los equipos de aire acondicionado es de vital importancia ya que con su aplicación se espera minimizar costos, aumentar la confiabilidad de operación, alargar la vida útil principalmente del compresor y demás componentes del equipo y así cumplir con el estándar de funcionamiento establecido.

A lo largo de mi vida estudiantil cursé la asignatura de refrigeración y aire acondicionado y en el campo laboral se aplican los conocimientos adquiridos, de ahí surge la idea de hacer este trabajo para que sirva como una guía de referencia a aquellos alumnos de otras generaciones que quieran enfocarse en esta especialidad y también a aquellos que llevan a cabo el mantenimiento preventivo de equipos de aire acondicionado del tipo Minisplit.

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TERMODINÁMICA

1.1 Termodinámica

La termodinámica es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor. Hay ciertos principios fundamentales de la naturaleza, llamadas leyes de la termodinámica, que rigen nuestra existencia aquí en la tierra, varios de los cuales son básicos, para el estudio de la refrigeración. La primera y la más importante de estas leyes dice:

“LA ENERGÍA NO PUEDE SER CREADA NI DESTRUÍDA SOLO, PUEDE TRANSFORMARSE DE UN TIPO DE ENERGÍA EN OTRO [1].

“LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA, ESTABLECE QUE SE TRANSFIERE CALOR EN UNA SOLA DIRECCIÓN, DE MAYOR A MENOR TEMPERATURA; ESTE TIENE LUGAR A TRAVÉS DE TRES MANERAS BÁSICAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR (CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN Y RADIACIÓN) [1].

1.2 Transferencia de calor por conducción

La transferencia de calor por conducción, ocurre cuando la energía es transmitida por contacto directo entre las moléculas de un cuerpo simple o entre las moléculas de dos o más cuerpos con buen contacto térmico entre ambos. Para cualquiera de los casos, las moléculas calientes comunican su energía a las moléculas inmediatas adyacentes.

Por ejemplo, cuando se calienta por medio de una flama el extremo de una varilla metálica, algo de la energía térmica del extremo calentado de la varilla fluye por conducción de molécula a molécula a través de la varilla hacia el extremo frío. A medida que las moléculas en el extremo calentado de la varilla absorben energía de la flama, su energía aumenta y éstas se desplazan con rapidez una gran distancia (ver figura 1.1) [2].



Figura 1.1 Conducción de calor de una varilla calentada [3].

1.3 Transferencia de calor por convección

La transferencia de calor por convección ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye. Estas corrientes se conocen como corrientes de convección y se producen debido al cambio de densidad produciéndose a través de la expansión de la porción calentada del fluido.

Cuando se calienta cualquier porción de un fluido, éste se expande y se aumenta su volumen por unidad de masa. Entonces la porción calentada se vuelve más ligera, desplazándose hacia arriba la que de inmediato es reemplazada por una porción más fría, que es la parte más pesada del fluido. Por ejemplo, supóngase que se calienta un depósito con agua en la parte inferior y en el centro. El calor de la flama es conducido a través del metal del depósito en su parte inferior hacia el agua que está en el depósito. A medida que el agua que está más próxima a la fuente de calor absorbe calor, se aumenta su temperatura y se expande. La porción de agua se vuelve más ligera que el agua que la rodea, desplazándose hacia la parte superior y ésta es remplazada por agua fría, el agua más pesada presiona por ambos lados. A medida que esta nueva porción de agua es calentada se desplaza también hacia la parte superior y es reemplazada por agua fría proveniente de los lados. A medida que continúa esa secuencia, se distribuye el calor a través de la masa entera de agua mediante las corrientes de convección establecidas dentro de la masa (ver figura 1.2) [2].

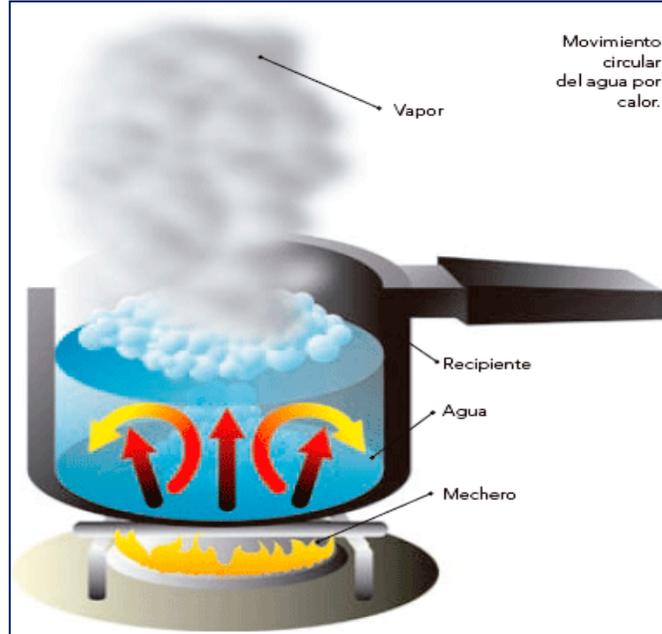


Figura 1.2 Transferencia de calor por convección [4].

1.4 Transferencia de calor por radiación

La transferencia de calor por radiación ocurre en la forma de movimiento ondulatorio similar a ondas ligeras en donde la energía se transmite de un cuerpo a otro sin necesidad de la intervención de la materia. A la energía térmica transmitida por movimiento de ondas se le llama energía radiante.

La Tierra recibe energía del Sol por radiación. La energía solar produce vibración en las moléculas y es impartida en forma de ondas de energía radiante al espacio que rodea al Sol. Las ondas de energía viajan a través de millones de kilómetros en el espacio transfiriendo su energía a la Tierra y a los cuerpos materiales que interceptan en su trayectoria. La energía radiante es absorbida y transformada en energía interna de modo que el movimiento vibratorio del cuerpo caliente (el Sol) es reproducido en el cuerpo frío (la Tierra) (ver figura 1.3) [2].



Figura 1.3 Transferencia de calor por radiación [5].

1.5 Otros conceptos importantes

- **Energía**

La energía se define como la capacidad de efectuar un trabajo, se mide en kilovatios hora (kWh) o en Julios (J). Se manifiesta de diferentes maneras como la energía calórica, lumínica, química, mecánica, cinética, potencial y eléctrica [6].

- **Calor**

Es una forma de energía contenida en la materia que se transmite de un cuerpo o espacio a otro a causa de una diferencia de temperatura. Según la teoría molecular, el mayor o menor nivel de calor depende del mayor o menor nivel de vibración de las moléculas de la sustancia. La principal fuente de calor es el sol.

- **Calor sensible**

Aquel que se puede sentir o medir, decir que es aquel que tiene la capacidad de provocar un cambio de temperatura en una sustancia pero no cambia su fase.

- **Calor latente**

El aquel flujo de calor que produce un cambio de fase de una sustancia, pero sin alterar su temperatura.

- **Calor específico**

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor, necesaria para cambiar la temperatura de una libra de sustancia un grado Fahrenheit, sus unidades son los BTU. El calor específico de una sustancia cambia cuando cambia el estado de la misma.

- **Frío**

Es la ausencia de calor que experimenta el cuerpo humano; no existe como magnitud en la física. Solo se entiende el concepto de frío como una sensación del cuerpo que ha perdido su calor normal.

1.6 Refrigeración

Es el proceso por el que se reduce la temperatura de un cuerpo o espacio determinado para diferentes fines como el enfriamiento de bebidas y alimentos, con el objeto de lograr un mejor sabor, retardar descomposición, conservar determinadas sustancias por largo tiempo sin deterioro o conseguir un ambiente agradable [6].

En general se define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. Más específicamente, se define a la refrigeración como la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura.

Para lograr lo anterior, debe sustraerse calor del cuerpo que va a ser refrigerado (espacio a refrigerar) y ser transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior (evaporador) a la del cuerpo refrigerado.

Los dispositivos que producen la refrigeración se llaman refrigeradores, y los ciclos en los que operan es bajo el principio del **ciclo inverso de Carnot** [7].

El **ciclo inverso de Carnot** es un ciclo termodinámico que se produce en un equipo o máquina térmica reversible que opera en sentido contrario al ciclo de Carnot, absorbiendo una cantidad de calor Q_2 del recinto con baja presión y baja temperatura (congeladora), es decir del foco frío y libera una cantidad de calor Q_1 al foco caliente (medio ambiente) a alta presión y alta temperatura, desarrollando un trabajo sobre el sistema. En este proceso cíclico reversible se utiliza un gas perfecto y consta de dos procesos adiabáticos y dos isotérmicos (ver Figura 1.4).

Se denomina proceso isotérmico al cambio reversible en un sistema termodinámico, en el cual el gas se expande o se comprime, manteniendo la temperatura constante durante dicho proceso, es decir $T_1=T_2$ para el proceso isotérmico.

El término proceso adiabático reversible hace referencia al proceso en el cual el gas se expande o se comprime sin intercambio de calor con el entorno.

- Expansión adiabática (1-2): el gas se enfría sin pérdida de calor hasta la temperatura del foco frío T_2 . El fluido entra en el evaporador en estado líquido y una pequeña parte del fluido se vaporiza. En este proceso, la presión y la temperatura disminuye y el gas se expande sin intercambio de calor.
- Expansión isotérmica (2-3): el gas se mantiene a la temperatura del foco frío T_2 y se sigue expandiendo hasta pasar a vapor casi en su totalidad, absorbiendo una cantidad de calor Q_2 del recinto a refrigerar, a una temperatura constante T_2 .
- Compresión adiabática (3-4): el gas se calienta hasta la temperatura del foco caliente T_1 . El fluido entra totalmente a vapor y una parte del fluido pasa a estado líquido. En este proceso, la presión y la temperatura del fluido aumenta y el gas se comprime sin intercambio de calor.
- Compresión isotérmica (4-1): el gas se sigue comprimiendo hasta pasar a líquido casi en su totalidad, liberando el calor Q_1 al foco caliente (medio ambiente) a una temperatura constante T_1 , cerrando el ciclo.

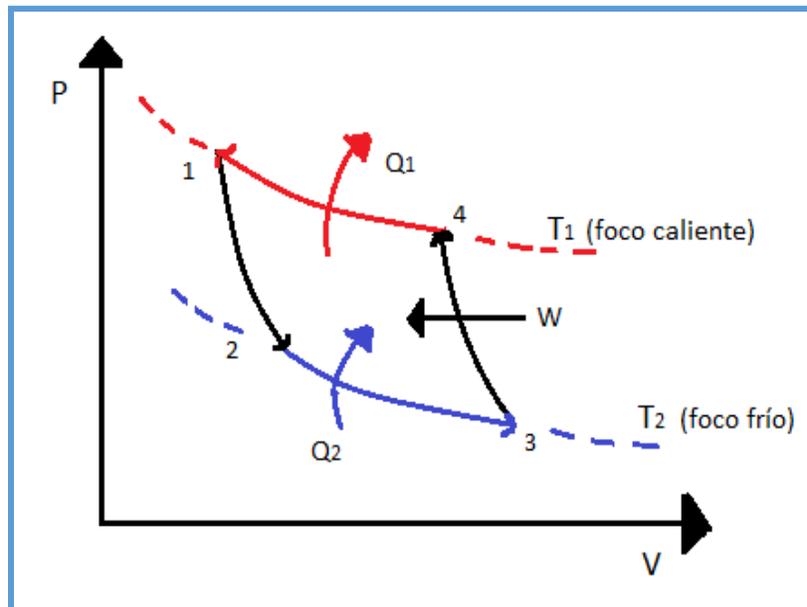


Figura 1.4 Ciclo inverso de Carnot en un diagrama presión-volumen (P-V) (Fuente: elaboración propia).

1.7 Refrigerantes

Se denomina **refrigerante o fluido frigorífero** a la sustancia química utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido.

En general los refrigerantes son: orgánicos e inorgánicos.

- Los inorgánicos, como el agua o el NH_3 /Amoniaco.
- Los de origen orgánico: halocarbonos/hidrocarburos.
 - **CFC**: halocarbono completamente halogenado (exento de hidrógeno) que contiene cloro, flúor y carbono, perjudiciales para la capa de ozono.
 - **HCFC**: halocarbono parcialmente halogenado que contiene hidrógeno, cloro, flúor y carbono.
 - **HFC**: halocarbono parcialmente halogenado que contiene hidrógeno, flúor y carbono.

- **PFC:** halocarbono que contiene únicamente flúor y carbono.
- **HC:** hidrocarburo que contiene únicamente hidrógeno y carbono.
- **Mezclas**
 - **Azeotrópicas:** mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio poseen la misma composición a una presión determinada.
 - **Zeotrópicas:** mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio y a cualquier presión poseen distinta composición.

Según el *Reglamento de Instalaciones Frigoríficas* los refrigerantes se clasifican en función de sus efectos sobre la salud y la seguridad, en dos grupos: por su inflamabilidad y por su toxicidad [8].

Por su inflamabilidad

- **Grupo 1.-** Refrigerantes no inflamables en estado de vapor a cualquier concentración en el aire.
- **Grupo 2:** Refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad cuando forman una mezcla con el aire, es igual o superior al 3,5 % en volumen.
- **Grupo 3:** Refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad, cuando forman una mezcla con el aire, es inferior al 3,5 % en volumen.

Por su toxicidad

- **Grupo A:** Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que pueden estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas semanales y cuyo valor es igual o superior a una concentración media de 400 ml/m³ [400 ppm. (V/V)].
- **Grupo B:** Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que puedan estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas semanales y cuyo valor es inferior a una concentración media de 400 ml/m³ [400 ppm. (V/V)].

Cada refrigerante pertenece a un **grupo de seguridad** indicado por dos dígitos: en primer lugar A ó B según el grado de toxicidad y a continuación 1, 2 ó 3 según su inflamabilidad y se definen tres grupos:

- **L1 - alta seguridad:** Los que sean tipo A1.
- **L2 - media seguridad:** Los de los tipos A2, B1 y B2.
- **L3 - baja seguridad:** Los de los tipos A3 y B3.

Por su función

- **Refrigerantes primarios:** si es el agente transmisor en el sistema frigorífico, y por lo tanto realiza un intercambio térmico principalmente en forma de calor latente.
- **Refrigerantes secundarios:** Sustancia intermedia (p.ej., agua, salmuera, aire, etc.) utilizada para transportar calor entre el circuito frigorífico y el medio a enfriar o calentar [9].

1.8 Estados de la materia

Toda la materia conocida se presenta en tres formas o estados: sólido, líquido y gaseoso. (La palabra ESTADO que comúnmente se utiliza, hace referencia a lo que técnicamente debe llamarse FASE).

- **Fase sólida:** Estado de la materia que tiene forma y peso definidos.
- **Fase líquida:** La materia aquí tiene peso y volumen, pero su forma depende del recipiente que la contiene.
- **Fase gaseosa:** A veces es llamada “vapor”, no tiene dimensiones propias, depende de un recipiente para ello. Los gases se expanden libremente hasta llenar el recipiente que los contienen, y su densidad es mucho menor que la de los líquidos y sólidos. Difícilmente es captada por nuestros sentidos [6].

1.9 Temperatura

La temperatura es la escala usada para medir la intensidad de calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá un flujo de energía.

También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro.

En algunos países, la temperatura se mide en grados Fahrenheit (°F), pero en nuestro país, y generalmente en el resto del mundo, se usa la escala en grados centígrados, algunas veces llamado Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a 0 °C o a 32 °F y hierve a 100 °C o a 212 °F. En la escala Fahrenheit la diferencia de temperatura entre estos dos puntos está dividido en 180 incrementos de igual magnitud llamados grados Fahrenheit, mientras que en la escala Centígrados, la diferencia de temperatura está dividido en 100 incrementos iguales llamados grados Centígrados [1].

La relación existente entre las escalas Fahrenheit y Centígrados se establece por la siguiente fórmula:

- De grados Centígrados a Fahrenheit:

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

- De Fahrenheit a Centígrados:

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$$

- De grado Kelvin a grado Centígrados:

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

1.10 Cambios de fase

Los cambios principales de estado son:

- **Solidificación:** es el cambio de líquido a sólido.
- **Licuefacción:** es el cambio de sólido a líquido.
- **Vaporización:** es el cambio de líquido a vapor.

- **Condensación:** es el cambio de vapor a líquido.
- **Sublimación:** es el cambio de sólido a vapor, sin pasar por líquido.
- **Sublimación reversiva:** es el cambio de vapor a sólido sin pasar por líquido.

1.11 Punto de ebullición

El punto de ebullición es la temperatura de equilibrio de un material que pasa de estado líquido a estado gaseoso. Por ejemplo, el punto de ebullición del agua a una presión atmosférica normal (a nivel del mar) de 1 atm que equivale a 760 mmHg es de 100 °C. Ver también “temperatura de saturación” [10].

El punto de ebullición del refrigerante R22 es de -41 °F (-40.56 °C) a presión atmosférica que es usado generalmente en los equipos de aire acondicionado y para el refrigerante R134a, que es usado en aire acondicionado automotriz, su punto de ebullición es de -15 °F (-26.11 °C) a presión atmosférica [11].

1.12 Temperatura de condensación

La temperatura de condensación se da cuando un vapor pasa a fase líquida. El punto de ebullición y la temperatura de condensación son los mismos para una sustancia, la única diferencia es el fenómeno que se lleva a cabo. En cada caso, la temperatura a la cual se efectúa el cambio varía de acuerdo con la presión a la cual están sujetos. Si la presión disminuye, el punto de condensación o el punto de ebullición disminuye. Si se eleva la presión, se eleva el punto de ebullición o de condensación [6].

1.13 Punto de fusión

La temperatura a la cual una sustancia sólida al recibir calor se licua.

Es la temperatura a la cual se lleva a cabo la solidificación de un líquido o la fusión de un sólido. También afecta la presión a la que se sujeta el sólido. Si se eleva el punto de fusión de un sólido aumentando la presión hasta cuando el punto de

fusión sea igual a la temperatura sensible del sólido, cualquier intento posterior de elevar el punto de fusión hará que el líquido se licue o funda [6].

1.14 Temperatura de saturación

Cualquier líquido en su punto de ebullición se le llama también líquido saturado y consecuentemente, el punto de ebullición es también conocido como temperatura de saturación. A cualquier presión dada le corresponde un punto de ebullición o una temperatura de saturación, así por ejemplo, el punto de ebullición del agua a una presión atmosférica normal (a nivel del mar) de 1 atm que es equivalente a 760 mmHg es de 100 °C, mientras que su punto de ebullición a una presión atmosférica de 531 mmHg (aproximadamente a 3000 m de altitud) es de 89 °C [12].

1.15 Vapor sobrecalentado

El sobrecalentamiento es el calor que se agrega a un vapor después de alcanzar esta fase. Es sencillamente un aumento de la temperatura de vapor con respecto a su punto de ebullición.

Supongamos como fluido de estudio una determinada cantidad de agua dentro de un recinto y le suministramos calor, ocurrirá lo siguiente:

Si consideramos que estamos en el punto A del diagrama PH (presión-entalpía) a una temperatura de unos 20°C y a la presión atmosférica a nivel del mar (1 atm). Cuando el agua se calienta, su temperatura se eleva proporcionalmente hasta que empieza a hervir (en este momento estamos en el punto B), a este calor aportado durante el tramo A-B se le llama calor sensible, el cual, se ha empleado en elevar la temperatura del agua hasta que comienza a hervir (punto B). En el ejemplo mencionado, estaríamos a una temperatura de 100°C.

El término entalpía se deriva del griego “enthalpos” que significa calentar. La entalpía es la cantidad de energía contenida en una sustancia. Representa una medida termodinámica la cual viene figurada con la letra H en mayúscula, la variación de esta medida muestra la cantidad de energía atraída o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la proporción de energía que un sistema transfiere a su entorno, o la energía que se encuentra en movimiento al producirse una presión constante sobre un objeto.

Si se continúa suministrando calor, comienza la vaporización (tramo B-C). Durante todo este proceso, hasta que se evapora la última gota de agua (punto C), la

como el aire o los gases refrigerantes empleados en la industria de la refrigeración, los llamados gases Hidro-fluor-carbonados (comercialmente conocidos como freones).

Durante toda la transformación descrita hasta ahora, hemos supuesto que el agua a calentar se encontraba a la presión atmosférica (P_2). Si la presión fuese superior a la atmosférica, la transformación sería la situada en la parte superior del diagrama; es decir la determinada por la presión P_1 y temperatura T_1 . Donde los puntos B' y C' determinarían el comienzo y final de la evaporación correspondiente a la presión P_1 . Como se puede ver gráficamente, a medida que aumenta la presión, se necesita más calor para provocar el cambio de estado.

En el caso de que se calentase el agua por debajo de la presión atmosférica, la transformación sería la representada en la parte inferior del diagrama. En este caso podríamos decir que es "más fácil" evaporar el agua, ya que se necesita menos calor para conseguirlo. Los puntos iniciales y finales de la evaporación serían B'' y C'' , donde la presión y temperatura correspondientes serían P_3 y T_3 .

Para una determinada sustancia, en este caso agua, unimos todos los puntos en los que comienza la evaporación a distintas presiones (puntos B , B' , B'' , etc.), obtendremos la línea de líquido saturado. También, uniendo los puntos en los que finaliza el proceso de evaporación (C , C' , C'' , etc.) quedará definida la línea de vapor saturado. Así en cualquier punto que nos situemos, tanto en la de líquido como en la de vapor saturado, a una determinada presión se corresponde una temperatura. Más adelante se verá que tal correspondencia es la que figura en los manómetros de frigoristas. Aunque con ellos midamos una presión, también nos indica una escala temperatura correspondiente a la presión medida en la línea de saturación.

Si en lugar de agua la sustancia fuese aire, amoníaco o un gas frigorífico, los valores de presión y entalpía serían distintos, pues cada uno de estos elementos evapora y condensan a distintas presiones y temperaturas. Luego, cada sustancia tiene su propio diagrama presión-entalpía. Es lo que se llama **diagrama de Mollier** característico de cada gas [13].

Vemos pues, como se forma una especie de "campana" dentro de las coordenadas presión – entalpía, donde también están representadas las líneas isotermas (temperatura constante T_1 , T_2 , T_3 , etc.) (ver figura 1.6).

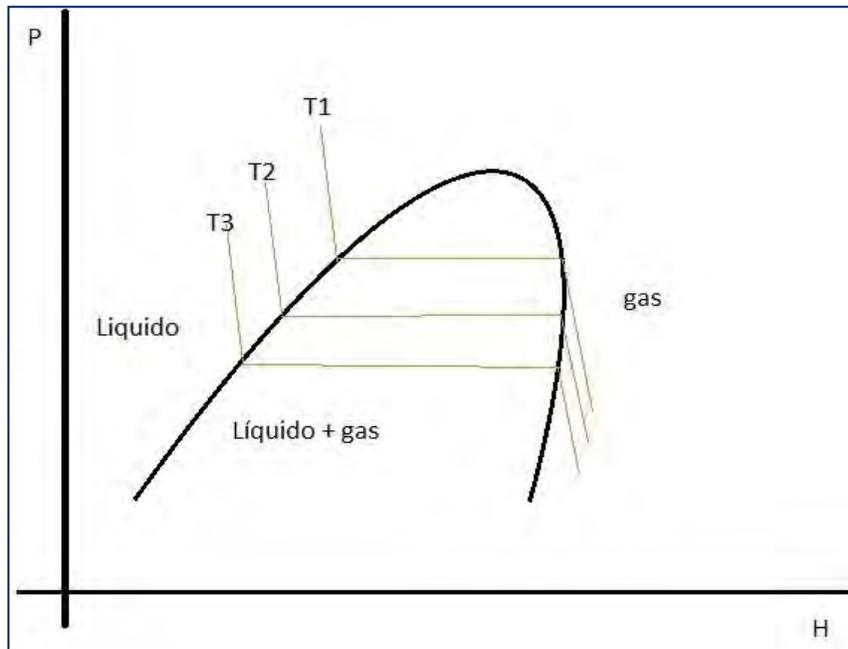


Figura 1.6 Curva de saturación con líneas isotermas [13].

Toda el área situada a la izquierda de la “campana”, representa la zona de **líquido subenfriado**. Lo que está dentro de la “campana” es vapor húmedo y lo que está a la derecha es vapor sobrecalentado.

El proceso opuesto a la vaporización es la condensación; es decir, la transformación de un elemento en estado gaseoso a estado líquido. Para que esto ocurra se tiene que producir una reacción exotérmica (quiere decir que el agua cede calor al exterior); por ejemplo, enfriando el vapor en un intercambiador de calor, o ventilando con aire a la temperatura ambiente.

El proceso de condensación en el diagrama P-H a la presión atmosférica, sería D-C-B-A, y el calor cedido por el vapor para pasar de estado gaseoso a líquido sería $HC - HB$ [13].

1.16 Líquido subenfriado

Cuando el líquido se encuentra a una temperatura menor que su punto de ebullición, se dice que está subenfriado.

1.17 Caudal

Es la velocidad de circulación de un refrigerante a través de la sección de una tubería y se expresa en metro cúbico por segundo (m^3/s) en el SI. También se puede expresar en litro por minuto (L/min). El instrumento de medición es el rotámetro [6].

1.18 Movimiento molecular

Toda la materia se compone de pequeñas partículas llamadas moléculas y la estructura molecular de la materia puede posteriormente romperse en átomos.

Cuando se aplica energía calórica a una sustancia, se incrementa la energía interna de las moléculas, lo cual aumenta su desplazamiento o velocidad de movimiento; hay también un incremento en la temperatura de la sustancia.

Cuando se retira calor de una sustancia se presenta una disminución en la velocidad del movimiento molecular y también un descenso en la temperatura de la sustancia [1].

1.19 La carga de refrigeración

La velocidad a la cual deba ser el calor eliminado de un espacio o material refrigerado a fin de producir o mantener las condiciones deseadas de temperatura se le llama la carga de refrigeración, la carga de enfriamiento o la carga térmica. En casi todas las aplicaciones de refrigeración la carga de enfriamiento del equipo de refrigeración es la suma de las ganancias de calor proveniente de diferentes fuentes: (1) el calor transmitido por conducción a través de paredes aisladas, (2) el calor que debe ser eliminado del aire caliente que llega al espacio a través de puertas que se abren y se cierran, (3) el calor que debe ser eliminado del producto refrigerado para reducir la temperatura del producto a la temperatura de almacenamiento y (4) el calor cedido por la gente que trabaja en el espacio y por motores, alumbrado y otros equipos que producen calor y que operan en dicho espacio [2].

1.20 Salto térmico

Es toda diferencia de temperaturas. Se suele emplear para definir la diferencia entre la temperatura del aire de entrada a un acondicionador y la de salida del mismo, y también para definir la diferencia entre la temperatura del aire en el exterior y la del interior.

1.21 Necesidad de aislamiento térmico

Debido a que el calor siempre fluye de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja, siempre se tendrá un flujo de calor hacia la región refrigerada de los alrededores calientes. Para limitar el flujo de calor hacia la región refrigerada de manera que sea un mínimo, resulta necesario aislar la región de sus alrededores con un buen material aislante de calor [2].

1.22 Presión absoluta

Es la suma de la presión atmosférica y la presión manométrica. Cuando hay gases dentro de un recipiente, separados de la atmósfera, como por ejemplo en la unidad de refrigeración, es necesario tener en cuenta la presión atmosférica y los cálculos matemáticos para determinar la presión absoluta de que se trate [6].

Generalmente, la presión absoluta se expresa en términos de kg/cm^2 (lb/in^2) y se cuenta a partir del vacío perfecto en el cual no existe la presión. Por tanto en el aire a nuestro alrededor, la presión absoluta y la atmósfera son iguales [1].

1.23 Presión manométrica

Un manómetro de presión está calibrado para leer cero kilos por centímetro cuadrado o en su caso cero libras por pulgada cuadrada cuando no está conectado a algún recipiente con presión; por tanto, la presión absoluta de un sistema cerrado será siempre la presión manométrica más la presión atmosférica. Las presiones inferiores a 0 kg/cm^2 (psi) son lecturas negativas en los manómetros y sus unidades de medida está en milímetros de mercurio de vacío en unos manómetros y en otros en pulgadas de mercurio de vacío [1].

El juego de manómetros es el instrumento que se utiliza para verificar las presiones de un sistema de refrigeración, para hacer cargas de refrigerante y para hacer vacío a un sistema (ver figura 1.7) y sus componentes son:



Figura 1.7 Juego de manómetros (Fuente: elaboración propia).

- **Gancho de soporte:** se usa para ubicar y colgar los manómetros en el área de trabajo.
- **Manómetro de baja presión:** es un manómetro compuesto para verificar bajas presiones y viene graduado de 0 a 350 psi con un retardo hasta 500 psi y presiones de vacío de 0 a 30 pulgadas de mercurio de vacío (ver figura 1.8). Normalmente viene de color azul y se le denomina como manómetro de baja presión [14].

Este manómetro cuenta además con escalas de temperaturas para cuatro refrigerantes, que representan el valor de la temperatura de evaporación del refrigerante para ese valor de presión. Por ejemplo, para la escala del R-22

a una presión de 50 psi, corresponde una temperatura de evaporación alrededor de los -3°C . Es por eso que aproximadamente a esa presión, alrededor de la tubería de baja comienza la formación de hielo [15].

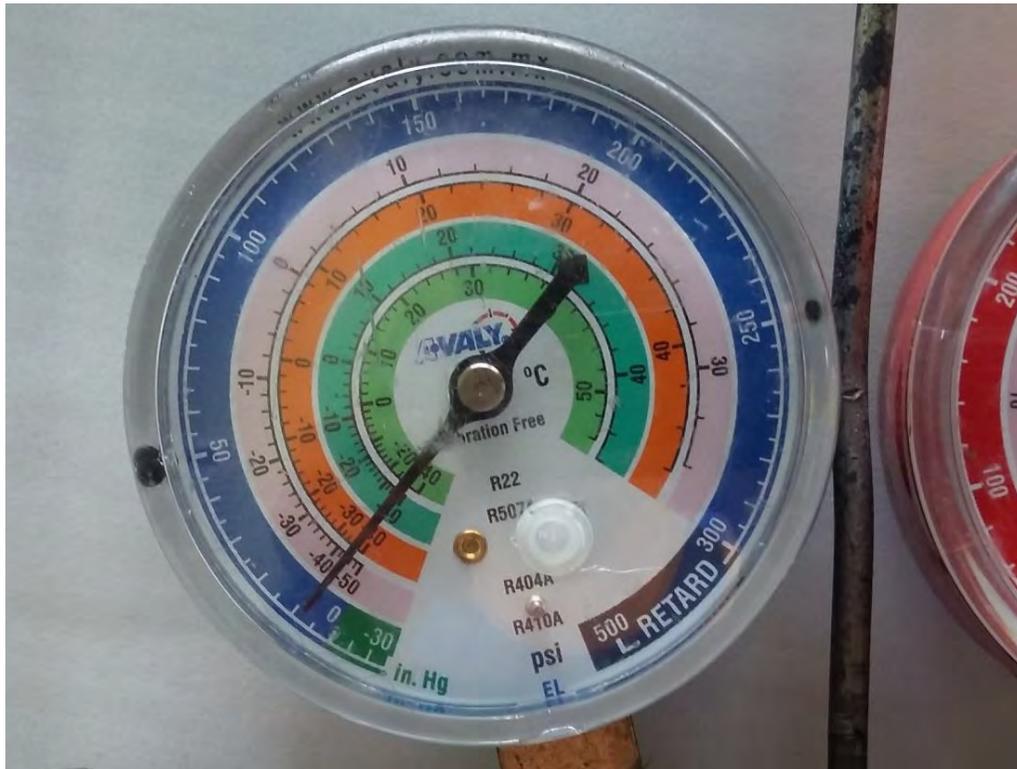


Figura 1.8 Manómetro de baja presión (Fuente: elaboración propia).

- **Manómetros de alta presión:** con el color rojo podemos identificar al manómetro de alta presión y está graduado de 0 a 500 psi o hasta 800 psi (ver figura 1.9) y se conecta en la zona de alta presión o de descarga del refrigerante. El manómetro de alta presión sólo posee escalas de presiones por encima de la presión atmosférica y también cuenta con escalas de temperaturas que indican la temperatura de condensación del refrigerante para cada valor de presión que muestre el manómetro [15].
- **Mangueras del juego de manómetros:** generalmente viene de tres colores, la del lado izquierdo es de color azul y es la de baja presión, la del centro es amarillo, que se utiliza para hacer todas las operaciones que se requieran, y la del lado derecho es la de alta presión y es de color rojo (ver figura 1.7).



Figura 1.9 Manómetro de alta presión (Fuente: elaboración propia).

- **Manivela válvula de paso de baja presión:** cada uno de los manómetros viene provisto de una válvula, cuya función es la de abrir el paso hacia o desde la conexión de servicio (conexión central). Cuando se van a conectar las mangueras a los respectivos manómetros las válvulas deben estar cerradas para impedir escapes hacia la conexión de servicio. La manivela válvula de bajas es de color azul.
- **Manivela válvula de paso de alta presión:** válvula provista para abrir el paso desde la conexión central hacia el manómetro de alta y es de color rojo.

Para usar correctamente el juego de manómetros, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Debemos observar que las válvulas de control de baja y alta presión estén cerradas.
2. Si conectamos la manguera azul al puerto de servicio de lado de baja del aire acondicionado y abrimos la manivela del lado de baja presión tendremos la lectura del manómetro de baja (ver figura 1.10) y a la vez

conectada con la línea central o servicio, así podríamos realizar una carga de gas, por ejemplo, sin interferir la lectura del manómetro de alta, o realizar cualquier otra operación de servicio [14].



Figura 1.10 Conexión del juego de manómetros a un equipo de aire acondicionado (Fuente: elaboración propia).

3. Si se conecta la manguera azul y abrimos la manivela válvula de lado de baja presión y se observa que la presión marca 0 psi, eso indica que el equipo no tiene refrigerante, en este caso el equipo presenta una falla y se determina como **mantenimiento correctivo**. Se cierra la manivela válvula de baja y se desconecta para conectar la manguera de alta siguiendo el mismo procedimiento, primeramente se abre la manivela válvula de alta del juego de manómetros, la manguera roja se conecta al puerto de servicio del equipo y la manguera amarilla se conecta a un compresor de refrigerador previamente instalado y utilizado para suministrar presión. Cuando la aguja marque hasta 250 psi, se cierra la válvula de alta e inmediatamente se desconecta el compresor que suministra presión al equipo para evitar que siga suministrando presión porque puede llegar a una presión que se puede

estallar la manguera del manómetro y vigilar que se mantenga la presión mientras se detecta el orificio donde se fugó el refrigerante.

Una vez que se detecta el orificio donde se fugó el refrigerante se procede a soldar el orificio y se vuelve a suministrar presión hasta 250 psi y se verifica que no baje la presión en un tiempo de 20 o 30 minutos, después se abre la válvula de alta para que se pierda la presión, posteriormente se hace el trabajo de vacío del sistema, de esta manera se conecta el manómetro de alta.

4. Evite rotundamente abrir las dos válvulas, la de baja y la de alta. Las válvulas están diseñadas para operarlas con fuerza moderada, el exceso de fuerza hará que estos elementos se deterioren rápidamente, si tenemos en cuenta que esta herramienta es de uso cotidiano.

1.24 Presión atmosférica

Se conoce como presión atmosférica a aquella presión que ejerce el aire en cualquier punto de la atmósfera. Si bien cuando uno se refiere a este tipo de presión se está hablando de la presión atmosférica que ocurre sobre el planeta tierra, la misma puede hacerse extensible a otros planetas e incluso satélites.

El valor medio de la presión de la atmósfera terrestre es de 1013.25 hectopascales o milibares a nivel del mar, la cual está medida a una latitud de 45°.

Entonces, cuando el aire está muy frío, lo que sucede con la atmósfera es que éste desciende y aumenta la presión lo cual lleva a presenciar un estado de estabilidad, dando lugar a lo que se llama anticiclón térmico y si por el contrario, el aire está muy caliente y asciende, baja la presión y provoca lo que se conoce como inestabilidad, formándose un ciclón o borrasca térmica.

Pero también puede pasar que esporádicamente suceda algo que no sucede con frecuencia porque ostentan diferente densidad y que es que el aire caliente y el aire frío se mezclen, pero cuando ambos se encuentran en la superficie el aire frío empuja al aire caliente para arriba provocando que la presión descienda y aparezca un fenómeno de inestabilidad. Y si por el contrario, el encuentro entre ambos aires se produce pero en altura, descienden en convergencia dinámica, generando un aumento de presión y provocan como contrapartida del caso anterior la estabilidad en la atmósfera [16].

CAPÍTULO 2. COMPONENTES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT

2.1 Definición

El término Minisplit se traduce literalmente como mini-dividido. Esto se refiere a que un sistema Minisplit en realidad consta de 2 unidades: la unidad interior y la unidad exterior, tal como se ilustra en la Figura 2.1.

La unidad exterior contiene:

1. Un compresor.
2. Un condensador.
3. Un filtro deshidratante.
4. Un tubo capilar.
5. Ventilador del condensador.
6. Tubería de líquido.

La unidad interior contiene:

1. Evaporador.
2. Ventilador del evaporador.
3. Dos filtros.
4. Una bandeja de desagüe.
5. Tarjeta del evaporador.
6. Termostato.



Figura 2.1 Componentes de un Minisplit [17].

2.2 Ventajas y desventajas de los Minisplit

Ventajas

- Los niveles de ruido son muy bajos.
- Son muy estéticos.
- El agujero que hay que practicar en la pared para la salida de las tuberías es relativamente pequeño.
- Su manejo es sencillo a través de un control remoto y permite manipular el mini Split a una distancia considerable.
- Existen ciertos modelos que te permiten programar cuando prenderlo o apagarlo según tus necesidades.

- En las oficinas o lugares donde hay mucha presencia computadoras es bueno contar con un mini Split para regular la temperatura y prevenir que tu equipo no se sobrecaliente ya que favorecen la circulación del aire.

Desventajas

- El costo de instalación y mantenimiento es mayor.
- Es difícil de colocar en determinados sitios como paredes prefabricadas.
- Se utiliza mucha tubería para conectar el equipo a la unidad exterior.
- Se utiliza mucho forro térmico para aislar la tubería de la temperatura ambiente.
- Se necesita contar con herramientas específicas, además de tener un buen manejo de dichas herramientas.

2.3 Compresor

La función del compresor es elevar la presión y temperatura del refrigerante para que se mantenga en estado gaseoso, a esta parte se le conoce como alta presión. Posteriormente el refrigerante comprimido pasará al condensador.

En un ciclo de refrigeración ocurren dos procesos, uno de ebullición y otro de condensación del refrigerante. Para que se lleven a cabo estos procesos de refrigeración mecánica es necesario hacer circular el refrigerante en sus distintos estados esto se logra mediante el compresor.

Para controlar la temperatura de ebullición del refrigerante es necesario controlar la presión que se ejerce sobre éste. La capacidad del compresor es la capacidad que tiene de succionar el líquido en este caso a refrigerar [18].

Para comprender como los tubos del evaporador son fríos y los del condensador son calientes, es necesario conocer el circuito frigorífico (ver Figura 2.2). El gas frigorífico del circuito es aspirado por el compresor éste adquiere presión y temperatura, entra en el condensador donde cede calor al aire ventilado y al enfriarse pasa a su estado líquido. Cuando circula por la válvula de expansión térmica (tubo capilar) pierde presión y se expande en el evaporador donde absorbiendo calor del aire ventilado vuelve al estado gaseoso, este proceso se denomina ciclo de refrigeración.

El refrigerante R 22 en estado gaseoso es aspirado por el compresor a baja presión y baja temperatura (60 psi, 7 °C) y sale comprimido a alta presión y alta temperatura (320 psi, 90 °C), como se observa en el circuito completo de aire acondicionado (ver Figura 2.3).

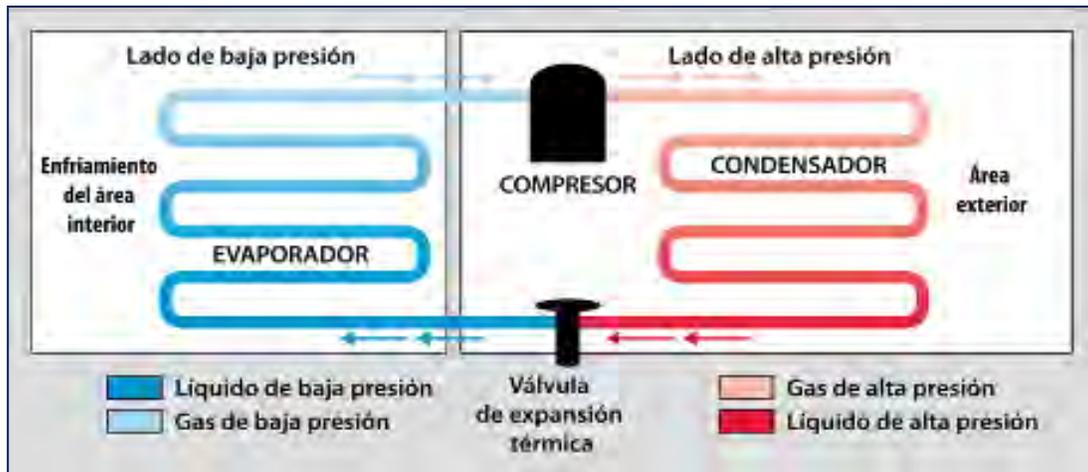


Figura 2.2 Circuito frigorífico [19].

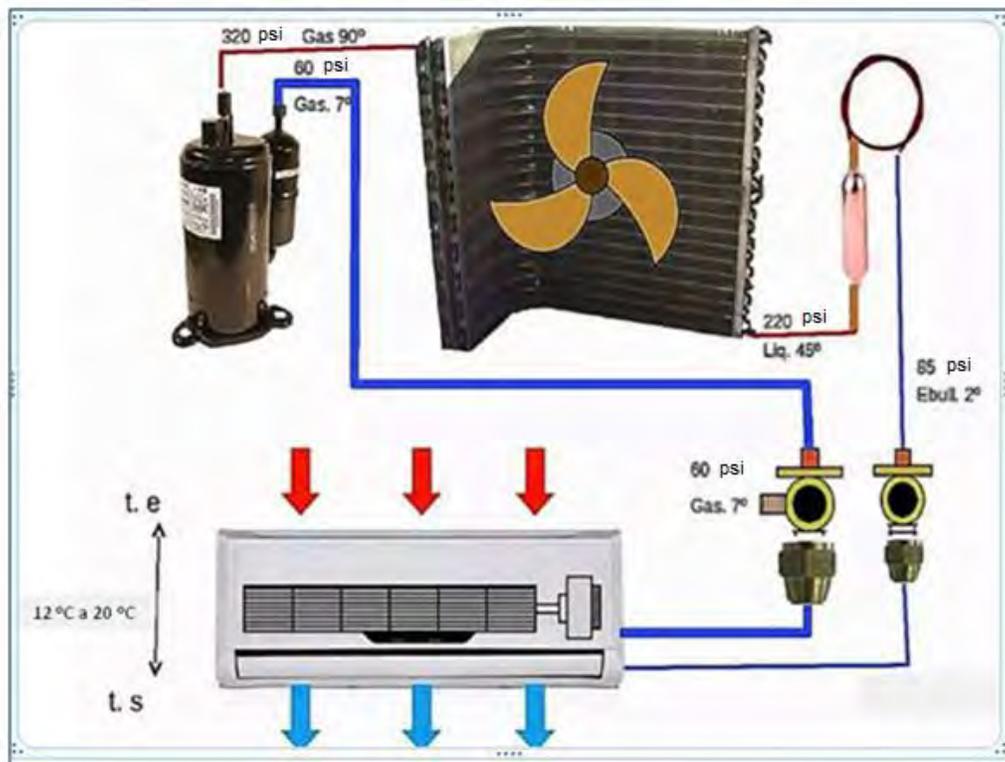


Figura 2.3 Circuito completo de aire acondicionado [20].

2.4 Condensador

El fluido en estado gaseoso entra en el condensador a alta presión y temperatura. Empieza la cesión de calor del fluido al aire ventilado que atraviesa el intercambiador (ventilador del condensador) produciéndose la condensación del fluido frigorífico, saliendo del condensador en estado líquido a alta presión y temperatura media (220 psi, 45 °C) como se ilustró en la Figura 2.3.

2.5 Válvula de expansión (tubo capilar)

La válvula de expansión termostática es el regulador automático de los límites entre los que se denomina parte de alta presión y parte de baja presión, presiones entre las cuales la válvula se ve forzada a trabajar. Dicha válvula produce una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía a la salida del condensador hasta la existente a la entrada del evaporador. El tubo capilar hace la misma función de la válvula de expansión y es más económica comparada a la válvula de expansión; por lo regular los equipos operan con tubo capilar.

El fluido en estado líquido, a 220 psi y 45 °C entra en la válvula de expansión termostática o en su caso en el tubo capilar, produciéndose una caída brusca de presión y temperatura. El fluido sale de la válvula de expansión en estado difásico (vapor-líquido), a una presión de 85 psi y una temperatura de 2 °C, como se ilustró en la Figura 2.3.

2.6 Evaporador

El fluido en estado difásico (vapor-líquido) entra en el evaporador (85 psi, 2 °C), donde comienza el intercambio de calor con el aire exterior que entra en la habitación. El fluido necesita absorber calor para poder evaporarse, y lo toma del aire que atraviesa el evaporador (ventilador del evaporador). A su vez, la humedad presente en este aire se condensa sobre las aletas de los tubos de serpentín (superficie fría) y se acumula en una bandeja bajo el intercambiador, para después ser evacuada al exterior mediante un conducto de desagüe [18].

La finalidad que persigue el evaporador es transferir calor entre dos cuerpos que están a distintas temperaturas. En el evaporador se encuentra el elemento refrigerante en sus dos estados líquido y gaseoso. En el otro el cuerpo caliente, y al estar cerca del líquido refrigerante éste absorbe el calor que tenga y se produce

dentro del evaporador, la ebullición del refrigerante el cual será succionado por el compresor ya que si no fuese así se desperdiciaría el refrigerante y sería muy costoso reponerlo.

Lo que sucede en el evaporador es que en el tubo del serpentín se encuentra el refrigerante y el tubo se coloca cerca del objeto caliente que se va a enfriar, el calor circulará del objeto caliente hacia el refrigerante y hará que el refrigerante hierva y se vaporice.

Esta bajada de presión en el evaporador hace que el refrigerante hierva y se produzca su evaporación (60 psi, 7 °C), auxiliado por la cantidad de calor que absorbe del recinto en que se encuentra a través del aire del mismo, y transfiriéndolo al líquido que se va transformando en vapor al interior de los tubos del serpentín hasta que se evapora completamente.

2.7 Filtro deshidratante

El fluido en estado líquido pasa por el filtro deshidratante, que absorbe la humedad que pueda contener el fluido. Además, pasa por un elemento filtrante que retiene las impurezas presentes en el líquido. En este filtro no debe producirse ningún cambio en el estado termodinámico del fluido.

2.8 Control de fluido del refrigerante

El fluido a la salida del evaporador y por lo tanto a la entrada del compresor debe estar en estado gaseoso, para evitar posibles deterioros en el compresor. En los circuitos equipados con una válvula de expansión termostática, el control se realiza a la salida del evaporador, mediante el recalentamiento, o diferencia entre la temperatura en la salida del evaporador y la temperatura de evaporación [18].

Dicho calor debe estar comprendido entre 2 y 10 °C, y en caso de encontrarse fuera de estos márgenes, la válvula se abre más o menos para permitir la entrada de mayor o menor caudal hacia el evaporador.

Una vez garantizada la evaporación de la totalidad del fluido, éste pasa de nuevo por el compresor, y el ciclo comienza de nuevo.

CAPÍTULO 3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT

El mantenimiento preventivo de un aire acondicionado consiste básicamente en realizar la limpieza y ajuste del equipo. Se recomienda que el mantenimiento de todo el equipo se lleve a cabo cada seis a ocho meses pero esto depende del uso que le den al equipo y en las condiciones en que se encuentre. Los filtros se recomiendan limpiarlos cada 3 meses pero al igual depende de las condiciones en que se encuentre. En caso de presentar alguna falla que requiera determinada reparación generada durante el tiempo que estuvo en operación, se considera a partir de este momento mantenimiento correctivo, obviamente con el único fin de garantizar que dicho equipo trabaje en las mejores condiciones y la mayor eficiencia posible para alargar la vida del mismo.

Algunas herramientas y materiales necesarias son:

- Dos llaves pericas.
- Juego de llaves allen.
- Hidrolavadora.
- Bomba de vacío.
- Desarmador plano y de cruz.
- Manómetro.
- Taladro eléctrico.
- Broca de ¼.
- Pinza de corte de electricista.
- Dos litros de foam cleaner.
- Refrigerante R 22.
- Forro térmico para tubería.
- Cinta aislante.
- Taquetes de ¼.

El procedimiento que se utilizó y que no es el único pero sí el más eficiente es el que se describe en el presente trabajo:

3.1 Desinstalar el aire acondicionado

- Primeramente se necesita recuperar el refrigerante, para ello, encendemos el equipo con el control remoto o de manera manual la unidad interior

(evaporador) para que empiece a trabajar normal en modo frío y lo dejamos funcionando.

- Enseguida nos dirigimos al condensador (equipo exterior) y retiramos los tapones tipo rosca de las válvulas de servicio de baja y de alta presión, (tubo grueso y delgado respectivamente) y el tapón de la válvula de servicio de lado de baja presión o puerto de servicio donde se carga el refrigerante (gas) (ver Figura 3.1).



Figura 3.1 Válvula de alta, válvula de baja y válvula de servicio (Fuente: elaboración propia).

- Con la ayuda de un manómetro conectamos la manguera de baja presión (color azul) al puerto de carga o de servicio del lado de baja presión (Figura 3.2).



Figura 3.2 Manómetro conectado al puerto de servicio (Fuente: elaboración propia).

- Posteriormente, cerramos totalmente el vástago de la válvula de servicio del lado de alta presión por completo con la ayuda de una llave Allen y al mismo tiempo que se afloja el tornillo que sujeta la señal de alimentación que viene de la tarjeta del evaporador hacia el compresor (ver Figura 3.3) sin desconectarlo y esperamos unos minutos a que la aguja del manómetro baje de presión a 0 psi y deje de moverse. Posteriormente, se procede a cerrar lo más rápido posible el vástago de la válvula de servicio de lado de baja presión (ver Figura 3.2) y enseguida desconectamos el cable de alimentación que aflojamos previamente para que se apague el equipo y con el control remoto se apaga la unidad interior, de esa forma **se recupera el refrigerante** almacenándolo en la unidad condensadora. Si el equipo es de 110 V, se afloja el tornillo que sujeta el cable positivo o cable corriente y si el equipo es de 220 V solamente se afloja una de las líneas de alimentación.

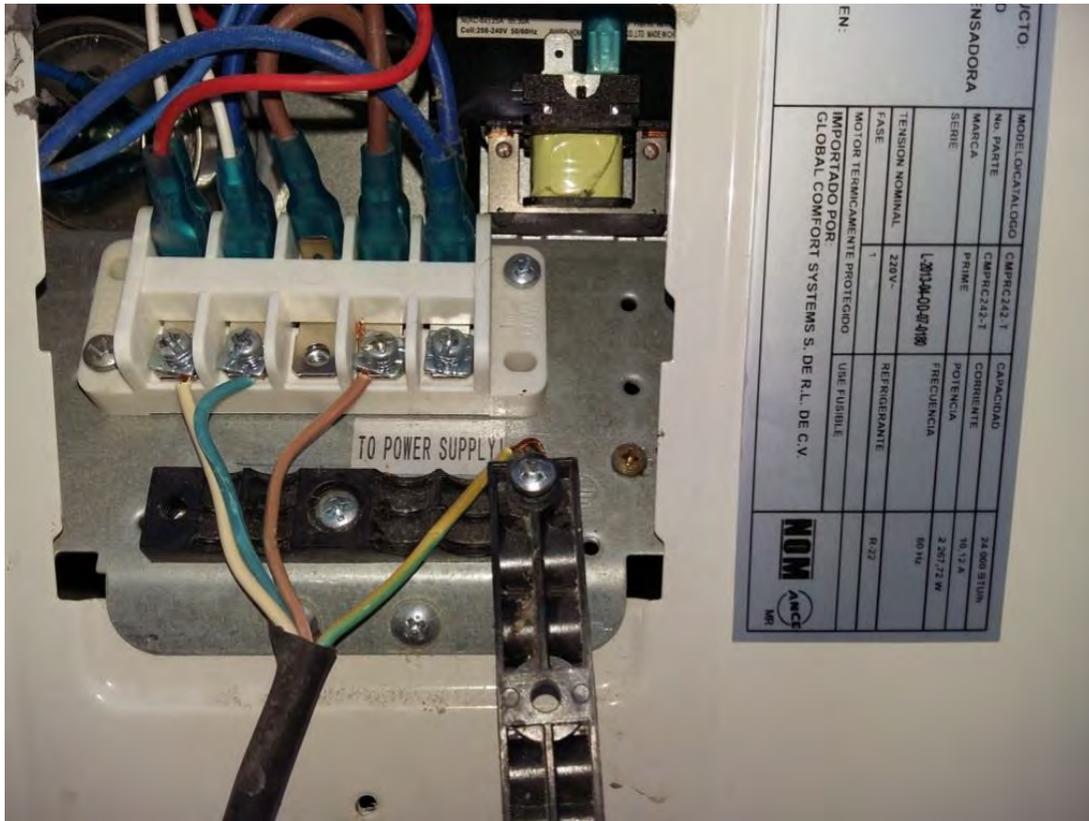


Figura 3.3 Señal de alimentación del compresor (Fuente: elaboración propia).

NOTA: Si no queremos conectar los manómetros para recuperar el refrigerante se hace la misma operación, se pone a funcionar el equipo, se cierra la válvula de alta por completo con una llave Allen (tubo delgado) y al mismo tiempo aflojamos el tornillo que sujeta la señal de alimentación de la tarjeta del evaporador hacia el compresor (como se ilustró en la figura 3.3) sin desconectarlo y esperamos unos 14 segundos aproximadamente y se escuchará una vibración en el compresor, luego cierra lo más rápido posible el vástago de la válvula de servicio de lado de baja presión y enseguida desconectamos el cable de alimentación que aflojamos previamente para que se apague el equipo y con el control remoto se apaga la unidad interior. De esta forma **se recupera el refrigerante** almacenándolo en la unidad condensadora. Si el equipo es de 110 V, se afloja el tornillo que sujeta el cable positivo o cable corriente y si el equipo es de 220 V solamente se afloja una de las líneas de alimentación.

- Se desconecta el interruptor termomagnético que alimenta el equipo para asegurar que no haya energía eléctrica para trabajar con mayor seguridad (Figura 3.4) y entonces se procede a desconectar los cables que alimentan el evaporador y el que manda la señal al compresor.

- Para identificar los cables y de sus colores posteriormente, es necesario apuntarlo en una bitácora o con el uso de la tecnología se le toma unas fotos de cómo van conectados y respetando la posición de los cables que debe ser la misma tanto del diagrama eléctrico del equipo exterior como interior.
- Ahora que ya tenemos las dos válvulas tanto de alta como de baja presión totalmente cerradas, el siguiente paso es desconectar las dos tuberías del evaporador utilizando dos llaves pericas o con dos llaves de presión y con mucho cuidado para no trasroscar la tuerca unión (Figura 3.5).

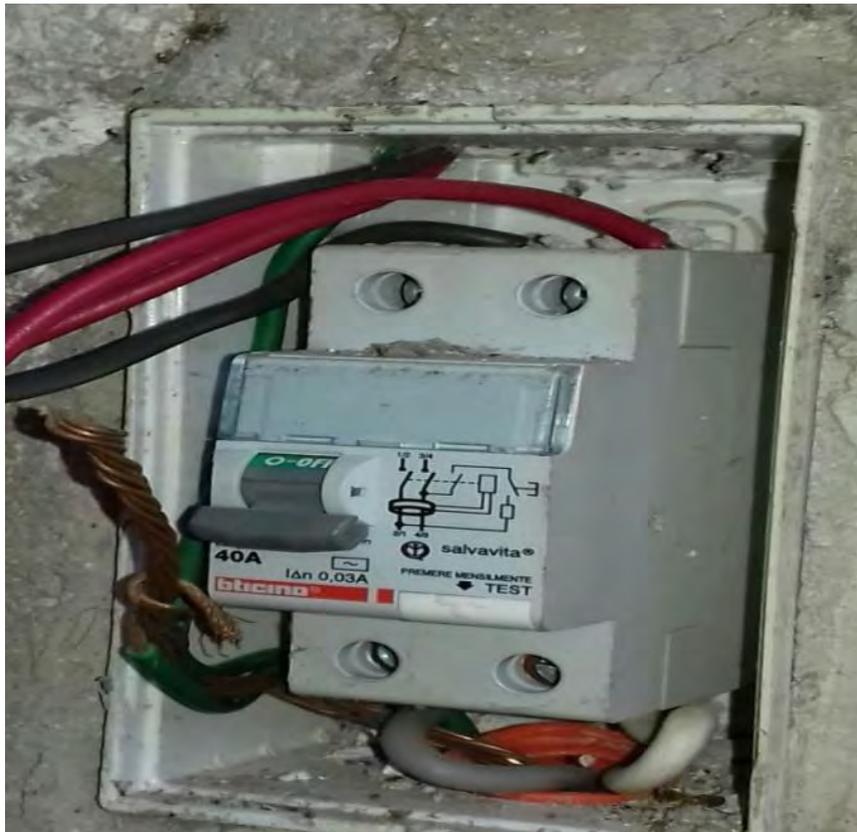


Figura 3.4 Interruptor termomagnético desconectado (Fuente: elaboración propia).

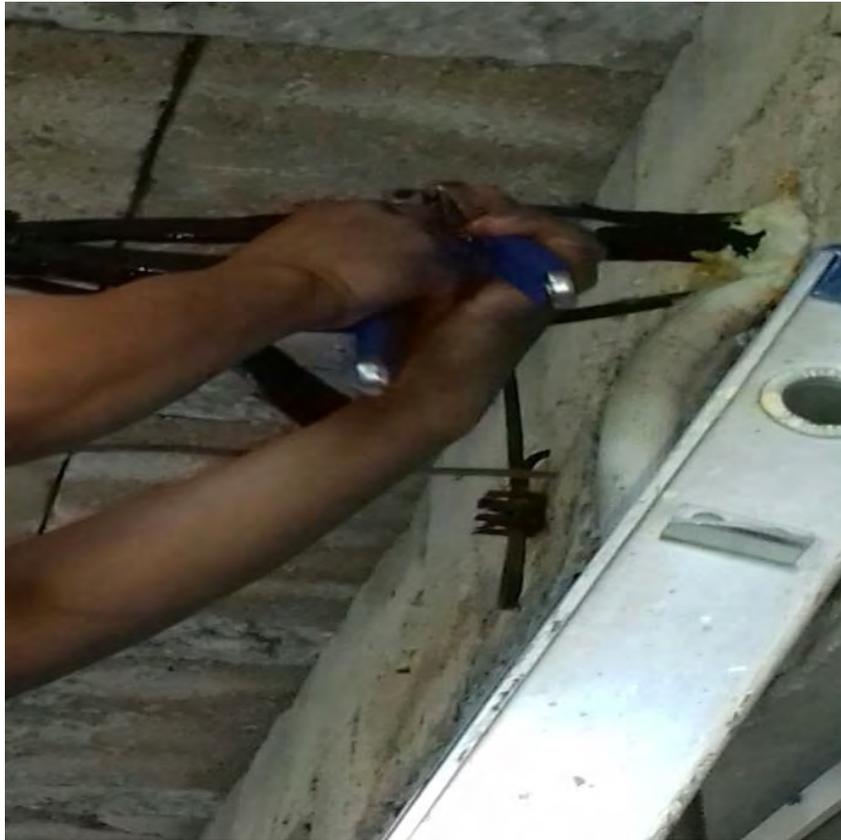


Figura 3.5 Desconectando las tuberías del evaporador (Fuente: elaboración propia).

- Una vez que se desconecte las tuberías de las tuercas uniones del evaporador, es importante colocar cinta aislante en ambos extremos de las tuberías desconectadas para que no le entre humedad y polvo que pudiera obstruir el paso del refrigerante (ver Figura 3.6) y de una vez se endereza las tuberías formando un ángulo perpendicular con la pared, en la entrada hacia la unidad interior para que se pueda desmontar el evaporador. En ese momento también se aprovecha desconectar la tubería del desagüe del evaporador.



Figura 3.6 Tuberías encintadas en ambos extremos del evaporador (Fuente: elaboración propia).

3.2 Desmontaje del evaporador

Ubicamos los dos ganchos soporte del equipo que se encuentran en la parte posterior del mismo (ver Figura 3.7) y levantamos la unidad evaporadora desenganchándolo y se va jalando poco a poco hasta bajarlo por completo. Antes de este paso el equipo debe estar desconectado eléctricamente, y las tuberías de igual forma deben estar ya desconectadas y enderezadas.

Ya que bajamos el evaporador procedemos a desarmar todas las partes del equipo para que posteriormente se pueda lavar con una hidrolavadora.



Figura 3.7 Gancho de soporte del evaporador (Fuente: elaboración propia).

3.3 Desarmar el evaporador

- Se coloca el equipo en una mesa de trabajo o en un lugar seguro para evitar que se golpee y se doblen las laminillas de aluminio.
- Se procede a retirar la tornillería de sujeción de la tapa de plástico del evaporador.
- Se retira el tornillo de la caja de la tablilla de conexiones para desconectar la tarjeta del evaporador (ver Figura 3.8) y en este caso hay que tener mucho cuidado que no se pierda la posición de los cables, de preferencia se le toma una foto previamente o se apunta en una bitácora.

3.4 Limpieza de las partes del evaporador

Este es el trabajo principal del mantenimiento, ya que de aquí depende la calidad del trabajo a realizar.

- Una vez desmontado el evaporador se coloca en un lugar firme y se le aplica el líquido limpiador en toda la superficie de aluminio y se procede al lavado con la hidrolavadora. Aproximadamente se utiliza 2 litros de líquido limpiador Foam cleaner para este equipo. Si el equipo está muy sucio se recomienda aplicar dos veces, evitando dejar mucho tiempo el líquido aplicado sobre el evaporador ya que se corre el riesgo de corroer las laminillas.



Figura 3.8 Desconectando la tarjeta del evaporador (Fuente: elaboración propia).

- Si el motor del ventilador está herméticamente sellado no se desmonta se lava las aspas del motor allí mismo en el equipo. Pero si no está sellado, se desatornilla la base de plástico del motor de la turbina para que en al momento de lavar las aspas no haya ni un problema.
- Se lavan las tapas, los filtros, el serpentín, la charola de desagüe, el aspa del evaporador y todas las partes que se desinstalaron (Figura 3.9).



Figura 3.9 Lavado de serpentín y demás partes del evaporador (Fuente: elaboración propia).

En la figura 3.10 se muestra algunas imágenes antes y después de lavar el evaporador.



Figura 3.10 Partes del equipo antes y después de lavar (Fuente: elaboración propia).

3.5 Ensamblado de las partes del evaporador

En esta etapa, se ensamblaron de nueva cuenta todas las partes del evaporador cuidando por supuesto colocar la tornillería correcta en los lugares correctos.

3.6 Limpieza de la unidad condensadora

Retiramos la tornillería de los soportes de la unidad condensadora y se limpia el gabinete, el serpentín, las aspas del ventilador del condensador.

Cuando la unidad exterior es instalado en el piso o sobre la superficie de la tierra mayormente el equipo se empolva y se llega a tapar las laminillas del panel del condensador, y en ese caso es necesario lavarlo con la hidrolavadora para que haya una buena ventilación.

Cuando la unidad exterior es instalado en el techo de la habitación que se quiere acondicionar el equipo se mantiene limpio y no es necesario desinstalarlo pero depende en qué condiciones se encuentre es el trabajo que se va llevar a cabo.

3.7 Instalación del equipo y pruebas de operación

- Se instala el evaporador colocándolo en la base sujeto a la pared enganchándolo en las dos pestañas (Figura 3.11).
- Se conectan las dos tuberías tanto de alta y de baja con dos llaves pericas haciendo contra apretando bien las dos tuercas para que no haya fuga.
- Es importante hacer un vacío en las mangueras antes de cargar el refrigerante en el equipo y esto se hace de la siguiente manera: se abre la perilla del reloj de alta y se abre la perilla de reloj de baja y se deja que se escape un poco de gas, esto es rápido solamente es abrir y cerrar al mismo tiempo para sacar la humedad en la tubería y en el sistema y en las mangueras del manómetro.



Figura 3.11 Instalando el evaporador (Fuente: elaboración propia).

- Se realiza la conexión eléctrica y después se sube el interruptor termomagnético para energizar el equipo, se abre la válvula de baja de la condensadora y se lleva a cabo el vacío en las mangueras del manómetro y ver que suba la presión en la aguja del manómetro aproximadamente a 100 psi (la manguera azul debe estar conectada en la parte de baja y el rojo en la parte de alta y el amarillo para completar el refrigerante en caso que sea necesario) y se cierra nuevamente para asegurar que no baje la presión y no haya fuga de gas en la tuerca unión mientras se termina de detallar el montaje del equipo (ver Figura 3.12).



Figura 3.12 Presión del refrigerante a 100 psi (Fuente: elaboración propia).

- Una vez comprobado que no existe fuga, se abre la válvula de alta y la de baja para que circule el refrigerante en todo el sistema.
- Finalmente, se hace funcionar el equipo con el control remoto en la unidad interior, y se verifica que esté completo de refrigerante en dado caso que no esté completo de refrigerante se le inyecta gas en la válvula de servicio con la manguera azul (lado izquierdo del manómetro donde está el reloj azul), en la parte de succión del compresor (tubería gruesa) y vigilar que se establezca la presión de 60 a 70 psi a unos 10 minutos que es la presión en la que debe operar el equipo (ver Figura 3.13).



Figura 3.13 Operando el equipo a 60 psi (Fuente: elaboración propia).

En algunos casos cuando falla los empaques de las mangueras, se puede intercambiar la posición de las mismas, no representa ningún inconveniente porque los colores son solamente para identificar la parte alta y baja (descarga y succión del equipo).

Por otra parte cabe mencionar que este tipo de trabajo bien planificado y siguiendo el método propuesto se puede concluir en aproximadamente 2 horas.

El no realizar un mantenimiento a tiempo de una unidad de aire acondicionado puede traer problemas. Las fallas más comunes en los aires acondicionados y su causa son:

1. La unidad evaporadora de aire acondicionado se congela de tal manera que se hace hielo y se produce el goteo dentro de la habitación: la causa pudiera ser que los filtros de aire o el serpentín estén tapados porque no hay flujo de aire o la bandeja de desagüe obstruido y se eleva el consumo de energía al no alcanzar la temperatura programada y el compresor no para de trabajar.
2. La unidad evaporadora no enfría: esto se debe muchas veces porque los filtros de aire estén obstruidos por el polvo o también por fuga de refrigerante.

3. La turbina interior del aire acondicionado funciona pero no enfría. Se sugiere algunos procedimientos a seguir para poder llegar a una solución:

- Revisar el control remoto del equipo si está bien en la posición correcta incluso sus baterías.
- Revisar detenidamente la tarjeta de control ya que suele ser el problema.
- Realizar mantenimiento preventivo a la parte evaporadora y condensadora.
- Revisar que llegue en voltaje completo a la parte evaporadora y condensadora.
- Revisar el funcionamiento del compresor ya que puede ser falla del mismo por varios motivos como, capacitor de marcha quemado, terminales quemados o sulfatados, protector térmico dañado o suelto, incluso compresor quemado, recalentado, con mecanismo pegado.
- Revisar si el equipo cuenta con auxiliares de motor q pueden estar dañados como: timer, contactor, interruptor termomagnético o relé potencial (en algunos casos) también podrían tener pequeños presostatos de alta y baja ya que estos podrían estar activando y haciendo apagar el equipo.
- Revisar presiones en el sistema ya que esto también suelen ser las complicaciones.

	<h2>COMENTARIOS FINALES</h2>
--	------------------------------

En este trabajo, se ha mostrado una metodología adquirida durante mi experiencia profesional para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de un aire acondicionado tipo Minisplit, la cual es bastante simple y eficiente, ya que el equipo queda limpio de impurezas y en buen funcionamiento, con lo cual se pueden evitar enfermedades respiratorias, siendo las más peligrosas por contaminación del aire por sistema de climatización, la bacteria legionella pneumophila, responsable de la neumonía y los hongos aspergillus niger y aspergillus fumigatus, que provocan rinitis y asma.

A lo largo del trabajo se describió el principio de funcionamiento y los componentes de un aire acondicionado tipo Minisplit de una manera clara y fácil que espero sirva como una guía a las futuras generaciones que les gustaría enfocarse en esta especialidad ya que estos conocimientos facilitan el mantenimiento preventivo de los aires acondicionados tipo Minisplit.

REFERENCIAS

1. www.es.scribd.com/document/54710454/Sistemas-Frigoríficos.
2. Principios de refrigeración. Roy J. Dossat. Edit CECSA. 1980.
3. Satirnet.com.2014. Transmisión y propagación del calor por conducción. Consultado el 16 de mayo de 2017 en: [www.satirnet.com/satirnet/2014/10/21/transmision-propagacion-del-calor-conduccion/\(port80\)](http://www.satirnet.com/satirnet/2014/10/21/transmision-propagacion-del-calor-conduccion/(port80)).
4. Educaycrea.com.2014. Propagación del calor: formas y ejemplos. Consultado el 16 de mayo de 2017 en: www.educaycrea.com/wp-content/uploads/2014/04/07_vapor.png.
5. Educaycrea.com.2014. Transferencia del calor por radiación. Consultado el 16 de mayo de 2017 en: <https://educaycrea.com/wp-content/uploads/2014/04/transferencia-del-calor-por-radiacion.png>.
6. www.es.scribd.com/doc/14726441/conceptos-básicos-refrigeración.
7. www.es.wikipedia.org/wiki/ciclo_de_Carnot#El_ciclo_de_Carnot.
8. www.canopina.com/web/files/productos/127_mu99-2.pdf.
9. www.es. Wikipedia.org/wiki/Refrigerante.
10. www.electricfor.es/es/18037/diccionario/Punto-ebullicion.htm.
11. www.ehowenespanol.com/tipos-refrigerantes-puntos-ebullicion-info-207613/.
12. www.electricfor.es/es/18132/diccionario/Temperatura-saturacion.htm.
13. www.juanfrancisco207.wordpress.com/tag/conceptos-de-aire-acondicionado.

14. www.refrigeraciondesdecasa.blogspot.mx/2016/06/uso-correcto-de-los-manometros.html.
15. www.reparatuare.blogspot.mx/2015/04/manometros.html?m=1.
16. www.definicionabc.com/medio-ambiente/presion-atmosferica.php.
17. 0grados.com.2015. Revista cero grados Celsius. Consultado el 29 de mayo de 2017 en: www.0grados.com/admin/wpcontent/uploads/2015/06/AOCG0004451.jpg.
18. www.es.scribd.com/doc/1008574/FUNCIONAMIENTO-DEL-CIRCUITO-DE-AIRE-ACONDICIONADO.
19. Fullserviceparana.blogspot.mx.2015. Consejos y técnicas para el servicio técnico, EPA. Consultado el 16 de mayo de 2017 en: <https://fullserviceparana.blogspot.mx/2015/05/consejos-y-tecnicas-para-el-servicio-31.html?m=1>.
20. Fullservice.parana.blogspot.mx.2014. Servicios profesionales en aire acondicionado - Unidades de potencia, presiones y temperaturas de trabajo. Consultado el 29 de mayo de 2017 en: <https://fullserviceparana.blogspot.mx/2014/09/sistema-frigorifico-unidades-de.html?m=1>.
21. Manual de operación - Sistema dividido de bomba de calor por TRANE, JUNIO 2008.
22. Manual de usuario - Aires acondicionados mini Split por INDUSTRIAS HACEB S.A, 2012.
23. Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado por EMERSON Climate Technologies.
24. Instalación Eléctrica de un Aire Acondicionado y los Criterios a Seguir Por Tec. Lab. David Valdés Viveros en el marco del FIRC 2015.
25. Manual del usuario Acondicionador de Aire Split frío/calor por Whirlpool HOME APPLIANCES, Diciembre 2015.
26. Reporte Técnico en Planeación del mantenimiento preventivo de una unidad tipo paquete de aire acondicionado, propiedad de Aeroméxico ubicado en el aeropuerto internacional de la ciudad de México (AICM) por

Sánchez Haro Miguel ángel, Sánchez Rosas Hiram Isaí, Tapia Cárdenas Cesar Alberto para obtener el grado de Ingeniero Mecánico del IPN, Septiembre 2007.

27. Manual de aire acondicionado, Implementación Mantenimiento Preventivo a Equipos de Aire Acondicionado de la UTEQ por Edgar Daniel Flores López para obtener grado de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, Septiembre 2011.