

Juan Manuel Franco Lijó

Prácticas de refrigeración y aire acondicionado

EDITORIAL REVERTÉ

Prácticas de refrigeración y aire acondicionado

Juan Manuel Franco Lijó



EDITORIAL
REVERTÉ

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · Caracas · México

© Juan Manuel Franco Lijó

Esta edición:

© Editorial Reverté, S. A., 2014

Edición en papel:

ISBN: 978-84-291-8014-5

Edición e-book (PDF):

ISBN: 978-84-291-9346-6

DISEÑO DE LA CUBIERTA: David Kimura + Gabriela Varela

Propiedad de:

EDITORIAL REVERTÉ, S. A.

Loreto, 13-15. Local B

08029 Barcelona. ESPAÑA

Tel: (34) 93 419 33 36

reverte@reverte.com

www.reverte.com

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, quedan rigurosamente prohibidas sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

A Mercedes y Elías

Prólogo

Después de la publicación del primer libro, *Manual de refrigeración*, que tuvo una gran acogida, especialmente por los profesionales del sector del Frío, nace esta segunda obra, en buena parte por la insistencia de compañeros y alumnos del autor, que viene a llenar un hueco especialmente importante en lo que se refiere al conocimiento práctico de los equipos de Aire Acondicionado.

Hoy día demandamos bienestar y confort, no sólo en nuestras casas, sino también en los centros de trabajo, establecimientos comerciales, grandes fábricas para la mejora de los procesos de fabricación, hospitales, etc. Ello significa que dentro de esos espacios, el aire que nos rodea va a tener unas condiciones distintas de las que tiene en el exterior. Se hace necesario, por tanto, personal cualificado para la instalación y mantenimiento de los equipos climatizadores. Y es aquí donde tiene razón de ser este libro, que supone una magnífica herramienta, y sin duda una gran ayuda en la formación de estos profesionales.

El lector tiene en sus manos un trabajo muy cuidado, que le va a ir introduciendo en la temática general que aborda. Dirigida a estudiantes y profesionales del sector, así como a todas las personas interesadas en el aire acondicionado, esta obra es muy fácil de leer y entender, puesto que el autor utiliza numerosos ejemplos que demuestran de una manera clara todo aquello que expone. En el libro no propone nada que no pueda demostrarse.

No se pretende hacer un estudio pormenorizado de todos y cada uno de los sistemas de aire acondicionado, sino explicar los conceptos de base, cómo funcionan los distintos elementos que conforman una instalación, y, finalmente, comprobar con los datos que tomemos de la máquina en funcionamiento, si cumple con los requisitos que el fabricante nos facilita en su documentación técnica.

Glosar las virtudes de este libro es realmente una tarea fácil. El lector tendrá una información rigurosa de la que sin duda sacará provecho, por lo que estoy seguro de que el objetivo de la obra se verá plenamente justificado.

Finalmente, para facilitar la solución de ejercicios, el autor proporciona gráficos, tablas y demás documentación técnica.

Javier Gordillo Franco

*Profesor de la Consejería de Educación
y Ordenación Universitaria (La Coruña)*

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a las siguientes empresas y fabricantes de equipos: Johnson Controls, Roca-York, Refac, Lennox, RGV Refrigeración, Sodeca Ventiladores, Trane, Climafrío, Bombas Azcue, Gas-Servei, Dupont, Salvador Escoda, Carrier, Elettronica Veneta, NTN Rodamientos, Samsung, Schneider Electric, Ramón Vizcaíno SA, cuya documentación técnica me sirvió de gran ayuda para facilitar la comprensión de los temas desarrollados, y al profesor Miguel Ángel Rodríguez Sanmartín, de la Universidad Laboral de La Coruña, autor de la tabla de conversiones.

Asimismo, mi agradecimiento especial a todas aquellas personas (estudiantes, profesores, y profesionales del sector así como de otras especialidades), cuyas opiniones y orientaciones han sido fundamentales para la realización de este libro, así como a la editorial Reverté SA por su apoyo y confianza en esta publicación.

Juan Manuel Franco Lijó

Índice analítico

CAPÍTULO 1 BOMBA DE CALOR	1
Introducción	1
1.1. Conceptos básicos	2
1.2. Bomba de calor por compresión	2
1.3. Clasificación de las bombas de calor	4
1.4. Bomba de calor aire-aire	4
1.4.1. Funcionamiento de la bomba de calor en los distintos ciclos	5
1.5. Inversión de los ciclos de trabajo	8
1.6. Funcionamiento de la válvula inversora de 4 vías	8
1.6.1. Funcionamiento de la válvula inversora en el ciclo de invierno	9
1.6.2. Funcionamiento de la válvula inversora en el ciclo de verano	10
1.7. Equipos compactos y equipos partidos	11
1.7.1. Equipos compactos	11
1.7.2. Equipos partidos	11
1.8. Plenum de descarga	15
1.9. Equipo <i>Roof-Top</i>	15
1.10. Parámetros a tener en cuenta en una instalación de acondicionamiento de aire	16
1.11. Circuito bomba de calor aire-aire tipo <i>split</i>	17
1.12. Circuito de una bomba de calor aire-aire compacta	18
1.13. Unidades terminales	18
CAPÍTULO 2 Instalación de la bomba de calor aire-aire	23
Introducción	23
2.1. Características de la instalación	24
2.1.1. Desescarche	25
2.1.2. Control de invierno	25
2.2. Interconexión de las unidades	26
2.2.1. Importancia de la documentación técnica del equipo	26

2.3. Conexionado	28
2.3.1. Funcionamiento y manejo de las válvulas de servicio	30
2.3.2. Operación de conexionado	31
2.3.3. Funcionamiento y manejo del analizador	33
2.3.4. Manómetros	35
2.3.5. Sobrepresionar con nitrógeno seco	36
2.3.6. Detección de fugas	37
2.3.7. Realización del vacío	38
2.3.8. Operación de purgado	41
2.3.9. Razones por las que es necesario eliminar el aire y la humedad	42
2.3.10. Incondensables en la instalación	43
2.4. Puesta en marcha de la instalación	43
2.4.1. Desequilibrio de tensión	44
CAPITULO 3 Tuberías de refrigeración	47
Introducción	47
3.1. Instalación de ambas unidades según los diferentes niveles	48
3.1.1. Unidad exterior a mayor altura que la unidad interior	49
3.1.2. Estudio del caso de la línea de líquido en sentido vertical descendente	50
3.1.3. Unidad exterior a menor altura que la unidad interior	51
3.1.4. Necesidad de subenfriamiento cuando la línea de líquido es ascendente	51
3.1.5. Ambas unidades al mismo nivel	53
3.2. Caso de un circuito frigorífico "normal"	53
3.2.1. Unidad exterior instalada a nivel superior que la unidad interior	53
3.2.2. Unidad exterior instalada a nivel inferior que la unidad interior	54
3.3. Interpretación y manejo de las tablas para la selección de los diámetros	55
3.3.1. Análisis de las pérdidas de carga	57
3.4. Comentarios genéricos sobre la realización de los sifones	59
3.5. Eliminación del agua de condensación	59
3.6. Recogida del fluido refrigerante	60
3.7. Comprobación de la regulación de los presostatos	61
CAPITULO 4 Diagrama psicrométrico	63
Introducción	63
4.1. Estudio del diagrama psicrométrico	64
4.2. Ejemplos de aplicación del diagrama psicrométrico	68
4.3. Fancoils	70
4.3.1. Instalaciones a dos y cuatro tubos	70
4.3.2. Cálculo de la potencia suministrada por el <i>fancoil</i>	73
4.3.3. Cálculo de la cantidad de agua que circula por el <i>fancoil</i>	75
4.3.4. Mantenimiento del <i>fancoil</i>	75
4.3.5. Selección de un <i>fancoil</i>	76

CAPÍTULO 5 Manejo y aplicaciones	81
Introducción	81
5.1. Determinación práctica de la potencia calorífica	82
5.2. Determinación práctica de la potencia frigorífica	83
5.3. Representación del ciclo de verano en un diagrama p-h	85
5.4. Representación del ciclo de invierno en un diagrama p-h	86
CAPÍTULO 6 Rendimientos.	89
Introducción	89
6.1. Estudio del COP	90
6.2. COP real	92
6.2.1. Obtención del COP real	92
6.3. Determinación del COP mediante el diagrama de Mollier	95
6.4. Determinación del EER mediante el diagrama de Mollier	99
6.5. Determinación práctica del COP	102
6.6. Influencia del desescarche en el valor del COP	102
6.7. Selección de una bomba de calor aire-aire	103
CAPÍTULO 7 Conductos.	105
Introducción	105
7.1. Conceptos fundamentales	106
7.2. Ventiladores	109
7.2.1. Elementos de un ventilador	109
7.2.2. Clasificación de los ventiladores	110
7.2.3. Leyes de semejanza de los ventiladores	112
7.2.4. Potencia absorbida por el ventilador	112
7.3. Curvas características	113
7.4. Alta y baja velocidad	113
7.4.1. Pérdidas de carga	114
7.5. Determinación del diámetro de un conducto	114
7.6. Conductos circulares y rectangulares	119
7.7. Relación entre las potencias producidas y el caudal de aire	120
CAPÍTULO 8 Mantenimiento	121
Introducción	121
8.1. El mantenimiento	122
8.2. Curva de la bañera	124
8.3. Tipos de mantenimientos	125
8.4. Mantenimiento preventivo	126
8.4.1. Plan de mantenimiento preventivo	127
8.4.2. Ventajas e inconvenientes de utilización de grasas y aceites	130
8.4.3. Determinación de la altura manométrica y la potencia absorbida	132

8.4.4. Consideraciones de las pérdidas de carga	136
8.4.5. Cavitación	137
8.4.6. Equilibrado hidráulico	139
8.5. Mantenimiento correctivo	140
8.6. Mantenimiento predictivo	142
8.6.1. Clases de mantenimientos predictivos	143
8.6.2. Estadillos	147
8.6.3. Ejemplos de aplicación de mantenimiento predictivo	148
8.7. Mantenimiento contratado	152
8.8. Auditorías	155
8.9. Control del mantenimiento	156
8.9.1. Órdenes de trabajo (OT)	156
8.9.2. Esquema de un mantenimiento planificado	160
8.10. "Puesta en marcha" de un plan de mantenimiento	160
8.10.1. Coste de elaboración del plan de mantenimiento	160
8.10.2. Fichas de comprobación del estado de una máquina	161
8.11. Parámetros determinantes para evaluar el mantenimiento	162
8.12. La informática en las instalaciones	163

CAPITULO 9 Fluidos refrigerantes167

Introducción	167
9.1. Fluidos refrigerantes frigoríferos	168
9.2. Fluidos refrigerantes frigorígenos	169
9.3. Refrigerantes puros	170
9.4. Refrigerantes mezclas	170
9.5. Deslizamiento de temperatura	170
9.5.1. Valores del deslizamiento de temperatura	172
9.6. Mezcla azeotrópica	173
9.7. Propiedades termofísicas	174
9.7.1. Ficha técnica del fluido R-134a	174
9.7.2. Ficha técnica del fluido R-413A	175
9.7.3. Ficha técnica del fluido R-417A	176
9.7.4. Propiedades físicas R-22	178

CAPITULO 10 Características de los fluidos refrigerantes181

Introducción	181
10.1. Características a tener en cuenta de los fluidos frigorígenos	182
10.2. Parámetros determinantes para elegir el fluido refrigerante	187

CAPITULO 11 Terminología189

Introducción	189
11.1. Términos y principios básicos	190

CAPÍTULO 12 Problemas más frecuentes	199
Introducción	199
12.1. Problemas más frecuentes y soluciones	200
12.2. Problemas más frecuentes y soluciones de las válvulas de expansión termostáticas.....	202
12.3. Problemas más frecuentes y soluciones de las válvulas de expansión termostáticas con igualador externo de presión	203
 CAPÍTULO 13 Relación entre la capacidad del compresor y la capacidad del evaporador	 205
Introducción	205
13.1. Compresores SCROLL	206
13.1.1. Funcionamiento	207
13.1.2. Compresor digital SCROLL de alta tecnología	210
13.2. Relación evaporador – compresor.....	210
13.2.1. Representación gráfica del equilibrio compresor - evaporador	211
13.2.2. Variación del caudal del aire a través del evaporador	213
13.3. Sistema inverter	213
 CAPÍTULO 14 Caso práctico	 215
Introducción	215
14.1. Observaciones para la interpretación del esquema	217
14.2. Datos de partida	217
14.3. Verificaciones de caudales, potencias y rendimientos.....	218
14.4. Operación de vacío.....	221
14.5. Carga de la instalación con el fluido refrigerante.....	221
 Anexos	 223
Diagrama psicrométrico.....	224
Unidades fundamentales (S.I.)	225
Unidades básicas anglo-americanas	225
Tablas de conversión de unidades	226
Gráfico para el cálculo de pérdidas de carga (encartado en este libro)	
 Bibliografía	 229
 Índice alfabético de materias	 231

CAPÍTULO 1

BOMBA DE CALOR

Índice

1.1.	Conceptos básicos	2
1.2.	Bomba de calor por compresión	2
1.3.	Clasificación de las bombas de calor	4
1.4.	Bomba de calor aire-aire	5
1.5.	Inversión de los ciclos de trabajo	8
1.6.	Funcionamiento de la válvula inversora de 4 vías	8
1.7.	Equipos compactos y equipos partidos	11
1.8.	Plenum de descarga	16
1.9.	Equipo <i>Roof-Top</i>	16
1.10.	Parámetros a tener en cuenta en una instalación de acondicionamiento de aire	17
1.11.	Circuito bomba de calor aire-aire tipo <i>split</i>	17
1.12.	Circuito de una bomba de calor aire-aire compacta	20
1.13.	Unidades terminales	20

Introducción

En este libro trataremos de los equipos de acondicionamiento de aire, y veremos los distintos tipos que existen, sus aplicaciones y sus principales características, pero siempre con el objetivo de profundizar en su conocimiento práctico.

Uno de estos equipos es la *bomba de calor*, cuya aplicación es cada vez mayor tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. Es por ello que este libro empieza dedicando un capítulo a este importante equipo de acondicionamiento, cuyo estudio, aplicaciones, características de montaje, regulación y funcionamiento serán una constante también a lo largo de los capítulos posteriores, cuya orientación es fundamentalmente práctica.

1.1. Conceptos básicos

La bomba de calor es una máquina térmica capaz de transferir calor de un foco que se encuentra a menor temperatura a otro de mayor temperatura. Es decir, transfiere calor de un foco frío a otro foco caliente.

Como se puede ver, funciona en sentido contrario al ciclo natural, ya que el calor siempre pasa de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

Los principales tipos de bomba de calor son:

- Bomba de calor por compresión
- Bomba de calor por absorción
- Bomba de calor termoeléctrica

La más utilizada es la *bomba por compresión*, mientras que el ámbito de aplicación de las otras dos es muy limitado.

Desde el punto de vista práctico, la *bomba de calor termoeléctrica* se basa en el «Efecto Peltier» que es una propiedad termoeléctrica descubierta en 1834 por el físico francés Jean Peltier. Consiste en utilizar como bomba de calor una corriente eléctrica que atraviesa dos semiconductores diferentes conectados entre sí.

Este sistema intercambia calor de una manera silenciosa y sin necesidad de piezas móviles, lo que a efectos de mantenimientos tiene grandes ventajas; pero, por otra parte hay que destacar su importante consumo de energía, por lo que no es adecuada para aplicaciones domésticas.

Tal como hemos dicho anteriormente, la más utilizada es la primera, y nos centraremos en su estudio.

1.2. Bomba de calor por compresión

Aunque su utilización se está potenciando en los últimos años, ya que como posteriormente veremos, ofrece grandes ventajas tanto en lo referente a los problemas derivados de los aumentos de los precios del petróleo, así como ante las exigencias del cambio climático, su origen data del año 1835 cuando fue diseñada por Lord Kelvin.

Su ámbito de aplicación es muy variado:

- Instalaciones domésticas
- Instalaciones industriales
- Grandes instalaciones (edificios, oficinas...)
- Sistemas sanitarios
- Grandes superficies comerciales
- Piscinas climatizadas
- Instalaciones de climatización en general

De una manera práctica, se puede definir la bomba de calor como *un sistema de refrigeración que tiene por uno de sus objetivos obtener la máxima potencia calorífica.*

Para alcanzar dicho objetivo, sus elementos fundamentales son los siguientes:

- Compresor
- Evaporador
- Condensador
- Dispositivos de expansión

Estos últimos por lo general son:

- El tubo capilar, empleado en instalaciones de pequeñas potencias.
- La válvula de expansión termostática, para medianas y grandes potencias. Las principales características de funcionamiento, manejo y regulación de estos elementos, ya han sido desarrolladas en profundidad en el libro *Manual de Refrigeración* (Editorial Reverté, Barcelona).
- El restrictor, que es un orificio calibrado e instalado antes del evaporador por el que circula el fluido refrigerante. Se utilizan en pequeñas instalaciones, donde las condiciones de funcionamiento requieren valores prácticamente constantes de carga en el evaporador, así como de las presiones de condensación. Su capacidad de respuesta para regular y adaptar el fluido refrigerante a las distintas condiciones de trabajo, ante los cambios que se puedan producir durante el funcionamiento, es limitada.

Tal como hemos comentado, uno de los principales objetivos de la bomba de calor es conseguir la máxima potencia calorífica, por lo que nos encontramos ante un único sistema que proporciona las potencias calorífica y frigorífica necesarias.

¿Cómo se consiguen estas dos funciones con un solo circuito? Mediante la realización de la inversión del ciclo de funcionamiento.

Imaginemos un sistema de refrigeración normal, cuyo evaporador está instalado en el interior del local a acondicionar, y el condensador en el exterior del local. Al funcionar la instalación, el evaporador enfriará el aire del local y lo refrigerará (funcionamiento en verano).

Sin embargo, si invertimos el sentido de circulación del fluido refrigerante, el compresor descargará el fluido refrigerante al evaporador (que ahora hará la función de condensador), y se evaporará en el otro serpentín (que antes hacía la función de condensador). Así pues, al condensar el fluido refrigerante en el serpentín que está en el interior del local, ese calor cedido al aire se «quedará» en el interior del local, aumentando su temperatura (funcionamiento en invierno).

De esta manera, a los elementos anteriormente relacionados habrá que añadir los necesarios para la realización de la inversión del ciclo. Así, un único sistema de refrigeración puede, por ejemplo, climatizar un local según sean sus necesidades durante cualquier estación del año: calefacción o refrigeración.

Tal como hemos comentado, se necesitan conocimientos de los sistemas de refrigeración para el entendimiento y manejo de estos equipos.

1.3. Clasificación de las bombas de calor

La clasificación se basa en los distintos medios que se emplean como focos fríos y calientes para su funcionamiento. Aunque son varios, de una manera general diremos que son los siguientes:

- aire atmosférico
- agua (de un pozo, aljibe, manantial, etc.)
- tierra

La elección de uno u otro depende de varios factores, entre los que destacan:

- Coste total (del propio equipo, así como el de la instalación en su conjunto).
- La manera en que las variaciones de temperaturas de estos focos influyen en el funcionamiento de los equipos. Sobre todo en las referidas a las potencias desarrolladas.

De esta manera se establece una clasificación en la que el primer término se refiere al medio del que se toma el calor, y el segundo se refiere al medio receptor (medio al que se cede el calor).

TOMA CALOR – CEDE CALOR

Según lo comentado anteriormente, se establece una clasificación en la que hay que destacar los siguientes tipos:

- Bomba de calor aire-aire
- Bomba de calor aire-agua
- Bomba de calor agua-agua
- Bomba de calor agua-aire

Para facilitar la comprensión de todo lo expuesto, estudiaremos el funcionamiento en los ciclos de calefacción y refrigeración, así como las principales características de la bomba de calor aire-aire, que es la más utilizada, incluso con una aplicación muy importante en las instalaciones domésticas, como ya hemos comentado.

1.4. Bomba de calor aire-aire

Se define «aire-aire» porque el calor siempre se toma del aire y se cede al aire, que se encuentra en el exterior e interior del local a acondicionar.

Los dos esquemas siguientes son representativos de este tipo de circuitos, en los que se reflejan solamente los principales elementos que intervienen en su funcionamiento. Por ello no se representan los presostatos de alta y baja presión, ventiladores, manómetros, etc.



Figura 1.1. Válvula de retención tipo tubular, recta y conexión abocardada.



Figura 1.2. Válvula inversora de 4 vías con bobina eléctrica montada.

Elementos destacados de la instalación:

- Las baterías (llamadas exterior e interior, según estén montadas en el exterior o interior del local). Estas baterías están alimentadas mediante tubos capilares.
- Las válvulas de retención montadas en paralelo con los tubos capilares (Fig. 1.1).

Estas válvulas permiten el paso del fluido refrigerante en una sola dirección, impidiendo el paso en la otra dirección. La dirección en la que circula el fluido está indicada mediante una flecha en el cuerpo de la válvula, por lo que hay que fijarse en este detalle para su montaje.

Son válvulas cuyas principales características son que tienen grandes secciones de paso, con valores mínimos de pérdidas de carga. Valores muy a tener en cuenta en el funcionamiento de los equipos y que más adelante trataremos en profundidad.

- La válvula de 4 vías (Fig. 1.2):

Dada la importancia que tiene esta válvula en el funcionamiento de la instalación, comentaremos sus principales características de funcionamiento y montaje. Para facilitar su comprensión, antes estudiaremos los circuitos en sus distintas aplicaciones.

1.4.1. Funcionamiento de la bomba de calor en los distintos ciclos

Estudiaremos, por separado, el funcionamiento de la instalación en cada ciclo de trabajo:

CICLO DE CALEFACCIÓN (INVIERNO)

El sentido de circulación del fluido refrigerante es como sigue (Fig. 1.3):

- El compresor descarga el fluido a la válvula de 4 vías que lo «dirige» a la unidad interior, en cuyo serpentín (1) se produce la condensación. A la salida de

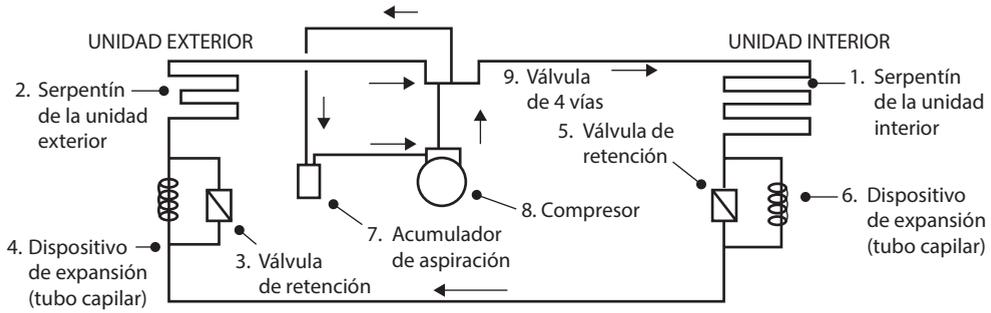


Figura 1.3. Funcionamiento en el ciclo de invierno.

éste, el fluido refrigerante en estado líquido pasa por la válvula de retención (5), y el tubo capilar (4) donde experimenta una caída de presión (y temperatura).

- En estas condiciones entra en el serpentín (2) de la unidad exterior, donde se evapora robando calor al aire que lo rodea. Finalmente el fluido refrigerante es aspirado por el compresor a través de la válvula de 4 vías, y el acumulador.

El acumulador de aspiración (Fig. 1.4) garantiza que el fluido a la entrada del compresor, se encuentre en estado de gas. Dicho de otra manera, impide que el fluido refrigerante llegue en estado líquido al compresor.

Debemos fijarnos bien en las conexiones que tiene el circuito. De hecho el fabricante timbra en el recipiente la entrada del fluido (conexión a la válvula de 4 vías), y por tanto la otra conexión se conecta a la aspiración del compresor. Esta observación es muy importante, ya que, si nos fijamos en la figura, en la parte inferior del tubo de aspiración hay un orificio muy pequeño que sirve para el retorno del aceite al compresor (debido a la propia aspiración del fluido).

No olvidemos que por el interior de las tuberías circula fluido refrigerante y aceite, que al entrar en el acumulador se separan como consecuencia de la expansión (mayor diámetro) en este elemento. Las partículas de aceite caen al fondo del recipiente, y el gas, «menos pesado», es aspirado por el compresor.

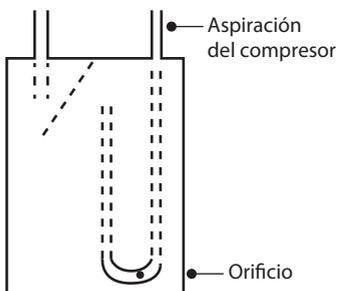


Figura 1.4. Detalle de seccionado de un acumulador de aspiración.

El acumulador de aspiración se puede considerar un elemento fundamental por lo siguiente:

Al estar trabajando la bomba de calor en este ciclo, cuando la temperatura exterior es muy baja (del orden de los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$), entonces la temperatura de evaporación del fluido refrigerante en el interior del serpentín de la unidad exterior también será muy baja (digamos, por ejemplo, de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), con lo que puede ocurrir que no se evapore en su totalidad (por falta de calor aportado a tal fin, o por la formación de escarcha principalmente).

Por ello, parte del fluido refrigerante saldrá en estado líquido hacia el compresor. Si antes del compresor se coloca un acumulador de aspiración, este líquido se vaporizará en su interior, debido a la presión de aspiración del propio compresor, impidiendo así el temido golpe de líquido.

El acumulador de aspiración siempre se instala antes del compresor, entre éste y la válvula de 4 vías.

Por lo tanto, cuando la bomba de calor trabaja en el ciclo de invierno, se aprovecha la potencia calorífica del condensador para conseguir los efectos de la calefacción.

CICLO DE REFRIGERACIÓN (VERANO)

En este caso el sentido de circulación del fluido refrigerante es como sigue (Fig. 1.5):

- El compresor descarga el fluido refrigerante, como en el ciclo anterior, a la válvula de 4 vías, pero ahora «lo dirige» a la unidad exterior, en cuyo serpentín (2) se produce la condensación.
- A la salida, el fluido en estado líquido pasa por la válvula de retención (3), tubo capilar (6), donde se expansiona y entra en el serpentín (1) de la unidad interior, a baja presión y temperatura, evaporándose (para ello roba calor del aire del local). Finalmente es aspirado por el compresor a través de la válvula de 4 vías, y acumulador de aspiración.

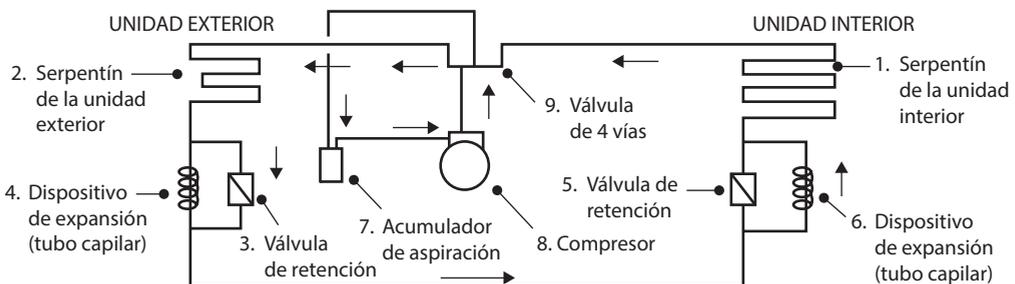


Figura 1.5. Funcionamiento en el ciclo de verano.

Recordemos que el acumulador de aspiración, instalado antes del compresor, garantiza que el fluido a la entrada de éste se encuentre en estado de gas, evitando que el fluido entre en el compresor en estado líquido.

NOTA. *En este tipo de circuitos los serpentines no se llaman condensador y evaporador; ya que cada uno realiza la doble función de condensación y evaporación, según el ciclo que estén realizando.*

1.5. Inversión de los ciclos de trabajo

Se realiza de manera automática: el termostato ambiente, cuya regulación está determinada por las necesidades del local, actúa sobre la bobina de la válvula de 4 vías.

Recordemos que el termostato es un interruptor eléctrico que funciona por temperatura. Al estar conectado eléctricamente con la bobina de la válvula, hace que «al darle o cortarle» la corriente, el vástago de ésta se desplace a uno u otro lado. De esta manera, la descarga del compresor se comunicará con la unidad exterior o la interior, según la posición del vástago de la válvula.

1.6. Funcionamiento de la válvula inversora de 4 vías

Si nos fijamos en el cuerpo de la válvula inversora que se muestra en la figura 1.6, ésta tiene una conexión en su parte superior y tres conexiones en la inferior.

De las tres conexiones que están en el mismo lado (parte inferior de la válvula en la figura), la central *siempre* comunicará el circuito con la aspiración del compresor. Efectivamente, en las figuras 1.3 y 1.5, vemos que comunica el circuito con el acumulador de aspiración instalado antes del compresor.

Las dos conexiones laterales de este mismo lado serán las que comunicarán la descarga del compresor a una u otra unidad, según la señal eléctrica que reciba la bobina del termostato ambiente.



Figura 1.6. Válvula inversora de 4 vías con bobina montada.

La única conexión que está al otro lado de la válvula (parte superior en la figura), *siempre* comunicará con la descarga del compresor.

Asimismo, hay que destacar que el vástago de la electroválvula está unido mediante tres tubos de pequeña longitud y diámetro al cuerpo de la válvula inversora de la siguiente manera:

- Un tubo que comunica las conexiones a y d, de la electroválvula y válvula inversora respectivamente.
- Un tubo que comunica las conexiones b y f, de la electroválvula y válvula inversora respectivamente (que son las dos conexiones centrales de ambas partes).
- Un tubo que comunica las conexiones c y e, de la electroválvula y válvula inversora respectivamente.

Es muy importante «identificar» estas conexiones, porque nos facilitan la comprensión del funcionamiento en su conjunto.

1.6.1. Funcionamiento de la válvula inversora en el ciclo de invierno

En este caso, el funcionamiento de la válvula se produciría de la siguiente manera (Fig. 1.7):

Cuando la bobina de la electroválvula está conectada, el vástago es atraído (se desplaza hacia la derecha). Fijémonos también en la posición del pivote de la válvula, así pues:

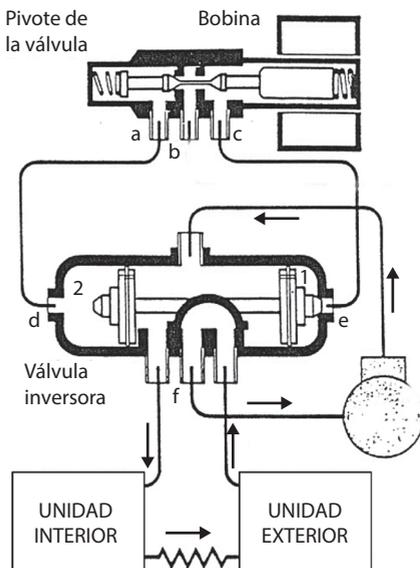


Figura 1.7. Detalle de la válvula de 4 vías funcionando en el ciclo de invierno.

- El compresor, al aspirar el fluido refrigerante (conexión central del cuerpo de la válvula inversora), también aspirará a través de la conexión f.
- Al estar abiertas las conexiones b y c de la electroválvula, la aspiración por tanto se realizará también con el lado 1 del vástago de la válvula inversora. De esta manera se creará una depresión en este lado (1), que obligará a desplazar dicho vástago hacia ese mismo lado (derecha).
- Con el vástago de la válvula inversora en esta posición, la descarga del compresor se comunica con la unidad interior, siguiendo el proceso ya comentado en el apartado 1.4.1. Es decir, la bomba trabajaría en el ciclo de invierno.

1.6.2. Funcionamiento de la válvula inversora en el ciclo de verano

Si nos fijamos en la figura 1.8 e identificamos sus componentes como en el caso anterior, vemos que cuando la alimentación eléctrica a la bobina de la electroválvula se interrumpe, la atracción del vástago cesa (se desplaza hacia la izquierda). Por tanto:

- El compresor aspira el fluido refrigerante por medio de la conexión central f, como en el caso anterior, así como a través del tubo que une f con las conexiones de la electroválvula b y a que están abiertas.

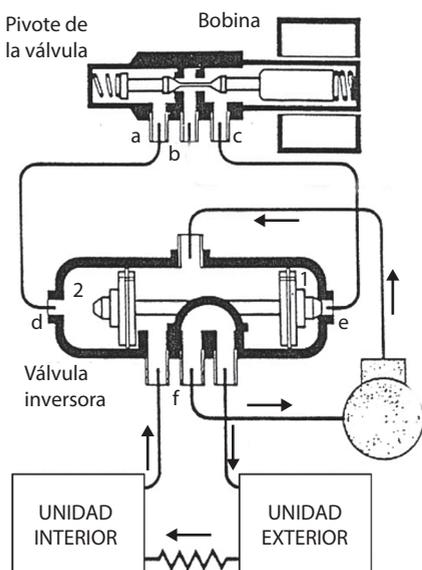


Figura 1.8. Detalle de válvula de 4 vías funcionando en el ciclo de verano.

- La conexión a de la válvula está unida a la conexión d del cuerpo de la válvula inversora. De esta manera la aspiración también se producirá en el lado izquierdo (2) del vástago de la válvula, creando una depresión en ese lado, con lo que el vástago se desplazará hacia la izquierda.
- La descarga del compresor se efectúa a través de la conexión derecha de la válvula inversora a la unidad exterior. El ciclo de trabajo de la bomba se realiza tal como se explicó en el apartado 1.4.1, Ciclo de refrigeración.

Tal como acabamos de estudiar el funcionamiento de la válvula, en realidad, ésta trabaja según la presión del mismo fluido refrigerante.

NOTA. La inversión del ciclo es automática; pero no instantánea. Ya que para proteger al compresor, deben igualarse las presiones, y para ello hay un pequeño retardo desde el momento en que se invierte. Este retardo viene determinado por la regulación que se establezca en un temporizador.

En la mayoría de las bombas de calor, la válvula inversora está desenergizada en el ciclo de invierno (calefacción).

1.7. Equipos compactos y equipos partidos

El circuito estudiado anteriormente en las figuras 1.3 y 1.5 puede realizarse de dos maneras, tal como se describe en los siguientes apartados.

1.7.1. Equipos compactos

Si se monta todo el circuito dentro de una misma envolvente, formando un solo conjunto, tenemos lo que se conocen como *equipo compacto*, tal como se aprecia en la figura 1.9.

Los equipos compactos a su vez se clasifican en compactos verticales u horizontales.

1.7.2. Equipos partidos

El circuito también se puede montar en dos partes, es decir, divididos o partidos, y de ahí que se conozcan con el nombre inglés *splits* (partidos). En este caso una parte del circuito se monta en el interior del local a acondicionar (Fig. 1.10a) y la otra en el exterior (Fig. 1.10b). Por este motivo, una vez ubicadas las dos partes en los lugares que se haya decidido, hay que realizar las interconexiones (frigoríficas y eléctricas) entre ambas.

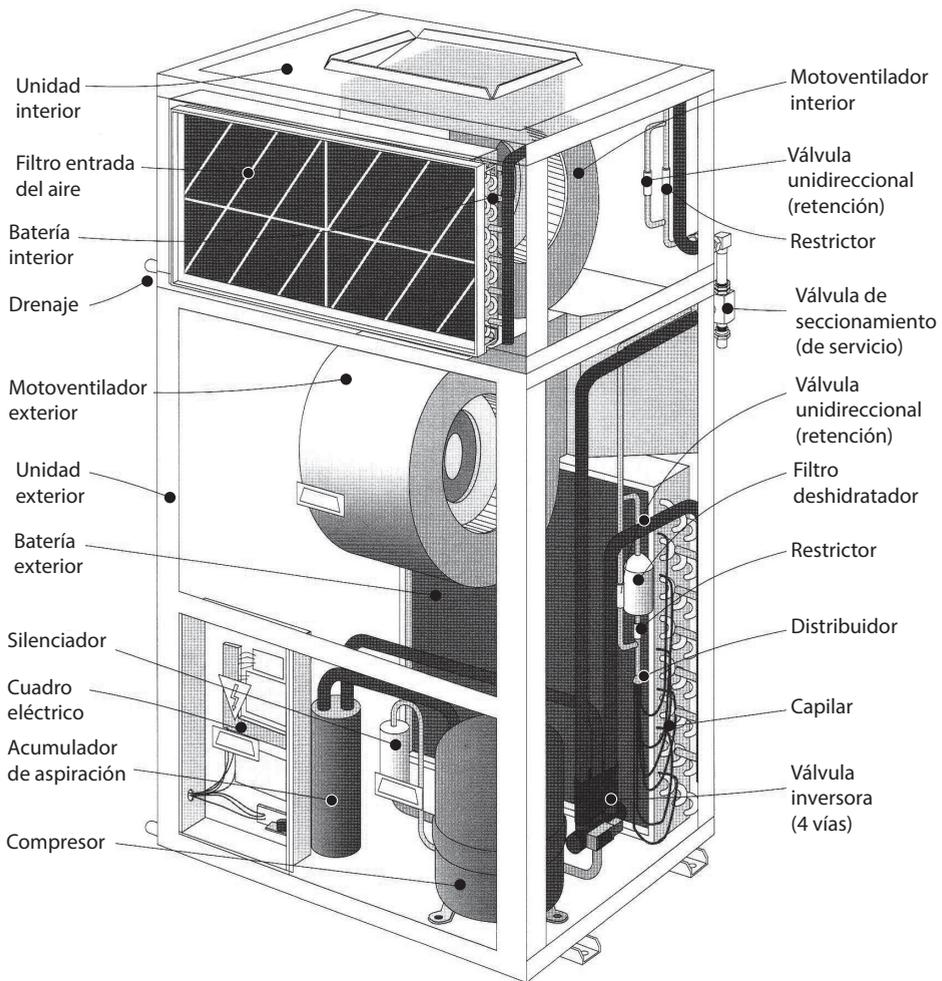


Figura 1.9. Bomba de calor aire-aire compacta vertical.



Figura 1.10. Bomba de calor aire-aire tipo *split* (partido). a) Unidad interior; b) unidad exterior.