

**La Expansión**

Mayo

Mayo

---

**Sus tipos, reglaje y funcionamiento**

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Sistema de expansión:.....                         | 2  |
| El Restrictor .....                                | 2  |
| El tubo capilar.....                               | 3  |
| La Válvula de expansión .....                      | 4  |
| Inyección múltiple - distribuidor de líquido ..... | 14 |
| Capacidad de las válvulas de expansión.....        | 15 |
| Posición y fijación del bulbo.....                 | 17 |
| Tubo seco .....                                    | 18 |
| Sistemas de regulación electrónica.....            | 21 |
| Órganos de medida .....                            | 21 |
| Válvulas de expansión electrónicas.....            | 22 |
| Anomalías en el funcionamiento .....               | 30 |
| Bibliografía .....                                 | 31 |

## Sistema de expansión:

El refrigerante líquido entra en el Dispositivo de expansión donde reduce su presión. Al reducirse su presión se reduce bruscamente su temperatura.

- En la tecnología de la refrigeración, un **dispositivo de expansión** es un elemento que disminuye la presión de un fluido pasando de un estado de más alta presión y temperatura a uno de menor presión y temperatura. Al producirse la expansión del líquido en un ambiente de menor presión, se evapora parcialmente reduciéndose la temperatura al absorber calor latente de él mismo. A su salida se pretende tener un aerosol, pequeñas gotas de refrigerante en suspensión, que facilite la posterior evaporación.

Son ampliamente empleados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, siendo los más comunes:

- El **restricor**. Este dispositivo además, y según su tipo, regula el caudal de refrigerante en circulación, adecuándolo a la carga térmica a la que se ve sometido el sistema frigorífico, así como a las temperaturas del medio de trabajo.
- El **tubo capilar**: en los refrigeradores domésticos y pequeños sistemas climatizadores.
- La **válvula de expansión**; *manual*, *termostática (VET)*, *electromecánica* y *automática*.

## Problemas

El fenómeno conocido como "flash-gas" altera su funcionamiento. Al dispositivo de expansión debe llegar únicamente líquido para que regule adecuadamente el caudal de refrigerante.

### El Restricor

El tipo más simple de válvula de control ideado con el objeto de controlar la entrada de líquido refrigerante al interior del evaporador, lo constituye el estrangulador o restricor. Este dispositivo no es otra cosa que un orificio de restricción, cuyo diámetro es mucho más pequeño que el de las tuberías o conductos que posee el evaporador.



El restricor permite la entrada del líquido refrigerante al interior del evaporador, en cantidad proporcional a la diferencia de presión existente entre la presión de succión y la de compresión o en otras palabras, el líquido agente refrigerante en estado líquido, es obligado a pasar a través del restricor, en la cantidad exigida por la diferencia de presión que existe entre el condensador y el evaporador.

La presión que por acción del compresor se manifiesta en el condensador, fuerza al agente refrigerante a pasar a través de un filtro por la línea líquida y de esta al restricor, desde donde el refrigerante en estado líquido pasa al evaporador a baja presión, evaporándose casi instantáneamente y absorbiendo el calor circundante. La necesidad del filtro en la línea líquida es el hecho de que debido a la pequeñez del orificio del restricor, cualquier partícula de materia extraña arrastrada por el refrigerante podría obstruir el restricor provocando la falla del sistema.

El restrictor une a su simplicidad de construcción y bajo costo, la ventaja de no poseer dispositivos móviles, lo que simplifica su funcionamiento y elimina posibilidades de fallas. A las ventajas antes mencionadas debe agregarse otra no menos importante debido al hecho de que el restrictor permite igualar las presiones entre el lado de alta y el de baja del sistema cuando el compresor se detiene, lo que se realiza es lo siguiente: Al detenerse un equipo de refrigeración, comienza a circular a través del restrictor una cierta cantidad adicional de líquido refrigerante hasta lograr el equilibrio de presiones entre el lado de alta y el lado de baja. Esto constituye una ventaja. Por cuanto al reducir la presión que existe en el lado de alta, el compresor arrancara con una carga mucho menor, lo que representa un menor consumo de energía por parte del motor que acciona al compresor.

Este proceso no ocurre cuando la presión existente en el lado de alta presión del sistema se mantiene en sus valores de régimen durante los periodos de inactividad del equipo.

### El tubo capilar

El tubo capilar es prácticamente un restrictor, pero en lugar de ser un orificio es propiamente un tubo restrictor, pues está constituido por un simple tubo de diámetro interno muy pequeño, de aproximadamente un milímetro, cuyo largo puede variar entre uno y seis metros.

Al igual que el restrictor, el tubo capilar es un dispositivo de control que no posee piezas móviles y su aplicación se ha generalizado tanto que se lo emplea muy especialmente en la fabricación de unidades selladas, como también en unidades abiertas de tipo familiar y en equipos comerciales de pequeña potencia.

Debido al reducido diámetro interno del tubo capilar, la fricción que se produce entre él y el líquido en su trayectoria hacia el evaporador, hace que en esta forma quede refrigerada la cantidad de refrigerante que alimenta dicho dispositivo. Como en el caso del restrictor, la cantidad de refrigerante que se provea al evaporador, será proporcional a la diferencia de presiones que existe entre la succión y la compresión.

También en el caso del tubo capilar y por las mismas razones expuestas para el restrictor, se hace necesario intercalar un filtro entre la salida del condensador y el tubo capilar, en este último provoca la igualación de presiones entre la línea de alta y la de baja presión al detenerse el equipo. En la Figura 2.1 Se puede observar su posición.



***En este texto Se trata solamente sobre las válvulas de expansión.***

## La Válvula de expansión

Es un tipo de dispositivo de expansión, (un elemento de las máquinas frigoríficas por compresión) en el cual la expansión es regulable manual o automáticamente.

Pueden ser del tipo:

- 1) **Manual**; en la que la regulación se realiza mediante un tornillo. En este tipo de válvulas el recalentamiento no depende de la temperatura de evaporación del refrigerante en su estado gaseoso, sino que es fijo.
- 2) **Termostática**; denominada VET o TXV, la cual actúa por medio de un elemento de expansión controlado por un bulbo sensor, el cual regula el flujo del refrigerante líquido a través del orificio de la VET
- 3) **Termostática con compensación de presión externa**; denominada **VETX**, es una derivación de la VET para equipos medianos o grandes o que trabajen a altas presiones y variaciones de carga térmica. Además estas deben ser utilizadas en sistemas donde el evaporador tiene varios circuitos, y/o está acoplado a un distribuidor de refrigerante.
- 4) **Electrónica o electromecánica**; trabaja mediante un control electrónico, en el cual sensores de temperatura envían señales a un CI (circuito integrado) y éste mediante esos datos mantiene un recalentamiento dentro de los parámetros permitidos para el funcionamiento del equipo.
- 5) **Automática**; la que mantiene una presión constante en el evaporador inundado alimentando una mayor o menor cantidad de flujo a la superficie del evaporador, en respuesta a los cambios de carga térmica que se tengan en el mismo.

## Componentes de la Válvula de expansión termostática VET

Se compone de:

- Un cuerpo compuesto por una cámara en la cual se produce la expansión, al pasar el fluido refrigerante a ésta a través de un orificio cilindro-cónico obturado parcialmente por un vástago. Y los tubos de entrada y salida del fluido.
- Un elemento de potencia que actúa sobre el vástago para abrir o cerrar el paso de refrigerante a la cámara de expansión.
- Un regulador o tornillo que nos limita la cantidad mínima de caudal.
- Un bulbo sensor situado a la salida del evaporador, conectado por un tubo capilar al elemento de potencia y que actúa sobre éste.
- Un tubo de compensación de presión conectado también a la salida del evaporador, y que ayuda a funcionar al obturador (Sólo VETX).

### Válvulas de expansión termostáticas

Una válvula de expansión termostática consta de un elemento termostático (1) separado del cuerpo de válvula por una membrana.

El elemento termostático está conectado con un bulbo (2) a través de un tubo capilar, un cuerpo de válvula con asiento de válvula (3) y un muelle (4).

#### Funcionamiento de una válvula de expansión termostática:

El funcionamiento está determinado por 3 presiones fundamentales:

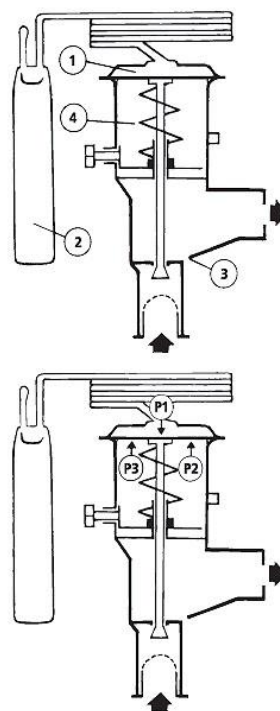
P1: Presión del bulbo, que actúa sobre la parte superior de la membrana, en la dirección de apertura de la válvula.

P2: Presión de evaporación, que actúa sobre la parte inferior de la membrana, en la dirección de cierre de la válvula.

P3: Presión del muelle, que igualmente actúa sobre la parte inferior de la membrana, en la dirección de cierre de la válvula.

Cuando la válvula regula, se crea un equilibrio entre la presión del bulbo por un lado de la membrana y la presión de evaporación y del muelle por el lado opuesto de la misma.

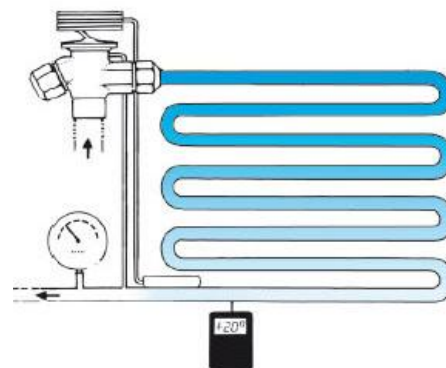
Por medio del muelle se ajusta el recalentamiento.



### Recalentamiento

El recalentamiento se mide en el lugar donde está situado el bulbo en la tubería de aspiración, y es la diferencia entre la temperatura existente en el bulbo y la presión de evaporación/ temperatura de evaporación en el mismo lugar.

El recalentamiento se mide en Kelvin (K) y se emplea como señal reguladora de inyección de líquido a través de la válvula de expansión.



### Ajuste

La válvula de expansión se suministra con un ajuste de fábrica idóneo para la mayoría de los casos.

En caso de que fuera necesario un ajuste adicional, utilícese el vástago de regulación de la válvula.

Girando el vástago en sentido horario se aumenta el recalentamiento de la válvula de expansión, y girándolo en sentido anti horario, se disminuye.

En los tipos T /TE 2, una vuelta del vástago resulta en un cambio en el recalentamiento de aprox. 4K a una temperatura de evaporación de 0°C.

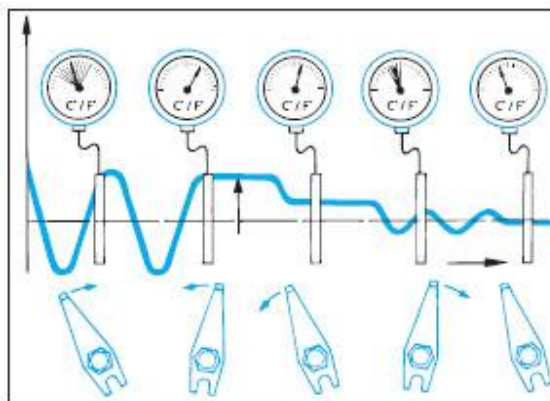
### Un funcionamiento inestable del evaporador puede eliminarse de la siguiente manera:

Aumentar el recalentamiento haciendo girar suficientemente el vástago de regulación de la válvula hacia la derecha (sentido horario) hasta que desaparezca el funcionamiento inestable. Seguidamente hacer girar el vástago gradualmente hacia la izquierda hasta que vuelva a aparecer la inestabilidad.

Desde esta posición se da una vuelta entera al vástago hacia la derecha, (para los tipos T/TE 2, sólo es necesario 1/4 de vuelta)

En esta posición el sistema de refrigeración tendrá un funcionamiento estable y el evaporador es utilizado a su pleno rendimiento.

Una oscilación de 1 K en el recalentamiento no se considera como un funcionamiento inestable.

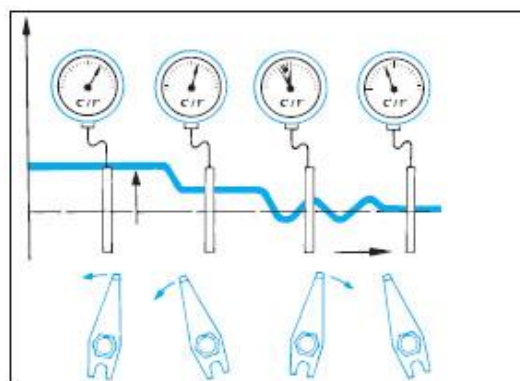


Un recalentamiento excesivo en el evaporador puede ser debido a falta de refrigerante.

Se puede reducir el recalentamiento, haciendo girar gradualmente el vástago de regulación hacia la izquierda (en sentido contrario a las agujas del reloj), hasta que el funcionamiento inestable aparezca.

Desde esta posición se da una vuelta entera al vástago hacia la derecha, (para las T/TE 2 sólo un 1/4 de vuelta). En esta posición el evaporador es utilizado a su pleno rendimiento.

Una oscilación de 1 K en el recalentamiento no se considera como un funcionamiento inestable.



### Ejemplo 1 –

Cuando la válvula cuenta con igualador externo, en un sistema con R-22. .

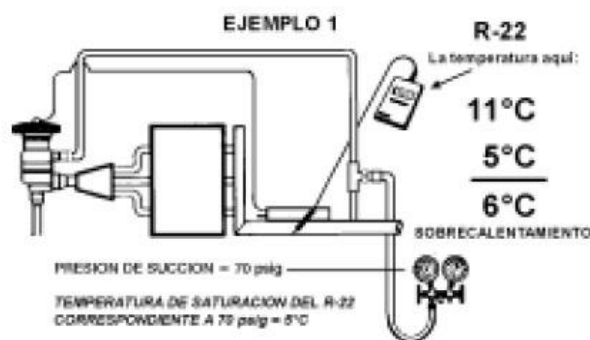
Refiriéndonos a la figura 6.46, primero determinamos la temperatura del vapor sobrecalentado a la salida del evaporador, justo en el sitio donde está ubicado el bulbo.

Para hacer esto, se necesita primero limpiar el área del tubo de succión donde se va a hacer la medición, y fijar el termopar con cinta aislante. Digamos que la temperatura obtenida sea de 11°C.

Figura 6.46 - Ejemplo de medición del recalentamiento para una válvula con igualador externo y R-22.

Enseguida, se determina la presión de succión con un manómetro calibrado. Este manómetro se conecta a una "T", previamente instalada en la línea del igualador externo.

Dependiendo de la facilidad de acceso que se tenga, la conexión "T" puede instalarse en cualquiera de los dos extremos de la línea del igualador, como se muestra en la figura 6.46. También se puede hacer una desviación, utilizando las mangueras del múltiple de servicio. Supongamos que la presión leída sea de 70 psig. De la tabla de presión-temperatura, se



determina la temperatura de saturación para el R-22, correspondiente a la presión leída, que en este caso es de 5°C.

El recalentamiento va a ser el valor que resulte de restar la temperatura de saturación (5°C) de la temperatura sensible medida en el primer paso (11°C); es decir:

$$\text{Recalentamiento} = 11^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 6^{\circ}\text{C}.$$

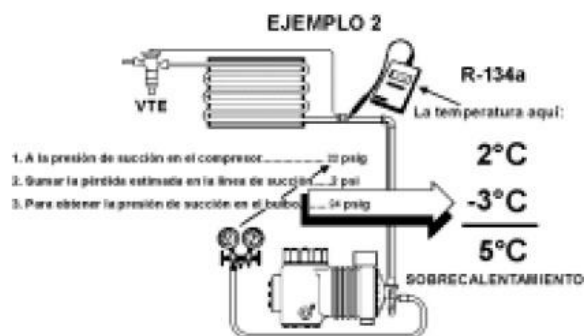
## Ejemplo 2 –

Cuando la válvula no cuenta con igualador externo, en un sistema con R-134a. .

Refiriéndonos a la figura 6.47, el método alternativo para determinar el recalentamiento cuando la válvula no cuenta con igualador externo, o en instalaciones estrechamente unidas, es el siguiente: primero, determinamos la temperatura del vapor sobrecalentado a la salida del evaporador, de la misma manera que el ejemplo anterior.

Digamos que la temperatura es de 2°C.

Figura 6.47 - Medición del recalentamiento en una válvula sin igualador externo y R-134a.



Medimos la presión de succión con un manómetro calibrado, directamente en la válvula de servicio de succión del compresor; en este caso, la presión es de 22 psig. Enseguida, estimamos la pérdida de presión por conexiones y accesorios en la línea de succión. Para nuestro ejemplo, consideramos esta caída de presión de 2 psi. Sumamos este valor a la presión obtenida en la válvula de servicio del compresor, para obtener la presión de succión a la salida del evaporador, que es la que necesitamos: .

$$\text{Presión de succión} = 22 \text{ psig} + 2.0 \text{ psi} = 24 \text{ psig}.$$

De la tabla de presión-temperatura para R-134a, determinamos la temperatura de saturación correspondiente a esta presión, que para este ejemplo es de -3°C.

Nuevamente, el recalentamiento será el valor que resulte de restar la temperatura de saturación (-3°C) a la temperatura sensible medida en el primer paso (2°C); es decir:

$$\text{Recalentamiento} = 2^{\circ}\text{C} - (-3)^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}.$$

Como regla general, el recalentamiento a la salida del evaporador, independientemente del refrigerante que se está utilizando, deberá estar aproximadamente dentro de los siguientes valores:

1. Alta temp. (temp. evap. 0°C o mayor) entre 6° y 7°C.
2. Temp. media (temp. evap. -18° a 0°C) entre 3° y 6°C.
3. Baja temp. (temp. evap. abajo de -18°C) entre 1° y 3°C.

## Cómo Ajustar el Recalentamiento

Normalmente, todas las válvulas de termo expansión tendrán un buen funcionamiento con el ajuste preestablecido de la fábrica, y por lo general, no es necesario modificarlo. Aunque ocasionalmente, en muy pocos sistemas, el ajuste de recalentamiento puede requerir alguna modificación en la instalación, sin importar la marca de la válvula.



Antes de ver el procedimiento para variar el recalentamiento, es conveniente conocer cómo se hace el ajuste de fábrica.

El recalentamiento en lo que a válvulas de termoexpansión se refiere, puede dividirse en tres categorías:

**Recalentamiento estático** - Es el recalentamiento necesario para contrarrestar la fuerza del resorte, de tal manera, que cualquier recalentamiento adicional causará que se abra la válvula.

**Recalentamiento de apertura** - Cantidad de recalentamiento que se requiere, para levantar de su asiento la aguja de la válvula, a fin de permitir el flujo de refrigerante hasta su capacidad de clasificación.

**Recalentamiento de operación** - Bajo condiciones normales, es el recalentamiento al cual opera la válvula en un sistema de refrigeración; o sea, a su capacidad nominal. El recalentamiento de operación, es la suma de los recalentamientos estático y de apertura.

En la figura 6.48, se ilustran los tres recalentamientos.

La capacidad de reserva es importante, puesto que proporciona la habilidad para compensar los incrementos sustanciales, que ocasionalmente se presentan como carga en el evaporador, "flash gas" intermitente, reducción en la presión de alta debido a condiciones ambientales bajas, falta de refrigerante, etc...

El ajuste de fábrica del recalentamiento estático, se hace con la aguja de la válvula comenzando a levantarse del asiento. Las termo válvulas están diseñadas de tal manera, que es necesario un incremento en el recalentamiento del gas refrigerante que sale del evaporador, usualmente de  $2^{\circ}$  a  $3^{\circ}\text{C}$  por arriba del ajuste estático de fábrica, para que la aguja abra hasta su posición de clasificación. Este recalentamiento adicional se conoce como gradiente. Por ejemplo, si el ajuste estático de fábrica es de  $3^{\circ}\text{C}$ , el recalentamiento de operación en la posición de clasificación, será de  $5^{\circ}$  a  $6^{\circ}\text{C}$ , a menos que se especifique lo contrario. Figura 6.49.

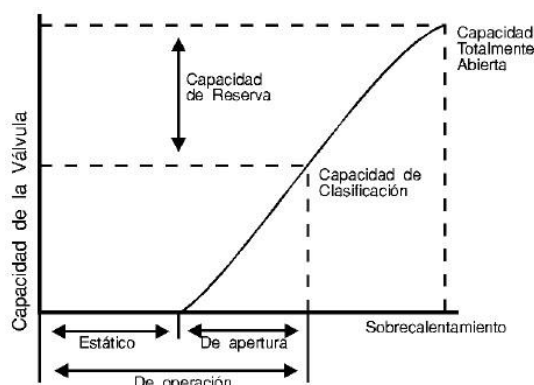


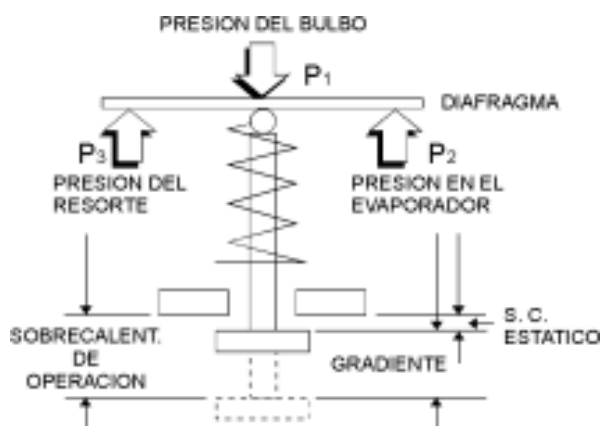
Figura 6.48 - Curva de capacidad vs. recalentamiento, para una válvula de termoexpansión típica.

Figura 6.49 - Recalentamiento estático y gradiente de una termo válvula.

Generalmente, los fabricantes proporcionan las termo válvulas del tipo ajustable, con un ajuste de recalentamiento estático de fábrica de entre  $3^{\circ}$  y  $6^{\circ}\text{C}$ . Si el recalentamiento de operación se eleva innecesariamente, disminuye la capacidad del evaporador.

Si el vástago de ajuste se gira en el sentido de las manecillas del reloj, se aumentará la presión del resorte  $P_3$ , aumentando el recalentamiento estático, y se disminuyendo la capacidad de la válvula. Girando el vástago en el sentido contrario a las manecillas del reloj, se disminuye el recalentamiento estático, y se aumenta la capacidad de la válvula dentro de un rango limitado.

Si después de haber hecho la medición correcta del recalentamiento, como se mencionó anteriormente, se determina que hay que hacer un ajuste, el procedimiento más recomendable es el siguiente:



Si el recalentamiento está bajo, habrá que girar el vástago aproximadamente media vuelta en sentido de las manecillas del reloj, esperar de 15 a 30 minutos, hasta que se estabilice el sistema a las nuevas condiciones, y luego hacer otra medición del recalentamiento. Si aún está bajo el recalentamiento, se repite el procedimiento.

Si el recalentamiento está alto, se tendrá que proceder de la misma manera, sólo que girando el vástago de ajuste en el sentido contrario. Es importante, entre una lectura y otra, esperar de 15 a 30 minutos a que se estabilice el sistema.

## Subenfriamiento

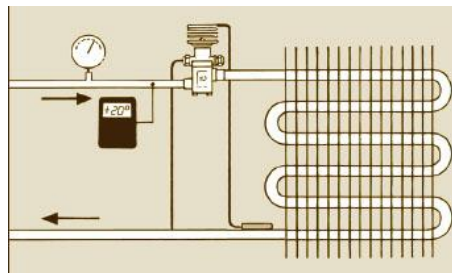
El subenfriamiento se define como la diferencia entre la temperatura del líquido y la presión/ temperatura de condensación a la entrada de la válvula de expansión.

El subenfriamiento se mide en Kelvin (K).

El subenfriamiento del refrigerante es necesario para evitar burbujas de vapor en el líquido antes de la válvula.

Las burbujas de vapor merman la capacidad de la válvula y por consiguiente reducen el suministro de líquido al evaporador.

Un subenfriamiento de un valor de 4-5K es suficiente en la mayoría de los casos.



El funcionamiento de las válvulas de expansión termostáticas se basa en el recalentamiento de los vapores de fluido frigorígeno que salen del evaporador, noción que es indispensable definir.

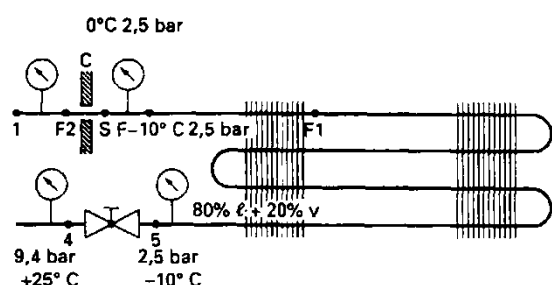


Figura 4.2. Demostración del recalentamiento.

Veamos un evaporador (fig. 4.2) alimentado con R22 por una válvula de expansión manual que permite modificar el reglaje; admítase, como hipótesis, que las pérdidas de carga en el evaporador son insignificantes y que el líquido llega a la válvula de expansión a +25°C debiendo expansionarse hasta -10°C.

En el punto 4 tenemos el líquido a +25°C y a una presión en el manómetro de 9,4 bar. En el punto 5, a la entrada del evaporador, tenemos una temperatura de -10°C a la presión de 2,5 bar en una mezcla líquido/vapor que contiene alrededor de un 20% de vapor y 80% de líquido. Bajo la influencia de las aportaciones exteriores de calor, el líquido se vaporiza y, a medida que la mezcla líquido/vapor progresa en el interior del evaporador, ésta se empobrece de líquido enriqueciéndose de vapor. Los vapores emitidos por el fluido son vapores saturantes, por lo que la presión y la temperatura de la mezcla permanecen constantes.

En cierto punto del evaporador (F) la última gota de líquido se vaporiza, los vapores saturantes se vuelven secos, siendo la presión y temperatura en este punto igual que en 5. Entre F y C, a la salida de la cámara fría, los vapores secos reciben siempre las aportaciones de calor exterior provenientes de la cámara fría, y la temperatura de dichos vapores se eleva para convertirse  $\theta' = 0^\circ\text{C}$  (por ejemplo), en el punto C, manteniéndose siempre la presión al mismo valor de 2,5 bar. Los vapores se hallan recalentados.

Si se cierra la válvula de expansión manual comprobaremos que el punto F regresa hasta F<sub>1</sub> y se produce el final de la evaporación delante del punto S a la salida del evaporador, del cual no se ha aprovechado totalmente su superficie. Por el contrario, si abrimos la válvula de expansión, el punto F desborda el punto S llegando a F<sub>2</sub> con el consiguiente riesgo de entrada de líquido en el compresor. No existe más que un posible reglaje —**con aportaciones de calor constantes**— para que el punto F coincida con el punto S y se utilice al máximo la superficie del evaporador bajo la certeza de aspirar vapores secos en el compresor. A fin de combinar la alimentación óptima del evaporador con la no emisión de golpes de líquido al compresor, hará falta limitar los desplazamientos del punto F más allá del S. Si se logra mantener solidario el recalentamiento de los vapores en S y el caudal de la válvula de expansión, se obtendrá un «recalentamiento constante» frente a la aportación de calor proveniente del exterior. Esta es la alimentación que asegura la válvula de expansión termostática.

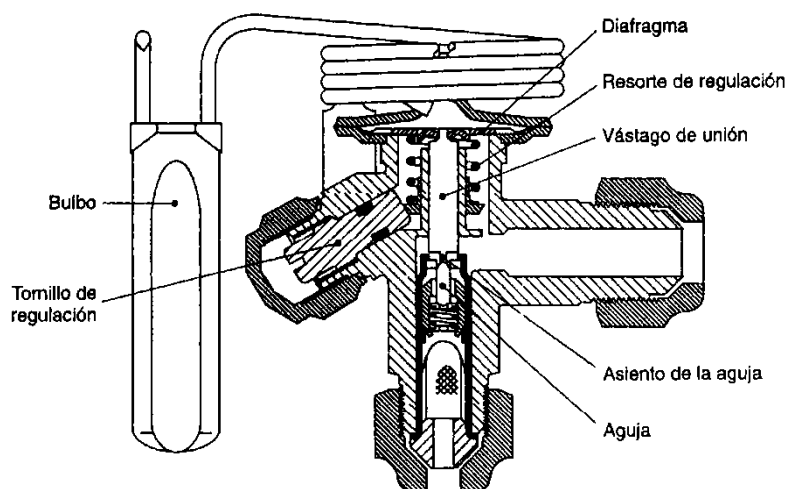
### *Válvula de expansión termostática con equilibrado interno de presión*

Su finalidad consiste en asegurar la alimentación automática de fluido frigorígeno al evaporador con objeto de obtener un llenado al máximo en función de las aportaciones de calor exteriores (ver fig.)

El órgano de mando (fuelle o diafragma) está influido exteriormente por la presión de un fluido volátil contenido en el interior del bulbo del elemento térmico unido al fuelle (o diafragma) a través de un tubo capilar, con la presión del fluido frigorígeno en el interior del evaporador actuando sobre el órgano de mando. Este dispositivo de mando solicitado por la acción de la presión del fluido en el interior del bulbo, tiende a separar de su asiento la aguja de la cual es solidario a través del vástago de unión. Un resorte de tensión regulable efectúa al contrario la impulsión de la aguja sobre su asiento.

El bulbo del elemento térmico está fijado a la salida del evaporador, cuya temperatura será la de los vapores que salen del evaporador, transmitiendo entonces al órgano de mando una presión que es función de dicha temperatura. La tensión del resorte de regulación debe estar ajustada de modo que la aguja cierre el paso de alimentación de fluido cuando la temperatura del elemento térmico es igual a la que reina a la entrada del evaporador.

*Válvula de expansión termostática.*



La válvula de expansión se halla, pues, cerrada, cuando el vapor a la derecha del elemento térmico se encuentra saturado. Si existe un recalentamiento provocado por el flujo de calor al evaporador, el elemento termostático, bajo la presión elevada del termo elemento, abre la válvula de expansión y el líquido admitido de nuevo en el evaporador provoca una reducción del recalentamiento hasta conseguir el cierre de la aguja. La válvula de expansión termostática es, por consiguiente, un regulador del recalentamiento en el evaporador, lo que muchos autores titulan «expansión a recalentamiento constante». El recalentamiento que hemos definido es de gran importancia en el funcionamiento de la válvula. Dicho recalentamiento, que se mide entre la entrada y salida del evaporador, debe estar regulado para lograr alrededor de 5 a 7 grados de diferencia.

Debe tenerse en cuenta que los principales fabricantes de válvulas de expansión suministran dichas válvulas pre reguladas para estos valores. Un recalentamiento inferior no asegura la vaporización total del fluido y el compresor puede aspirar entonces refrigerante en estado líquido. Un recalentamiento superior da como resultado un aprovechamiento incompleto de la superficie del evaporador y, en consecuencia, la disminución de su capacidad.

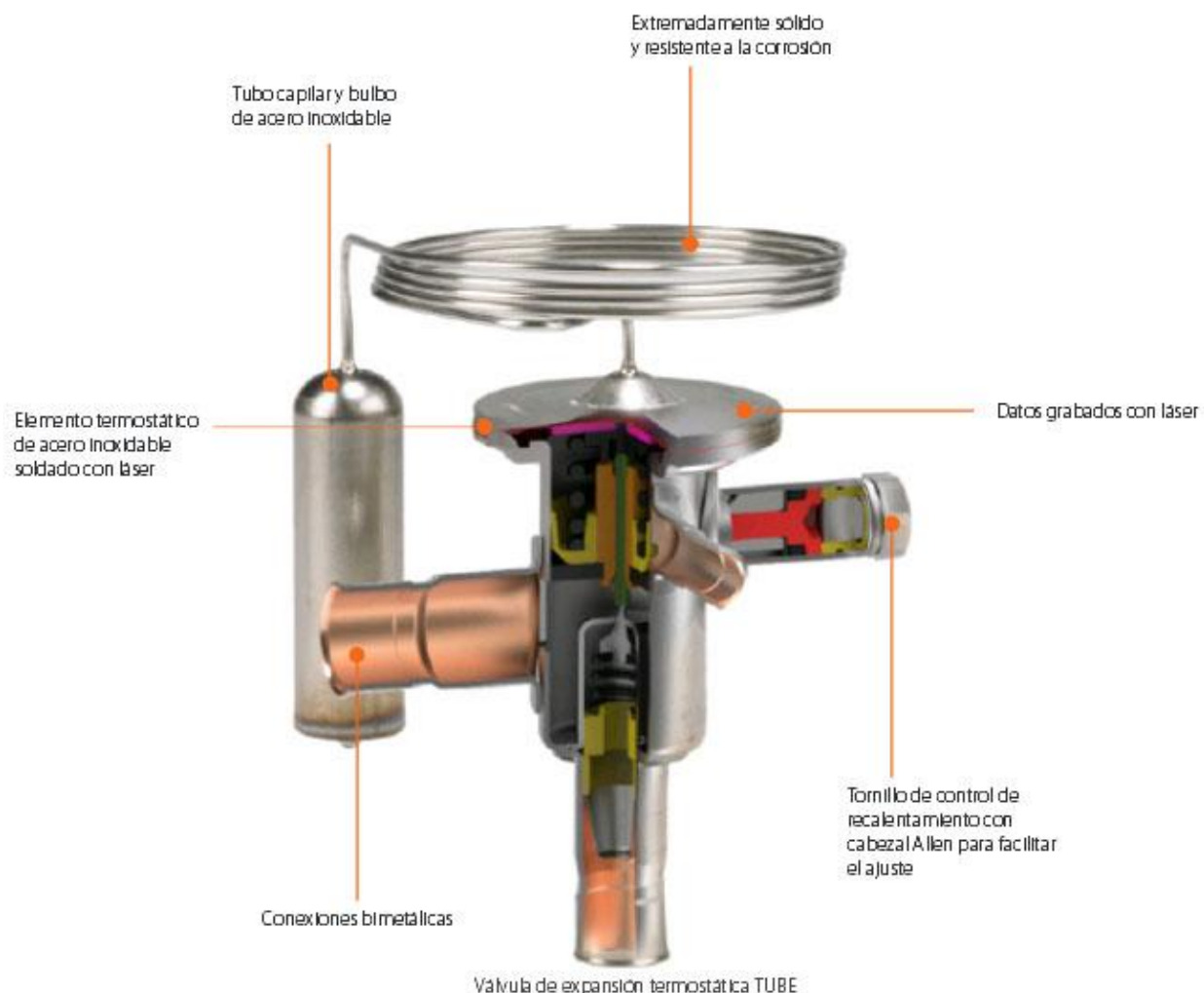
## Válvula de expansión termostática con equilibrado externo de presión

### Influencia de las pérdidas de carga en el evaporador

Cuando la superficie y, en consecuencia, la longitud de los tubos del evaporador es importante, también lo es la resistencia al paso del fluido frigorígeno. Esta resistencia, que se conoce por «pérdida de carga», afecta no sólo al paso del fluido frigorígeno, sino que influye además en el funcionamiento de la válvula de expansión termostática. En ésta, el resorte de regulación y la acción de la presión a la entrada del evaporador, actúan sobre el órgano de mando y se oponen a la acción de la presión del fluido contenido en el bulbo, lo que obliga a la apertura de la válvula de expansión.

Cuanto mayor sea la pérdida de carga en el evaporador, más elevada será la diferencia de presión entre la entrada y la salida del evaporador. En una válvula de expansión con equilibrado interno de presión será, pues, la presión del fluido a la entrada del evaporador lo que actúa sobre el cierre de la aguja. Para conseguir una apertura de la válvula de expansión idéntica a la que se obtendría en condiciones de trabajo similares a las de una alimentación del evaporador sin pérdidas de carga, es necesario que la presión del fluido contenido en el bulbo compense las pérdidas de carga del evaporador, lo que se traduce en un recalentamiento mayor del fluido frigorígeno a la salida del evaporador.

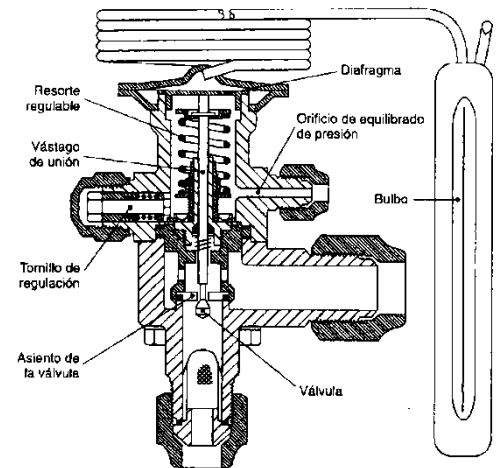
Gran parte de la superficie del evaporador deberá, a causa de sus pérdidas de carga, emplearse para obtener el recalentamiento necesario para la apertura de la válvula, en lugar de utilizarse para evaporar el fluido frigorígeno. La neutralización del efecto nocivo de las pérdidas de carga en la apertura de la válvula de expansión no puede lograrse más que con el empleo de una válvula de expansión con equilibrado externo de presión.



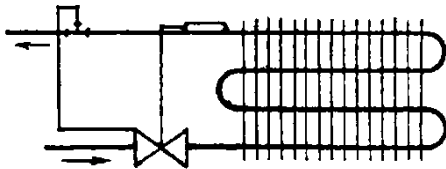
### *Válvula de expansión con equilibrado externo de presión*

La válvula de expansión con equilibrado externo de presión (ver fig.) tiene un funcionamiento idéntico al de la válvula de expansión termostática con equilibrado interno, aunque, a fin de neutralizar la influencia de las pérdidas de carga en el evaporador, los pasos de los vástagos que actúan sobre el fuelle y la aguja permanecen estancos por medio de un prensaestopas, la presión sobre el fuelle se mantiene a la presión que reina a la salida del evaporador, merced a un equilibrio de presión obtenido por medio de la toma efectuada después del bulbo y que va unida al racor de equilibrado previsto en el cuerpo de la válvula.

El esquema de montaje es el que se ilustra en la figura



*Válvula de expansión termostática con equilibrado externo de presión.*



*Esquema del montaje de una válvula de expansión termostática con equilibrado externo de presión.*

### **Observaciones**

1. Las tomas de presión deben efectuarse de forma que no se forme ningún embolsamiento de líquido frigorígeno y aceite en la cabeza de la válvula de expansión.
2. Como sea que la válvula está provista de un racor para el equilibrado externo de presión, la conexión del mismo es de todo punto obligada.



## Inyección múltiple - distribuidor de líquido

El empleo de válvulas de expansión con equilibrado externo de presión permite la alimentación normal de los evaporadores que poseen pérdidas de carga elevadas, pero no puede lograr que éstas disminuyan ni tampoco eliminar la influencia perjudicial sobre el rendimiento global del compresor. A fin de reducir el efecto de esta influencia, se dividen los evaporadores en un determinado número de secciones alimentadas por una sola válvula de expansión provista a su salida de un elemento de reparto denominado distribuidor de líquido (fig.). Esta pieza incorpora tantos orificios de salida como secciones han de alimentarse en el evaporador.

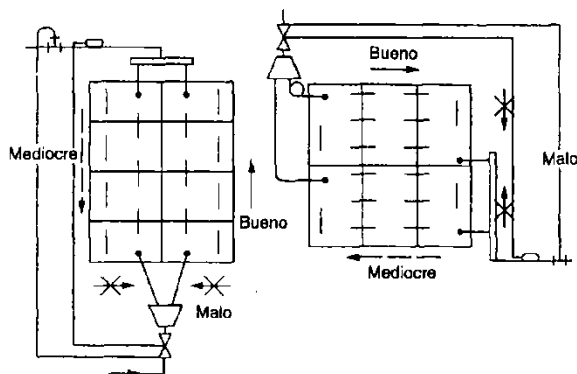
La utilización de un distribuidor implica la necesidad de seguir los imperativos que se citan a continuación para lograr una buena alimentación de las diferentes secciones del evaporador.



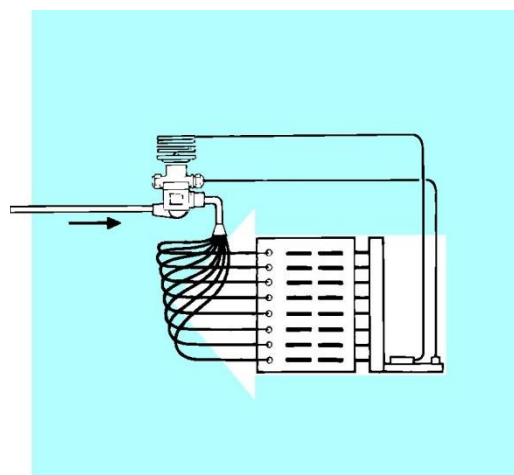
*Distribuidores de líquido.*

Hace falta, pues:

1. Utilizar de forma obligada una válvula de expansión con equilibrado externo de presión.
2. Que todas las secciones del evaporador tengan la misma pérdida de carga, lo que implica que no solamente la longitud desarrollada por cada sección sea igual a fin de presentar una misma resistencia, sino que también el diámetro y la longitud de los tubos que unen los orificios del distribuidor a los racores de entrada de cada sección del evaporador sean idénticos.
3. Que la carga calorífica de cada sección sea idéntica, a fin de obtener una ebullición uniforme en cada una de ellas. Ello significa la necesidad de establecer un sentido particular de ventilación en función del sistema de alimentación del evaporador. En la figura se precisa el sentido de ventilación que debe adoptarse.



*Alimentación por distribuidor de líquido: sentido racional de circulación de aire.*



## Compensación de presión exterior

Si se usan distribuidores de líquido, siempre deberán emplearse válvulas de expansión con compensación de presión exterior.

El uso de distribuidores de líquido causa generalmente una caída de presión de 1 bar en el distribuidor y en los tubos de distribución.

Siempre deberán utilizarse válvulas de este tipo en instalaciones de refrigeración con evaporadores o intercambiadores de calor de placas pesados, en los que la caída de presión siempre será más elevada que la presión correspondiente a 2K.



## Capacidad de las válvulas de expansión

Para limitar diferencias exageradas en el suministro de fluido frigorígeno en las diferentes posiciones de la aguja, determinadas por los movimientos de los fuelles o membranas de las válvulas de expansión termostáticas, el orificio que establece el paso de los asientos de la aguja está calculado de forma que la abertura máxima del mismo corresponda a una carga ligeramente superior al máximo deseado. Dicho de otra manera, el orificio del asiento de la aguja está en relación con la capacidad del evaporador que ha de alimentar.

Estas capacidades, indicadas en vatios térmicos (o frigorías), vienen facilitadas por los fabricantes de las válvulas. De todos modos debe tenerse en cuenta que estas capacidades están establecidas teniendo en cuenta una caída de presión determinada a través de la válvula, por lo que están afectadas por:

- a) la naturaleza del fluido frigorígeno utilizado;
- b) la utilización de un distribuidor de líquido;

Así pues, en caso de duda, antes de escoger la válvula de expansión destinada a una determinada instalación, se debe consultar las tablas o ábacos que establecen la capacidad apropiada, información facilitada al efecto por los suministradores de válvulas de expansión.

## Elección de válvula de expansión termostática

La elección de la válvula de expansión termostática se realiza conociendo estos datos:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| • Refrigerante             | • Subenfriamiento                           |
| • Capacidad del evaporador | • Caída de presión a través de la válvula   |
| • Presión de evaporación   | • Compensación de presión interna o externa |
| • Presión de condensación  |   |

El elemento termostático está equipado con una marca realizada a láser en la parte superior de la membrana.

El código indica el refrigerante para el que está diseñada la válvula:

L = R410A  
N = R134a  
S = R404A/ R507  
X = R22  
Z = R407C

Esta marca indica el tipo de válvula (con número de código), rango de temperatura de evaporación, punto MOP, refrigerante y máxima presión de funcionamiento, PS/MWP

En las válvulas TE 20 y TE 55 la capacidad nominal está estampada en una etiqueta adherida a la válvula.

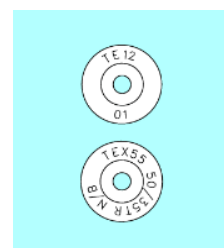
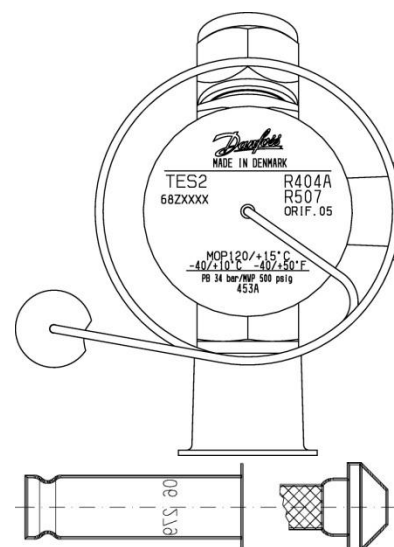
El conjunto de orificio para T2 y TE2 está marcado con el tamaño del orificio (p.ej. 06) y la grabación de la semana + el último número del año de fabricación (p.ej. 279).

El número del conjunto de orificio también está indicado en la tapa del embalaje.

En los TE 5 y TE 12, la inscripción superior (TE 12) indica el tipo de válvula para el que se puede utilizar el orificio. La inscripción inferior (01) indica el tamaño del orificio.

En los TE 20 y TE 55, la inscripción inferior (50/35 TR N/B) indica la capacidad nominal en los dos rangos de temperatura de evaporación N y B, y el refrigerante. (50/35 TR = 175 kW en el rango N y 123 kW en el rango B).

La inscripción superior (TEX 55) indica el tipo de válvula para el que se puede utilizar el conjunto.



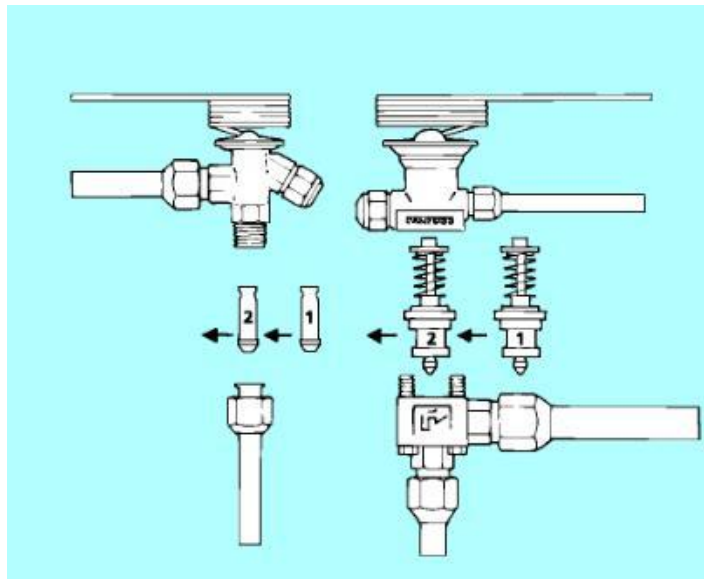


### Sustitución del conjunto de orificio

Si no se puede encontrar un punto de reglaje en el cual el evaporador no presente inestabilidad, puede ser debido a que la capacidad de la válvula sea demasiado grande, siendo necesaria la sustitución del conjunto de orificio, o de la válvula, por un tamaño menor.

En caso de que el recalentamiento del evaporador sea excesivo, es debido a que la capacidad de la válvula es demasiado pequeña, siendo necesaria la sustitución del conjunto de orificio por uno de tamaño mayor.

Las válvulas TE, T2, TUA, y TCAE se suministran con un conjunto de orificio intercambiable.



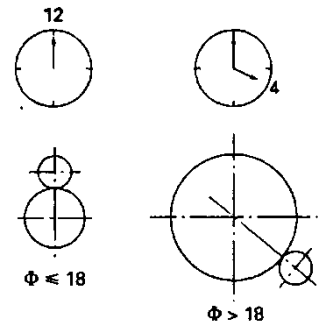
## Posición y fijación del bulbo

El bulbo debe emplazarse a la salida del evaporador sobre el tubo de aspiración haciendo contacto perfecto con el mismo, y protegiéndolo eventualmente de las corrientes de aire caliente con una envoltura de caucho celular, por ejemplo.

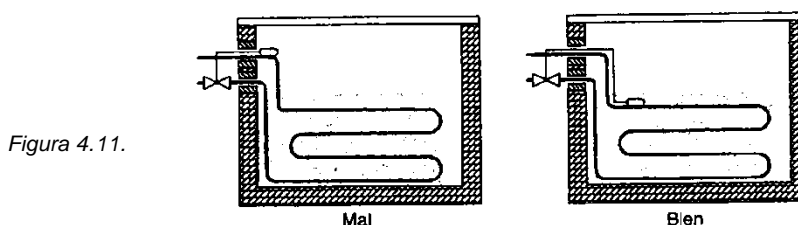
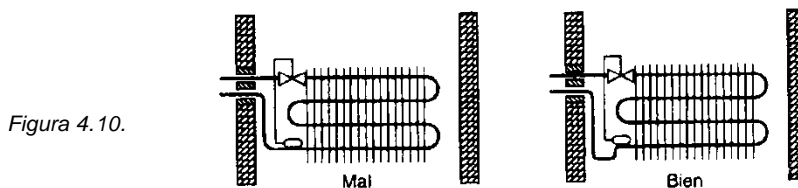
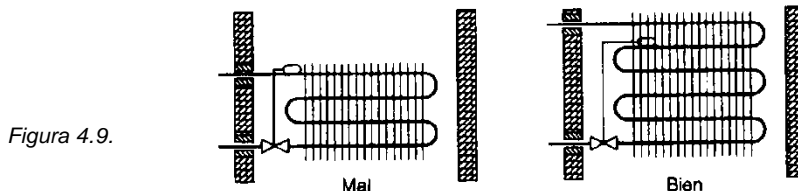
Cuando el tubo de aspiración tenga un diámetro superior a 18 mm (o sea, 3/4") el bulbo deberá colocarse en la posición de las cuatro horas del reloj y no sobre la generatriz superior del tubo (Ver fig.).

El bulbo debe fijarse sobre el tubo por medio de una plaquita metálica de cobre, latón o aluminio, a fin de asegurar una buena conducción térmica. Debe desecharse el empleo de chatterton, de un hilo metálico o cordel que, si bien son soluciones momentáneas del montador, deben olvidarse, así como la fijación del bulbo sobre un codo o parte de una curva del tubo. El mal contacto del bulbo con el tubo provoca un retraso perjudicial en las reacciones de la válvula de expansión.

Si la distancia de la tubería de aspiración entre el bulbo y la pared de la cámara es corta, puede producirse durante el tiempo de parada del grupo un calentamiento del bulbo por conducción, dando lugar a la apertura de la válvula de expansión con el consiguiente riesgo de entrada de líquido en el compresor. En este caso deberá hacerse un bucle (fig. 4.9) para aumentar la distancia entre el bulbo y la salida o, lo que es más recomendable, constituir un tubo seco o secador de una longitud conveniente como se recomienda más adelante.



*Posición recomendada del bulbo de una válvula de expansión sobre un tubo.*



*Posiciones correctas y erróneas de los bulbos de las válvulas de expansión termostáticas en diferentes tipos de evaporadores.*

En el caso de que el evaporador se alimente por arriba, si el tubo de aspiración sube en sentido vertical para salir fuera de la cámara fría, debe evitarse la colocación del bulbo en la parte baja de este tubo vertical ya que, si existe sobrealimentación, las turbulencias de la mezcla de vapor y líquido son la causa de dificultades en el funcionamiento de la válvula de expansión debido a las variaciones rápidas de la temperatura transmitida al bulbo. Para remediar este estado de cosas, puede alimentarse el evaporador por la parte baja constituyendo un tubo seco, o bien, si no hay disponibilidad de cambiar el sistema de alimentación, formar una trampa en la parte inferior del evaporador colocando el bulbo de la válvula antes de dicho punto, o bien, a mayor altura utilizando un tubo seco (fig. 4.10).

Si la válvula de expansión alimenta un evaporador sumergido en un baño, el bulbo debe fijarse a la salida del evaporador, aunque dentro del baño o del espacio frío entre la superficie del baño y la cubierta del tanque para evitar el recalentamiento del bulbo en la parada del grupo, ya que ello provocaría la abertura de la válvula de expansión y el peligro de golpes de líquido al ponerse nuevamente en marcha el equipo (fig. 4.11).

### **Tubo seco**

Se coloca a la salida de los evaporadores, bien sea con circulación de aire natural o forzado, o con fabricación de hielo. Consiste en una porción del tubo de aspiración en forma de horquilla encima del evaporador en el circuito de aire caliente. La longitud del tubo que se destina a este fin es de 1 a 3 metros, según la importancia del evaporador. El tubo seco tiene como objetivo facilitar la regulación de la válvula de expansión con el recalentamiento más bajo posible.

Se obtiene, asimismo, la eficacia total del fluido frigorígeno en la cámara fría. Todo exceso de líquido que puede pasar del bulbo termostático (colocado antes del tubo seco) se vaporiza a lo largo del tubo seco. Por otra parte, el tubo seco constituye un dique contra los golpes de líquido en los momentos de puesta en marcha del grupo. El tubo seco no debe permanecer en contacto con el evaporador.

### ❑ Carga de los bulbos termostáticos

Los bulbos termostáticos de las válvulas de expansión están cargados de maneras distintas:

- carga de vapor saturado-líquido conocida también por carga universal;
- carga de vapor (carga limitada) que se llama también carga MOP («Maximum Operating Pressure»);
- carga de absorción;
- carga de vapor anti bombeo.

### ❑ Carga de vapor saturado/líquido

El bulbo del elemento térmico de la válvula de expansión está lleno de una cantidad de líquido tal que, a alta temperatura, la elevación de la misma no puede evaporar en su totalidad el líquido que contiene el bulbo. El fuelle (o la membrana) de la válvula de expansión se halla sometido a la tensión de vapor saturante del fluido cargado en el bulbo y puede provocar, en el momento de una puesta de nuevo en servicio, después de una parada prolongada, una sobrecarga del motor al ponerse la instalación en régimen de trabajo (fig. 4.12).

1. Presión en el evaporador después de un paro prolongado.
2. Válvula de expansión con el bulbo cargado con vapor saturado/ líquido (----).
3. Válvula de expansión con el bulbo cargado de vapor ( \_\_\_\_ ).
4. Zona de sobrecarga del motor.

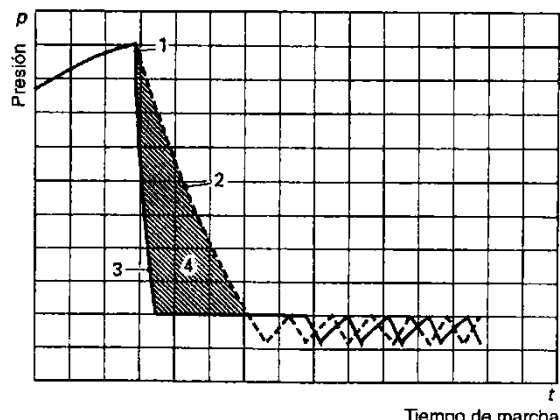


Figura 4.12. Comparación del comportamiento de dos válvulas de expansión termostáticas a partir de la puesta en régimen de trabajo de la cámara (bulbos cargados con vapor saturado/líquido y con vapor).

### ❑ Carga de vapor (carga limitada)

La carga de líquido del bulbo está calculada para que, a una temperatura ligeramente superior a la gama de trabajo de la válvula de expansión, se vaporice todo el líquido; a partir de dicha temperatura (generalmente,  $+10^{\circ}\text{C}$ ) el aumento de presión sobre el fuelle (o la membrana) sólo corresponde a la provocada por la dilatación de un gas a volumen constante, que es débil. Después de una puesta en marcha, la válvula de expansión permanece cerrada hasta que la temperatura del bulbo corresponde a la temperatura de condensación del vapor sobrecalentado en el bulbo. La válvula de expansión trabaja entonces termostáticamente de nuevo.

Este tipo de carga del bulbo evita que se sobrecargue el motor después de una puesta en marcha (fig. 4.12), aunque presenta el inconveniente de producir la condensación de líquido en la cabeza de la válvula de expansión si ésta se encuentra a una temperatura inferior al bulbo.

### ❑ Carga de absorción

Las cargas de absorción han sido empleadas en los dispositivos termostáticos de las válvulas de expansión actuando como termostatos, por lo que deseamos recordar su principio.

En este sistema el bulbo está cargado con un cuerpo adsorbente que libera o ad-sorbe un gas en forma de vapor recalentado (generalmente, anhídrido carbónico) de acuerdo con la temperatura a que está sometido el bulbo. La presión del gas sobre el fuelle depende únicamente de la cantidad de gas que se encuentra libre encima del cuerpo adsorbente. Las temperaturas relativas en la cabeza de la válvula de expansión y dicho bulbo no tienen influencia alguna en el comportamiento de la válvula.

### ❑ Carga con vapor anti bombeo

Llamada también carga MOP con balasto. Esta carga es idéntica a la antes mencionada carga con vapor, ya que se trata de una carga MOP, pero Lleva en su interior una piedra porosa que tiene por finalidad aumentar la inercia térmica por una parte, y modificar así el tiempo de abertura y cierre de la válvula por otra parte. Esta condición limita los fenómenos de bombeo.

### ❑ Conclusión

Cada sistema de carga presenta sus ventajas e inconvenientes.

- La carga de vapor saturado/líquido tiene una reacción rápida a las variaciones de temperatura pero, en cambio, a temperaturas elevadas se corre el riesgo de someter el fuelle, o la membrana, a una fuerte sobrepresión que puede afectar el motor sobrecargándolo a su puesta en marcha.
- La carga de vapor limita las presiones sobre el fuelle a la parada del grupo, pero presenta el inconveniente de provocar una condensación inesperada en la cabeza de la válvula de expansión si ésta se halla más fría que el bulbo.
- La carga de vapor antibombeo limita los fenómenos de bombeo.
- La carga adsorbente elimina todos estos inconvenientes pero, en cambio, el tiempo de respuesta a una variación de temperatura es largo, lo que hace que la válvula de expansión sea «perezosa».
- Ninguna de estas soluciones es, por consiguiente, del todo perfecta, por lo que las consideraciones locales de cada instalación son las que dan preferencia a un tipo de carga u a otro.

## Sistemas de regulación electrónica

Desde la introducción de la regulación automática en el funcionamiento de las instalaciones frigoríficas, la meta buscada ha sido llegar al punto óptimo funcional de éstas. Este punto óptimo deba estar relacionado con el funcionamiento y la protección. Las características de los reguladores «todo o nada» (termostatos, presostatos) o proporcionales (válvulas de expansión, válvulas presostáticas) así como también los reguladores de tiempo, pueden optimizar el funcionamiento de la instalación en las condiciones de trabajo generalmente más desfavorables.

Pero si estas instalaciones funcionan gran parte del año en capacidad reducida, los reguladores antes citados no pueden entonces asegurar un funcionamiento óptimo. Actualmente se han ideado gran número de reguladores para paliar este inconveniente.

Éstos regulan todos los parámetros inherentes a la instalación (temperatura, presión, expansión, capacidad, etc.). El punto común de estos aparatos es el empleo de la electrónica y sus numerosas posibilidades de regulación y adaptación.

### Tiempos de respuesta

La regulación electrónica permite modificar las características de respuesta adaptándolas al tipo de instalación. En efecto, de acuerdo con el tipo de regulación escogida (proporcional, proporcional integral, proporcional integral derivada), y trabajando sobre los diversos parámetros, será posible solicitar el órgano de regulación que se ajuste a los criterios específicos de la instalación.

### Diversos componentes de la regulación

En todos los casos, la regulación comprende los elementos siguientes:

- **Un órgano de medida;**
- **Una comparación con la referencia (o consigna);**
- **Una amplificación;**
  - **Un órgano de regulación.**

## Órganos de medida

### Sondas

Son, en general, resistencias de platino (Pt).

La resistencia eléctrica de este elemento de platino varía en función de la temperatura.

Aplicando una corriente de intensidad conocida, a los bornes del captador, la caída de tensión a través de la resistencia permite conocer la temperatura.

El interés de las sondas con resistencia radica en el conocimiento perfecto de la relación resistencia/temperatura, y en la buena calidad de sus características.

Se utilizan como:

- **sondas de ambiente;**
  - **sondas de contacto.**

## Captadores y transmisores de presión

Los captadores de presión son precisos, compatibles con todos los fluidos frigorígenos y protegidos contra los parásitos electromagnéticos.

Los transmisores de presión convierten la medida en una señal estándar de tensión o de intensidad.

## Reguladores

Su primera función es la de regular; además de esta función, los reguladores electrónicos asumen otras funciones como son: la descongelación, protección, alarma, etc.

## Órganos de regulación

Los órganos de regulación son válvulas accionadas por las señales de salida del regulador. Citaremos a título de ejemplo:

- las válvulas de expansión electrónicas,
- las válvulas de regulación de presión, de temperatura, etc.

## Válvulas de expansión electrónicas

Estas válvulas de expansión están concebidas para asegurar la alimentación óptima del evaporador con un recalentamiento mínimo, de forma estable, cualesquiera que sean las condiciones de funcionamiento.

### Recalentamiento mínimo estable

El recalentamiento mínimo estable es un elemento primordial para el buen funcionamiento de la instalación. En efecto, es el valor mínimo del recalentamiento que se puede obtener en una instalación de características variables (potencia, temperatura del medio, presión de condensación y de evaporación). Este recalentamiento varía según el tiempo y se representa bajo forma de la figura 1.

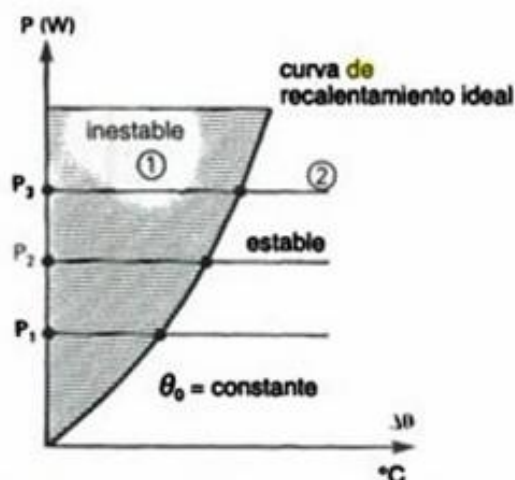


Figura 1 Variación del recalentamiento.

Sobre esta figura y siguiendo la potencia frigorífica, el recalentamiento evolucionará proporcionalmente con aquélla.

Si el recalentamiento es muy débil, la inestabilidad provocará el bombeo de la válvula de expansión. Zona 1 (inestable).

Si aquél es muy importante, el conjunto será estable pero con débil rendimiento. Zona 2.

La finalidad de la válvula de expansión electrónica será, pues, seguir esta curva de recalentamiento ideal a fin de asegurar el máximo rendimiento del evaporador.

## Válvulas de expansión con mando electrónico

Este párrafo está dedicado a estudiar dos tipos de válvulas de expansión electrónicas

- la válvula de expansión «eléctrica» de Danfoss,
- la válvula de expansión «electrónica» de Carrier

### Válvula de expansión «eléctrica» Danfoss

Este tipo de válvula de expansión apenas difiere de las clásicas en lo que respecta a los elementos principales —**cuerpo de la válvula y sistema de disco/ asiento**.

Su particularidad consiste en el sistema de mando de la inyección del fluido frigorígeno en los evaporadores.

El conjunto del dispositivo se compone de la válvula de expansión en sí, de un motor de mando, de un controlador electrónico y de dos captadores con resistencia de platino de 1000 ohmios a 0°C (fig. 2).

La finalidad del dispositivo es regular la inyección del fluido en el evaporador de forma que se mantenga la alimentación óptima del mismo.

La inyección de fluido se regula en función de las señales procedentes de los dos captadores  $S_1$ , y  $S_2$ .  $S_1$  colocado a la entrada del evaporador registra la temperatura de evaporación.  $S_2$  situado a la salida del evaporador registra la temperatura del fluido que sale del evaporador.

El controlador electrónico asegura la comparación constante entre la diferencia de temperatura captada ( $\Delta\theta_1 = \theta S_2 - \theta S_1$ ) y su valor  $\Delta\theta$  fijado por la regulación sobre el controlador electrónico.

Caso de variar la diferencia de temperatura  $\Delta\theta_1$  en relación con la diferencia  $\Delta\theta$  de consigna, el controlador, en función del sentido de dicha variación, aumenta o disminuye el número de impulsos enviados al motor de la válvula de expansión. Ésta modifica, entonces, la apertura de la válvula de expansión en el sentido deseado, cambiando el caudal de fluido frigorígeno hasta obtener la diferencia de temperatura  $\theta S_2 - \theta S_1$  deseada y previamente regulada.

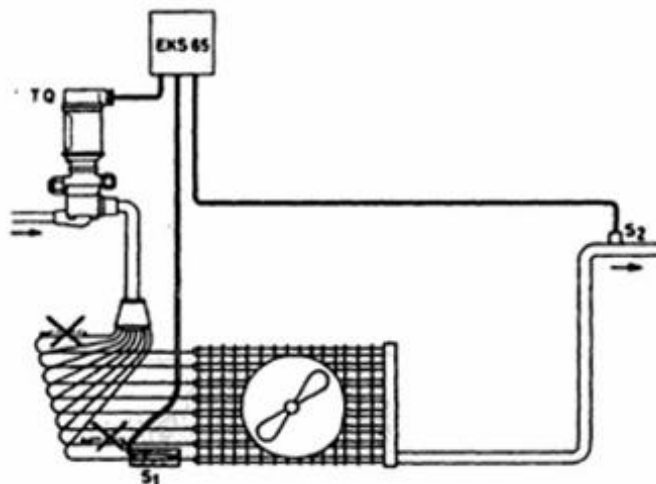
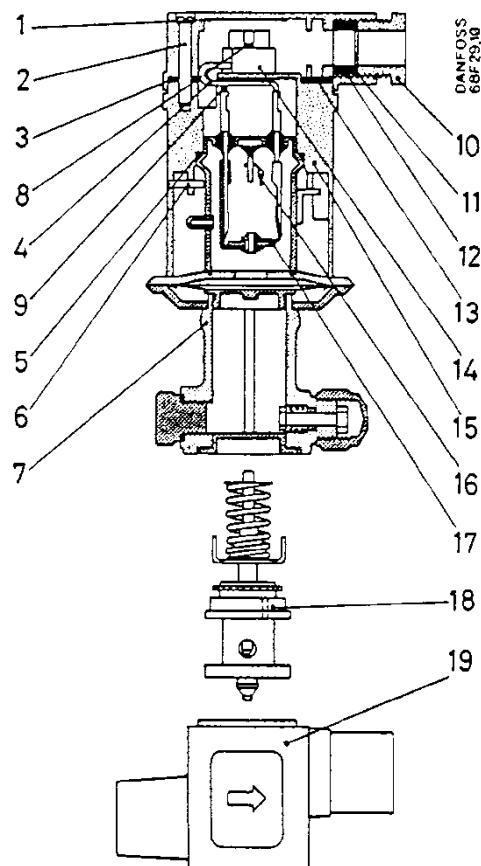


Figura 2 Montaje de una válvula de expansión con mando electrónico: TQ. Válvula de expansión con motor térmico: EKS 65. Controlador electrónico: S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>. Captadores de resistencia de platino de 1000 ohmios (Doc. Danfoss).



Figura 3 Motor térmico: 1. Cubierta; 2. Tornillo; 3. Junta; 4. Hilo conductor; 5. Junta tórica; 6. Tornillo de bloqueo; 7. Parte superior de la válvula de expansión; 8. Tornillo; 9. Vaina; 10. Racor de cableado; 11. Anillo de estanqueidad; 12. Junta; 13. Junta; 14. Caja bornes; 15. Cubierta; 16. Captador CTN; 17. Elemento calefactor CTP; 18. Bloque con orificio; 19. Cuerpo de la válvula de expansión (Doc. Danfoss).



El motor (fig. 3) efectúa la apertura y cierre de la válvula de expansión. Sustituye al bulbo de una válvula de expansión termostática clásica. Este motor está formado por un recipiente que contiene un volumen determinado de isopentano (que se encuentra en la fase líquido/vapor) un elemento calefactor y una sonda térmica CTN.

El elemento calefactor mantiene el isopentano en el motor a una temperatura y, en consecuencia, a una presión que asegura el equilibrio de la presión bajo la membrana (presión a la entrada del evaporador) y la que se halla encima de la misma (presión dentro del motor). El controlador electrónico regula la potencia suministrada al elemento calefactor teniendo en cuenta las señales recibidas procedentes por una parte de la sonda CTN y, por otra, de los captadores  $S_1$  y  $S_2$ . La comparación entre estas diferentes señales permite al controlador mantener el equilibrio de presión entre los dos lados de la membrana. En el caso de diferencia entre  $\Delta\theta_1$  y  $\Delta\theta_2$  regulada sobre el controlador, el motor se enfría o calienta regulando la potencia suministrada al elemento calefactor, cuidándose, como se ha dicho anteriormente de conducir y mantener la diferencia  $\theta S_2 - \theta S_1$ , a su valor  $\Delta\theta$ .

### Utilización

Se utiliza para alimentar con fluido frigorígeno los evaporadores de aletas, los enfriadores de líquido de expansión seca y los separadores intermedios en los casos de instalaciones de dos etapas.

### Ventajas

- **Insensible a las variaciones de la presión de condensación;**
- **compensa rápidamente las variaciones de carga;**
- **regula un recalentamiento mínimo estable, con lo que el evaporador se llena entonces al máximo.**

### Aplicaciones

Estos aparatos se utilizan en el campo del frío (almacenes frigoríficos, supermercados, etc.) y del acondicionamiento del aire (enfriadores de líquido, bombas de calor, etc.).

## Nota

La válvula de expansión debe alimentarse de líquido. Efectivamente, la presencia de gas a la entrada de la válvula de expansión disminuye considerablemente su capacidad, modifica las mediciones tomadas por las sondas de temperatura, y coloca a la válvula de expansión en posiciones extremas incompatibles para un buen funcionamiento.

Mediando en las adaptaciones inherentes a sus nuevas funciones, el motor térmico empleado sobre la válvula de expansión puede serlo igualmente sobre los demás aparatos de automatismo (reguladores de presión, de temperatura. etc.).

### Válvula de expansión electrónica Carrier (fig. 4)

Esta válvula de expansión se utiliza en los enfriadores de agua Carrier con condensación de aire. Su finalidad consiste en mejorar el funcionamiento del enfriador ya que trabaja con carga parcial.

Permite regular la temperatura de salida del agua enfriada a  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$  reduciendo la presión de condensación y elevando la de evaporación, ya que el enfriador trabaja a carga reducida. y minimiza el recalentamiento en el evaporador.

El movimiento del dispositivo de inyección se dirige a un motor lineal paso a paso (240 pasos), una carrera larga, mandado por la señal numérica que emana directamente del microprocesador que asegura la regulación total del enfriador.

Este microprocesador recibe las señales de cinco captadores que indican:

- la temperatura de entrada de agua ( $\theta_{we}$ );
- la temperatura de salida de agua ( $\theta_{ws}$ );
- la temperatura de evaporación ( $\theta_o$ );
- la temperatura de condensación ( $\theta_k$ );
- la temperatura de los vapores admitidos en los cilindros del compresor.

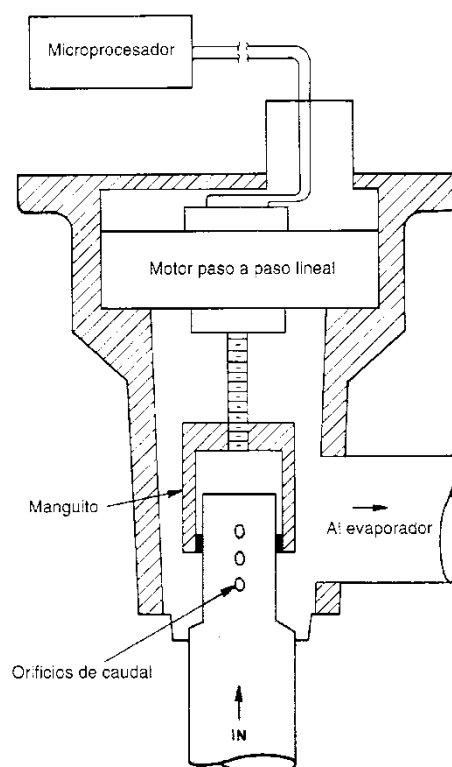


Figura 4 Válvula de expansión electrónica Carrier (tipo EXV) (Doc. Carrier).

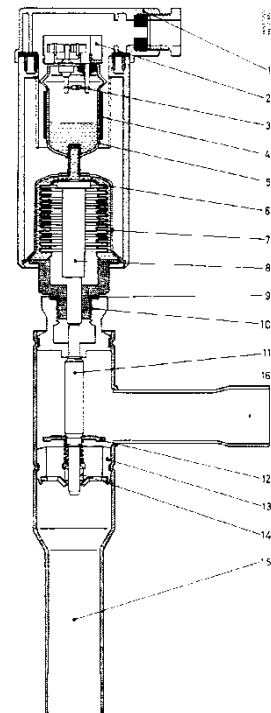
Después de analizadas y tratadas las señales emitidas por los cinco captadores, el microprocesador envía la señal que acciona la válvula de expansión en el sentido deseado.

En un próximo futuro, el empleo de este tipo de válvula de expansión se extenderá a los enfriadores de agua con condensadores de agua y también a los enfriadores de aire (instalados en los tejados).

## Válvulas de aspiración electrónicas

Estos aparatos son órganos de regulación. Se montan entre el evaporador y el compresor. La figura 5 da ejemplo de este tipo de válvula.

Figura 5 Válvula de aspiración electrónica 1. Envolvente; 2. Caja de bornes; 3. Resistencia NTC; 4. Cuerpo calefactor; 5. Depósito de presión; 6. Fuelle; 7. Caja del fuelle; 8. Vástago de presión; 9. Junta; 10. Racor roscado; 11. Guía; 12. Disco de la válvula; 13. Orificio; 14. Amortiguador (Doc. Danfoss).



### Ejemplos de aplicación

- a) Instalaciones de poca potencia con válvula de expansión electrónica (fig. 6).

El sistema comprende: el regulador, la válvula de expansión y los captadores. Posee una función de diagnóstico que facilita toda reparación.

La válvula de expansión es una válvula de impulsos que se cierra a la parada y asegura, asimismo, la función de la válvula magnética.

- b) Sistema de regulación de temperatura

La temperatura de un ambiente puede controlarse por medio de una válvula de aspiración electrónica (fig. 7).

La función principal del sistema electrónico consiste en la regulación de la temperatura por medio de un mando de la presión de evaporación. El captador montado en el caudal del aire enfriado debajo del evaporador, registra la temperatura.

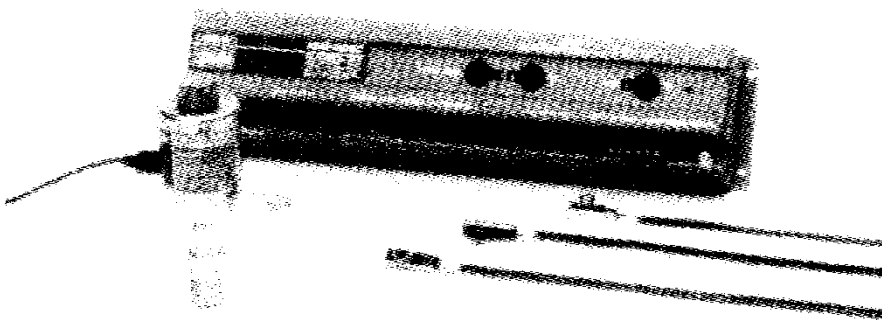


Figura 6 Regulador, válvula de expansión electrónica, captadores (Doc. Danfoss).

La temperatura tomada se somete a una comparación permanente con la temperatura de referencia, regulada en el regulador.

En el caso de que varíe la temperatura en relación con la temperatura de consigna, el regulador procede inmediatamente a modular la aportación de potencia a la válvula lo que modifica la apertura de la misma y cambia el caudal de fluido frigorígeno, alterando la temperatura de evaporación.

Este sistema permite regular la temperatura del ambiente con una precisión muy grande ( $0,25^{\circ}\text{C}$ ).

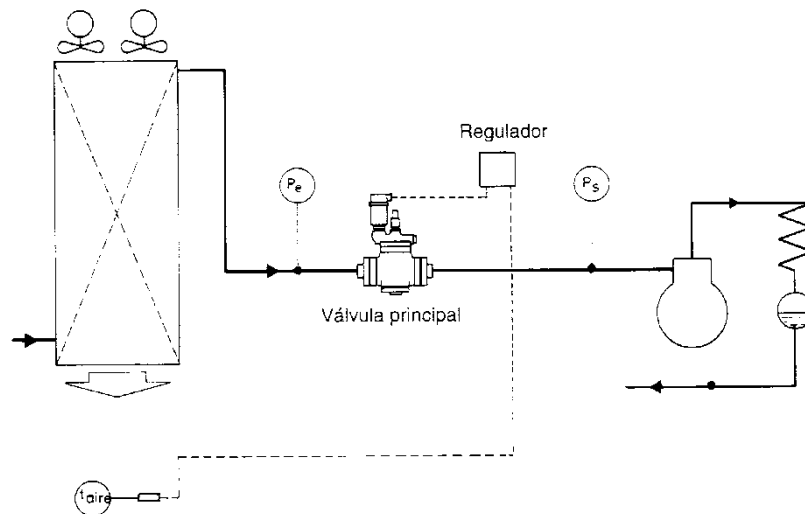


Figura 7 Regulación de la temperatura de un local con una válvula de aspiración electrónica (Doc. Danfoss).

### Sistemas para instalaciones de tipo industrial

Estos dispositivos se adaptan para el control de varios órganos de regulación (válvulas de expansión, etc). Efectúan las funciones de regulación, protección y alarma.

La programación y recogida de información pueden centralizarse en un ordenador.

### Precauciones de montaje

- Los órganos de regulación electrónicos (válvulas de expansión, válvulas de aspiración) deben en general montarse en posición vertical.
- En el caso de montarse por soldadura, algunos elementos no soportan temperaturas elevadas. Es importante desmontarlas antes de proceder a su conexión.
- La colocación de las sondas de temperatura requiere el empleo de pasta termoconductora. Estas sondas deben aislarse rápidamente.

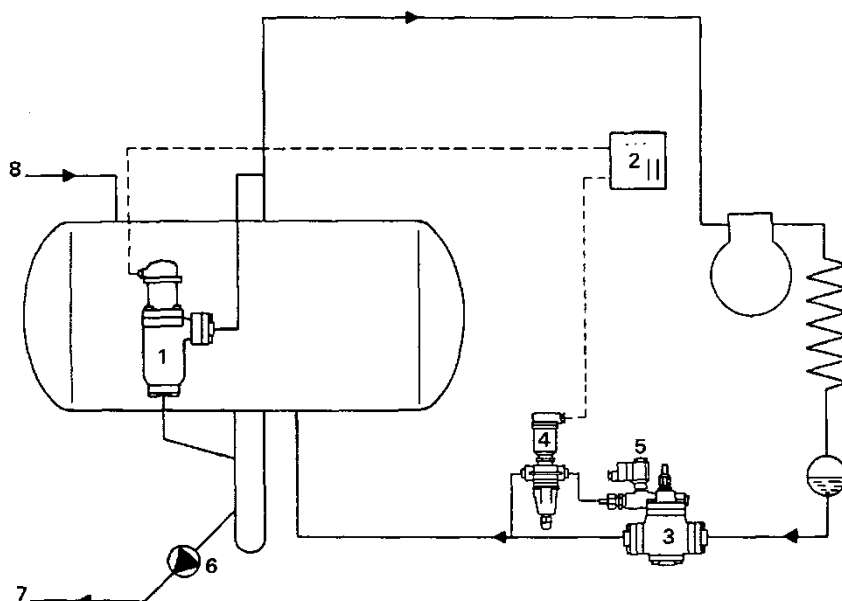


Figura 8 Montaje de un regulador de nivel con regulación electrónica de nivel de líquido: 1. Regulador de nivel; 2. Controlador electrónico; 3. Válvula de inyección de baja presión; 4. Válvula de expansión eléctrica piloto; 5. Válvula magnética; 6. Bomba de líquido; 7. Alimentación de los evaporadores; 8. Retorno de los evaporadores.



Figura 9 Consola de programación (Doc. Danfoss).

#### Principales características de los sistemas de regulación electrónica

- Adaptación automática a las variaciones de las condiciones de funcionamiento.
- Regulación precisa.
- Óptimo funcionamiento.
  - Vigilancia de la instalación.
  - Señalización de las averías o defectos.
- Autocontrol del sistema.

Resulta posible conectar estos aparatos con un ordenador, cosa que, por ejemplo, permite:

- **efectuar demandas;**
- **centralizar la vigilancia.**

#### Módulos electrónicos para instalaciones de poca potencia (fig. 10)

Aseguran la gestión de pequeños locales fríos a temperaturas positivas o negativas.

Las diversas funciones que efectúan estos módulos son:

- **regulación;**
- **descongelación;**
- **señalización.**

Figura 10 Modulo de gestión PC 1.000 (Doc. Teddington).

A partir de las señales que emiten las sondas de regulación y (o) de desescarche, se instalan salidas «de contacto». Estos módulos eliminan todos los dispositivos de reposición. La válvula de expansión no es electrónica.

### Sistemas de gestión para varios compresores (fig. 11)

Estos módulos aseguran la regulación y protección de los compresores de una central frigorífica. En función de la variación en la baja presión, el sistema pone en marcha la reducción de potencia o la parada de los diferentes compresores. Estos dispositivos equilibran los tiempos de marcha de cada compresor y evitan su funcionamiento en ciclos cortos. Todos los parámetros pueden ser visualizados.



### Sistemas de gestión para instalaciones industriales

La utilización de los sistemas de regulación programables a base de microprocesadores se intensifica en el funcionamiento de las instalaciones frigoríficas y de climatización. Su concepción permite la vigilancia y la regulación tanto en instalaciones simples como en instalaciones complejas.

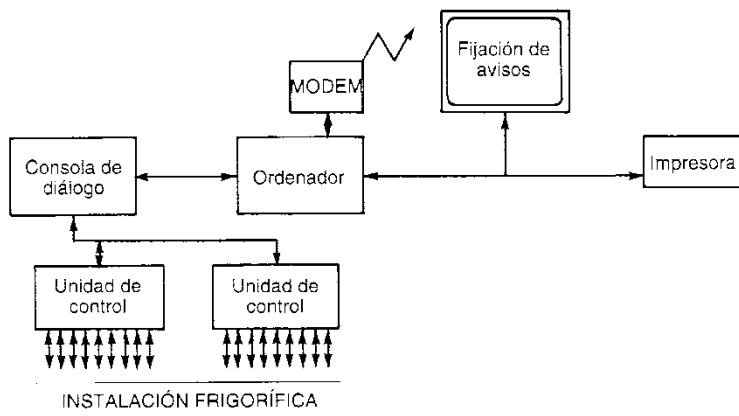


Figura 12

Estos sistemas pueden conectarse a ordenadores, impresoras, pantallas de control, transmisores telefónicos (MODEM). En general, cumplen las siguientes funciones:

- funcionamiento de los compresores;
- protección:
- visualización de las condiciones de funcionamiento;
- secuencia de mando de los compresores;
- sistema de alarma;
- funcionamiento de las bombas de fluido frigorígeno, compuertas automáticas, ventiladores, etc.;
- control e indicación de niveles de los diferentes aparatos;
- control y mando de los desescarches.

Queda bien entendido que esta relación no es exhaustiva. La figura 12 da muestra de este tipo de regulación.

## Anomalías en el funcionamiento

Los termostatos son elementos frágiles debido a la precisión que se exige en su funcionamiento. De todos modos, un termostato correctamente instalado puede funcionar durante mucho tiempo sin anomalías. Los incidentes que son comunes a todos los modelos de termostatos son la quema de los contactos motivada por los arcos de ruptura al desconectarse el circuito.

En los termostatos del tipo de ambiente, las modificaciones alotrópicas de los metales que forman el bimetálico disminuyen la sensibilidad de los mismos, mientras que en los termostatos del tipo de bulbo, la pérdida de carga del aparato es la anomalía más frecuente. En este caso, se impone el cambio del elemento motor.

La regulación por medio de termostato ofrece como ventaja garantizar la parada y arranque de la instalación a las temperaturas previamente fijadas, presenta en cambio el inconveniente de no poder asegurar el desescarche del evaporador ni la obtención de una humedad relativa constante.

### Localización de averías

| Síntoma  | Causa posible  | Remedio   |
|--|--|---|
| Tiempo de funcionamiento del compresor demasiado corto y temperatura de la cámara demasiado alta. El sistema funciona con un diferencial de temperatura demasiado elevado. | El tubo capilar del termostato que contiene la carga de vapor está en contacto con el evaporador, o el tubo de aspiración está más frío que el sensor.<br>a) Insuficiente circulación de aire alrededor del sensor del termostato.<br>b) La temperatura del sistema cambia tan rápidamente que el termostato no puede acusar los cambios.<br>c) El termostato está montado sobre una pared fría en el interior de la cámara. | Coloque el tubo capilar de modo que el sensor siempre sea la parte más fría.<br>a) Busque una mejor ubicación para el sensor, donde el aire circule a mayor velocidad o donde el contacto con el evaporador sea mejor.<br>b) Utilice un termostato dotado de un sensor de menor tamaño. Reduzca el diferencial. Asegúrese de que el sensor haga mejor contacto.<br>c) Aísle el termostato de la pared fría. |
| El termostato no arranca el compresor, aún cuando la temp del sensor sea superior al valor fijado. El termostato no reacciona cuando se calienta el sensor con la mano.    | a) Pérdida total o parcial de la carga debido a la rotura del tubo capilar.<br>b) Parte del tubo capilar de un termostato dotado de carga de vapor está más frío que el sensor.  | a) Sustituya el termostato y monte el sensor/tubo capilar correctamente.<br>b) Encuentre un lugar más apropiado para el termostato, de modo que el sensor esté siempre en la parte más fría. Utilice un termostato que incorpore carga de absorción.  |
| El compresor continúa funcionando aún cuando el sensor está a una temp. inferior al valor fijado (ajuste menos diferencial)  | Se ha ajustado un termostato con carga de vapor sin tener en cuenta las curvas del gráfico mostradas en la hoja de instrucciones.  | Con el ajuste de rango bajo, el diferencial del termostato es mayor al indicado en la escala (ver diagrama de la hoja de instrucciones).  |
| Funcionamiento inestable del termostato dotado de carga de absorción.  | Las grandes variaciones en la temperatura ambiente dan lugar a una sensibilidad del grado de protección.   | Evite las variaciones de temperatura ambiente cerca del termostato. Si es posible, utilice un termostato dotado de carga de vapor (insensible a las variaciones de la temperatura ambiente). Sustituya el termostato por otro dotado de un sensor de mayor tamaño.  |
| El eje del diferencial de la unidad simple está doblado y la unidad no funciona.   | Fallo en el funcionamiento del mecanismo de volteo debido a que se ha intentado comprobar el cableado manualmente desde la parte derecha del termostato.   | Sustituya el termostato y evite realizar comprobaciones manuales salvo en la forma recomendada por Danfoss.   |

## Bibliografía

**Formulario del frío** [Pierre Rapin](#) [Patrick Jacquard](#) - 1999

[Danfoss Notas del Instalador](#)