

MANUAL

**VÁLVULAS DE EXPANSIÓN  
PARA INSTALACIONES FRIGORÍFICAS**

---



# ÍNDICE

Válvulas de expansión termostáticas serie 22	07
Válvulas de expansión de solenoide pwm	17

---

## DESDE LA CALIDAD, EL DESARROLLO NATURAL

Alcanzando la meta de los cincuenta años de actividad en el sector de componentes para la refrigeración y el acondicionamiento de aire, CASTEL se afirmó en todo el mundo como productor de componentes de calidad. Calidad que se ha convertido en una filosofía empresarial que marca cada fase del ciclo productivo y cuenta con la Certificación del Sistema de Calidad Empresarial, ratificada por ICIM en conformidad con la norma UNI EN ISO 9001:2008, así como de las numerosas certificaciones de producto, en conformidad con las Directivas Europeas y las Marcas de Calidad europeas y extraeuropeas.

La calidad del producto se une a la calidad del trabajo, realizado utilizando maquinarias y equipos de altísimo contenido tecnológico, dotados de los estándares de seguridad y de tutela del medioambiente exigidos por la legislación vigente.

CASTEL ofrece a los operadores del sector refrigeración y acondicionamiento del aire y a las industrias fabricantes productos probados para el uso con fluidos frigorígenos HCFC y HFC que se emplean en la actualidad en el mercado del frío.





## Estanqueidad hacia el externo

Todos los productos detallados en el presente manual han sido sometidos por separado, además de a las pruebas específicas, a pruebas de estanqueidad bajo presión. La tasa de pérdida hacia afuera se puede detectar durante las pruebas, según cuanto previsto en el párrafo 9.4 de la norma EN 12284:2003:

*“Durante la prueba, no se deben formar burbujas por un lapso de por lo menos un minuto cuando la muestra está sumergida en agua con una baja tensión superficial...”*

## Resistencia a la presión

Todos los productos del presente Manual, si han sido sometidos a prueba hidrostática, garantizan una resistencia a la presión por lo menos igual a 1,43 x PS según cuanto previsto por la Directiva 97/23/CE.

Todos los productos del presente Manual, si han sido sometidos a ensayo de estallido, garantizan una resistencia a la presión por lo menos igual a 3 x PS según cuanto previsto por la norma EN 378-2:2008.

## Pesos

Los pesos de los productos indicados en el presente Manual deben considerarse con el embalaje incluido y no son vinculantes para la empresa.

## Garantía

Todos los productos Castel se garantizan por un período de 12 meses. La garantía se refiere a todos los productos o partes de los mismos que resulten defectuosos dentro del período de la garantía. En este caso y a su cargo, el cliente deberá enviar los materiales junto con una descripción detallada de los defectos encontrados. La garantía no se reconoce cuando los defectos de los productos Castel se deban a errores del cliente o a terceros como: instalación errónea, usos diferentes de las indicaciones suministradas por Castel, forzamientos.

En caso de defectos o imperfecciones del producto, Castel se compromete sólo al reemplazo de los mismos sin reconocer, en ningún caso, derechos a resarcimientos por daños de cualquier especie.

Las características técnicas indicadas en este catálogo son indicativas. Castel se reserva el derecho de aportar variaciones o modificaciones a sus productos sin preaviso y en cualquier momento.

Los productos detallados en el presente manual están en conformidad con la norma de ley.



# VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS SERIE 22



## APLICACIÓN

Las válvulas de expansión termostáticas Castel serie 22 regulan el flujo de líquido refrigerante dentro de los evaporadores; la inyección de líquido es controlada por el sobrecalentamiento del refrigerante.

La nueva serie "22" de Castel ha sido proyectada para trabajar con el grupo orificio intercambiable, para asegurar la flexibilidad en la elección de las potencialidades, puede utilizarse en una amplia gama de aplicaciones, como se detalla a continuación:

- Sistemas de refrigeración (expositores para supermercados, mostradores frigoríficos, máquinas para helado y de hielo, transportes refrigerados, etc.)
- Sistemas para el aire acondicionado
- Sistemas de bomba de calor
- Enfriadores

que empleen los siguientes fluidos refrigerantes: R22, R134a, R404A, R407C; R507 pertenecientes al Grupo II (tal como se define en el Artículo 9, Punto 2.2 de la Directiva 97/23/CE, con referencia a la directiva 67/548/CEE).

## FUNCIONAMIENTO

Las válvulas de expansión termostáticas Castel funcionan como dispositivo de laminación del flujo entre el lado alta presión y el lado baja presión de una instalación frigorífica y garantizan que la cantidad de refrigerante que fluye al evaporador sea idéntica a la cantidad de líquido refrigerante que evapora en el evaporador. Si el sobrecalentamiento

efectivo es mayor que aquel programado, la válvula alimenta el evaporador con una cantidad mayor de líquido refrigerante, si el sobrecalentamiento efectivo es inferior al programado la válvula reduce la cantidad de líquido refrigerante que fluye al evaporador. De ese modo se consigue el máximo rendimiento del evaporador y se elimina el peligro que el refrigerante al estado líquido pueda llegar al compresor.

## FABRICACIÓN

La válvula de expansión termostática Castel serie 22 se compone de dos partes que deben trabajar juntas. La primera es el cuerpo que funciona como actuador del sistema de regulación, la segunda es el orificio que contiene el regulador y realiza la expansión del fluido refrigerante.

**Grupo cuerpo:** se compone de dos subgrupos: el elemento termostático y el cuerpo con todos los componentes internos.

El elemento termostático es el motor de la válvula, un bulbo sensible se conecta al grupo diafragma por medio de un tubo capilar de 1,5 metros, que transmite la presión presente en el bulbo hacia la cámara superior del grupo diafragma. La presión presente dentro del bulbo está directamente relacionada con la temperatura de la carga termostática es decir de la sustancia que contiene el bulbo.

El cuerpo es de latón forjado en caliente con conexiones de 90°. El grupo orificio intercambiable puede cambiarse a través de la conexión de entrada. Un árbol de acero, que pasa dentro del cuerpo, transfiere el movimiento del diafragma al obturador colocado dentro del grupo orificio. Cuando aumenta la presión de la carga termostática el diafragma se deforma, transfiriendo este desplazamiento al obturador que se aleja de su asiento y permite que el líquido pase.

Un resorte de contraste actúa bajo el diafragma y su carga se puede variar usando un tornillo de regulación lateral. Girando en sentido horario este tornillo lateral, se aumenta el sobrecalentamiento estático, mientras que girándolo en sentido antihorario disminuye.

El elemento termostático está estrechamente conectado al cuerpo forjado por medio de soldaduras a fin de evitar cualquier riesgo de fuga.

El grupo cuerpo puede proveerse de un ecualizador interno o externo, ambos tipos pueden suministrarse con uniones SAE Flare o con uniones a soldar (salida y ecualizador externo si está presente). Ya sea las bridas SAE Flare, que son necesarias para el tipo roscado, como el adaptador SAE/ODS de entrada para el tipo a soldar, tienen que pedirse por separado.

Cada grupo cuerpo se entrega con un grupo abrazadera, código G9150/R61, para fijar el bulbo a la tubería. Con este código se puede pedir por separado como repuesto.

Las partes principales del grupo cuerpo se realizan con los

siguientes materiales:

- Acero inoxidable para bulbo capilar, asiento diafragma, diafragma y árbol.
- Latón forjado en caliente EN 12420 – CW 617N para el cuerpo
- Latón EN 12164 – CW 614N para el tornillo de regulación del sobrecalentamiento y para el plato porta resorte
- Acero DIN 17223-1 para el resorte
- Tubo de cobre EN 12735-1 – Cu-DHP para las uniones a soldar

**Grupo orificio:** el grupo orificio intercambiable ofrece una amplia gama de potencialidades desde 0,5 hasta 15,5 kW (potencialidad nominal con R22). El asiento externo contiene los siguientes elementos: cuerpo, obturador (regulador de flujo), asiento, resorte y filtro. La fabricación sólida del grupo orificio y de sus componentes internos garantiza que obturador y asiento resistan a cualquier tipo de esfuerzo (golpe de ariete, cavitación, variaciones imprevistas de presión en temperatura, impurezas). El resorte tiene el obturador en contacto de forma estable con su asiento para minimizar el paso por medio de la válvula; sin embargo, para garantizar el cierre total se requiere de la instalación de una válvula solenoide en la entrada de la válvula de expansión termostática. Los grupos orificios se fabrican de dos formas:

- Con filtro de brida cónica, para válvulas con uniones roscadas SAE Flare
- Con filtro de brida plana, para válvulas con uniones a soldar ODS, para utilizar combinados con los adaptadores serie 2271.

Los filtros de los grupos orificio pueden limpiarse o incluso reemplazarse, en ese caso se encuentran disponibles los siguientes tipos de filtro para pedir por separado:

- Filtro 2290 para válvulas con uniones roscadas SAE Flare.
- Filtro 2290/S para válvulas con uniones a soldar ODS.

## CARGAS TERMOSTÁTICAS

**Carga líquida:** el comportamiento de válvulas con carga líquida está determinado exclusivamente por la variación de la temperatura en el bulbo y no está sujeto a ninguna interferencia ambiental. Se caracterizan por un tiempo de respuesta rápido y por lo tanto reaccionan con rapidez en el mando del circuito. Las válvulas de expansión termostáticas Castel con carga líquida no pueden incorporar la función MOP.

**Carga gaseosa:** el comportamiento de válvulas con carga gaseosa está determinado por la mínima temperatura presente en cualquier parte de la válvula de expansión (elemento termostático, tubo capilar o bulbo). Si cualquier parte que no sea el bulbo queda sujeta a la mínima temperatura, se puede producir un mal funcionamiento de la válvula de expansión (migración de la carga). Las válvulas de expansión termostáticas Castel con carga gaseosa incorporan siempre la función MOP y están dotadas de bulbo con compensador. El compensador en el bulbo tiene un

efecto atenuador en la regulación de la válvula y determina el comportamiento con aberturas lentas y cierres rápidos.

**MOP (Maximum Operating Pressure):** esta función limita a un valor máximo la presión de funcionamiento del evaporador a fin de proteger al compresor de condiciones de sobrecarga (Motor Overload Protection). El MOP es la presión de evaporación a la cual la válvula de expansión reducirá la inyección de líquido en el evaporador previniendo una subida posterior de la presión de evaporación. La válvula de expansión funciona como control del sobrecalentamiento en el campo normal de trabajo y trabaja como regulador de presión dentro del campo MOP.

El punto MOP cambiará si se cambia el valor de sobrecalentamiento fijado de fábrica. Las regulaciones del sobrecalentamiento afectan el punto MOP del siguiente modo:

- Aumento del sobrecalentamiento → disminución del MOP
- Disminución del sobrecalentamiento → disminución del MOP

**Sobrecalentamiento:** este es el parámetro de control de la válvula de expansión. El sobrecalentamiento, medido en la salida del evaporador se define como la diferencia entre la temperatura efectiva del bulbo y la temperatura de evaporación deducida la presión en el evaporador. Para evitar que el refrigerante al estado líquido llegue al compresor, debe ser mantenido un valor mínimo de sobrecalentamiento. En el funcionamiento de una válvula de expansión se usa la siguiente terminología:

- Sobrecalentamiento estático: es el sobrecalentamiento por encima del cual la válvula comienza a abrirse. Las válvulas de expansión termostáticas de Castel están calibradas de fábrica a un valor de sobrecalentamiento estático igual a:
  - 5 °C para las válvulas sin MOP
  - 4 °C para las válvulas con MOP a las condiciones nominales de referencia (ver tabla 2)
- Sobrecalentamiento de apertura: es el sobrecalentamiento, por encima del estático, necesario para producir una potencialidad específica de la válvula.
- Sobrecalentamiento operativo: es la suma del sobrecalentamiento estático más el de apertura.

**Sub-enfriamiento:** se define como la diferencia entre la temperatura de condensación (deducida de la presión de condensación) y la temperatura efectiva en la entrada de la válvula. El sub-enfriamiento en general aumenta la potencialidad de una instalación frigorífica y debe tenerse en cuenta cuando se dimensiona una válvula de expansión. En función del diseño del sistema, el sub-enfriamiento puede ser necesario para evitar la formación de burbujas de gas en la línea del líquido. Si se formaran burbujas de gas en la línea del líquido (flash gas) la potencialidad de la válvula de expansión se reduciría notablemente. Todas las tablas de las potencialidades, presentes en este capítulo, se calculan para un valor de sub-enfriamiento de 4 °C; si el



sub-enfriamiento efectivo es superior a 4 °C, la capacidad de la válvula está dada por la potencialidad requerida por el evaporador dividido por el factor de corrección indicado en las tablas presentes debajo cada tabla de potencialidad.

## SELECCIÓN

Para dimensionar de forma correcta una válvula de expansión termostática en una instalación frigorífica, deben estar disponibles los siguientes parámetros de diseño:

- Tipo de refrigerante
- Potencialidad del evaporador;  $Q_e$
- Temperatura/presión de evaporación;  $T_e / p_e$
- Mínima temperatura/presión de condensación;  $T_c / p_c$
- Temperatura del refrigerante líquido en la entrada de la válvula;  $T_1$
- Caída de presión en la línea del líquido, distribuidor, evaporador;  $\Delta p$

El procedimiento descrito a continuación ayuda a dimensionar de forma correcta la válvula de expansión en una instalación frigorífica.

### Punto 1

*Determinación de la caída de presión antes y después de la válvula.* La caída de presión se calcula mediante la fórmula:

$$\Delta p_{\text{tot}} = p_c - (p_e + \Delta p)$$

donde:

- $P_c$  = presión de condensación
- $P_e$  = presión de evaporación
- $\Delta p_{\text{tot}}$  = suma de las caídas de presión en la línea del líquido, distribuidor, evaporador

### Punto 2

*Determinación de la potencialidad requerida a la válvula.* Utilizar la potencialidad del evaporador  $Q_e$  para elegir, con una determinada temperatura de evaporación, la capacidad de válvula requerida. De ser necesario corregir la potencialidad del evaporador en función del valor de sub-enfriamiento. La potencialidad de un evaporador aumenta en el momento en el cual el refrigerante líquido sub-enfriado entra en el evaporador; por este motivo se puede seleccionar una válvula de menor dimensión. El sub-enfriamiento se calcula por medio de la fórmula:

$$\Delta T_{\text{sub}} = T_c - T_1$$

En la tabla de los factores de corrección para el sub-enfriamiento elegir el factor apropiado de corrección  $F_{\text{sub}}$ , que corresponde al valor  $\Delta T_{\text{sub}}$  calculado, y establecer la potencialidad requerida para la válvula con esta fórmula:

$$\Delta Q_{\text{sub}} = \frac{Q_e}{F_{\text{sub}}}$$

### Punto 3

*Determinación del tamaño de orificio requerido:* utilizar la presión a la entrada y a la salida de la válvula, la temperatura de evaporación y la potencialidad del evaporador calculada

para seleccionar el tamaño del orificio correspondiente en la tabla de la potencialidad que corresponde al fluido refrigerante elegido.

### Punto 4

*Elección de la carga termostática:* elegir el tipo de carga, líquido sin MOP o gaseoso con MOP y el campo de temperatura a operar, normal o baja temperatura.

### Punto 5

*Elección del tipo de ecualizador:* si se utiliza un distribuidor o si existe una importante diferencia de presión entre la entrada de la válvula y la posición de fijación del bulbo siempre es necesario elegir un ecualizador externo. Para terminar fijar el tipo de uniones y sus dimensiones.

### Punto 6

*Pedido de los componentes necesarios.* Si las uniones son SAE Flare pedir las siguientes piezas:

- El grupo cuerpo (ver tabla 1a y 1b)
- El grupo orificio, completo con filtro (ver tabla 2)

Si las uniones son ODS pedir las siguientes tres piezas:

- El grupo cuerpo (ver tabla 1a y 1b)
- El grupo orificio, completo con filtro (ver tabla 2)
- El adaptador a soltar (ver tabla 3)

## EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO

Tipo de refrigerante:	R134a
Potencialidad del evaporador; $Q_e$	6 [kW]
Temperatura de evaporación; $T_e$	-10 [°C]
Mínima temperatura de condensación; $T_c$	30 [°C]
Temperatura del refrigerante líquido; $T_1$	20 [°C]
Caída de presión en la línea del líquido, distribuidor, evaporador; $\Delta p$	1,5 [bar]

### Punto 1

*Determinación de la caída de presión antes y después de la válvula.*

- Presión de condensación a + 30 °C -  $P_c = 6,71$  bar
- Presión de evaporación a - 10 °C -  $P_e = 1,01$  bar

$$\Delta p_{\text{tot}} = 6,71 - (1,01 + 1,5) = 4,2 \text{ bar}$$

### Punto 2

*Determinación de la potencialidad requerida a la válvula.*

$$\Delta T_{\text{sub}} = 30 - 20 = 10 \text{ °C}$$

En la tabla de factores de corrección para el sub-enfriamiento 5b, en correspondencia con el valor  $\Delta T_{\text{sub}} = 10$  °C, se obtiene un factor de corrección  $F_{\text{sub}}$  igual a 1,08. La potencialidad requerida a la válvula es:

$$\Delta Q_{\text{sub}} = \frac{6}{1,08} = 5,55 \text{ kW}$$

### Punto 3

*Determinación del tamaño de orificio requerido.*

Utilizando la tabla de las potencialidades para el refrigerante

R134a, en la página 11, introducir los datos:

- Caída de presión antes y después de la válvula = 4,2 bar
- Temperatura de evaporación = - 10 °C
- Potencialidad calculada del evaporador = 5,55 kW

Para seleccionar el correspondiente orificio 2205 (Nota: la potencialidad de la válvula de expansión debe ser igual o levemente superior a la potencialidad calculada del evaporador)

## MARCADURA

Los principales datos de la válvula se indican en la cara superior del elemento termostático y en la superficie lateral del asiento del grupo orificio.

En el elemento termostático se encuentran los siguientes datos:

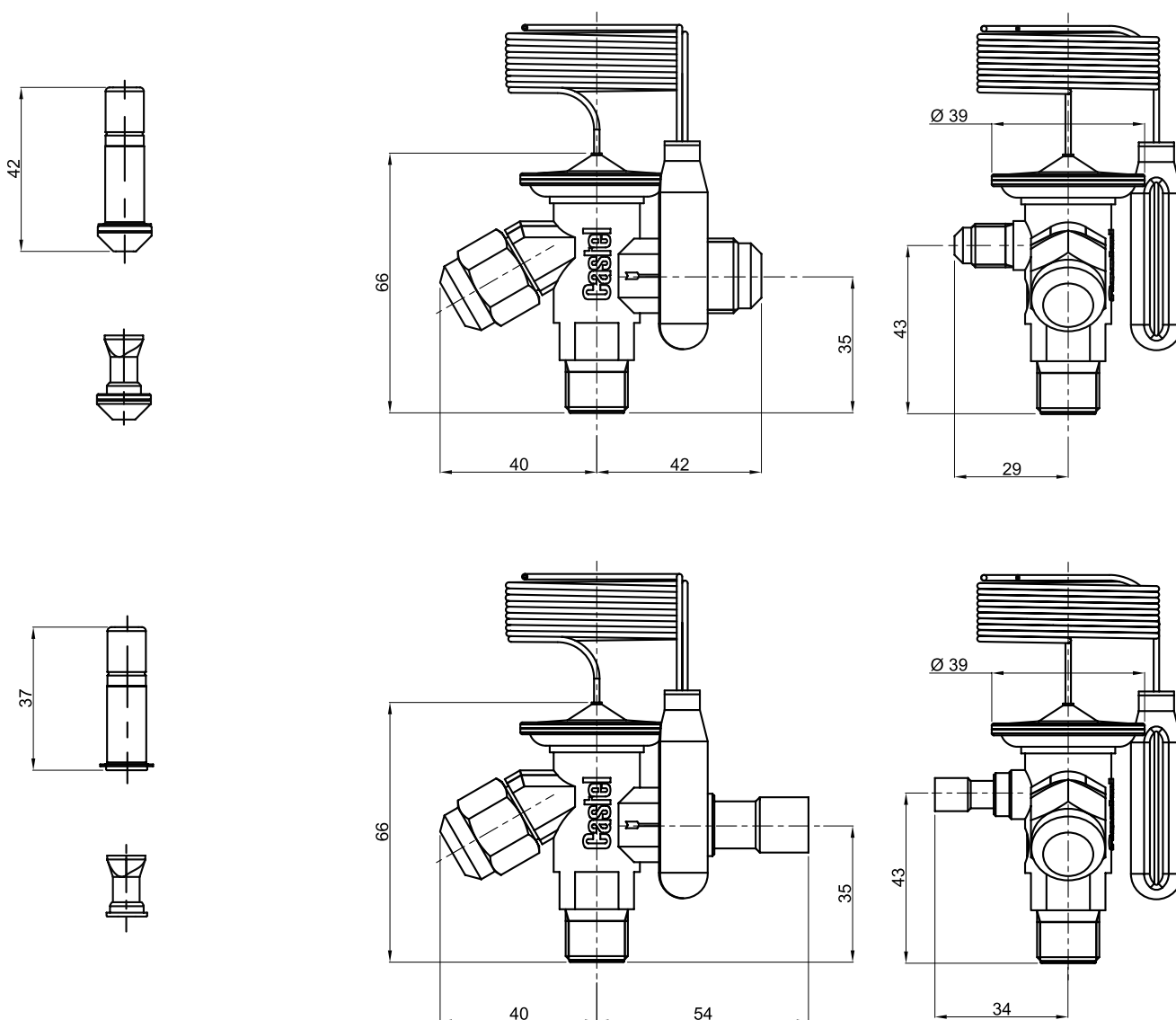
- Código de la válvula

- Fluido refrigerante
- Campo de temperatura de evaporación
- Valor del MOP, si está presente
- Máxima presión admisible (PS):
- Fecha de producción

En el compartimiento del grupo orificio se encuentran los siguientes datos:

- Tamaño del orificio
- Fecha de producción

En la tapa de plástico del paquete que contiene el grupo orificio se indica el tamaño del orificio. Esta tapa puede fijarse con facilidad al tubo capilar de la válvula para identificar con claridad el tamaño del orificio presente dentro de la misma válvula.



**TABLA 1A: Características generales de los grupos cuerpo de las válvulas de expansión termostáticas de carga líquida**

Número catálogo		Uniones							Refrigerante	Campo temperaturas de evaporación [°C]	MOP	Máxima temperatura del bulbo [°C]	TS [°C]		PS [bar]	Categoría de riesgo según PED							
Ecuador interno	Ecuador externo	SAE Flare			ODS [mm]		ODS [in]																
		IN	OUT	Equal.	OUT	Equal.	OUT	Equal.															
2210/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	-	R22 R407C	- 40 → + 10	no presente	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3							
2210/M12S			-	12	-	-	-																
2210/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2210/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2210/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2210/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																
2220/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	R134a									- 40 → + 10	no presente	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3
2220/M12S			-	12	-	-	-																
2220/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2220/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2220/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2220/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																
2230/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-		R404A R507	- 40 → + 10	no presente	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3							
2230/M12S			-	12	-	-	-																
2230/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2230/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2230/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2230/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																

(1) : con válvula instalada. 60°C con elemento no montado

**TABLA 1B: Características generales de los grupos cuerpo de las válvulas de expansión termostáticas de carga MOP**

Número catálogo		Uniones							Refrigerante	Campo temperaturas de evaporación [°C]	MOP	Máxima temperatura del bulbo [°C]	TS [°C]		PS [bar]	Categoría de riesgo según PED							
Ecuador interno	Ecuador externo	SAE Flare			ODS [mm]		ODS [in]																
		IN	OUT	Equal.	OUT	Equal.	OUT	Equal.															
2211/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	R22 R407C	- 40 → + 10	+ 15 °C (95 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3								
2211/M12S			-	12	-	-	-																
2211/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2211/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2211/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2211/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																
2221/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-									R134a	- 40 → + 10	+ 15 °C (55 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3
2221/M12S			-	12	-	-	-																
2221/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2221/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2221/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2221/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																
2231/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	R404A R507	- 40 → + 10	+ 15 °C (120 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3								
2231/M12S			-	12	-	-	-																
2231/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2231/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2231/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2231/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																
2234/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-									R404A R507	- 60 → - 25	- 20 °C (30 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3
2234/M12S			-	12	-	-	-																
2234/4S			-	-	-	1/2"	-																
-	2234/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																	
-	2234/M12SE	-	-	12	6	-																	
-	2234/4SE	-	-	-	-	1/2"	1/4"																

(1) : con válvula instalada. 60°C con elemento no montado

**TABLA 2: Grupo orificios – Potencialidades nominales en kW** Número catálogo

Número catálogo		Campo temperaturas de evaporación [°C]			
Válvulas con uniones SAE Flare	Válvulas con uniones ODS	- 40 → + 10			- 60 → - 25
		R22 R407C	R134a	R404A R507	R404A R507
220X	220X/S	0,5	0,4	0,38	0,38
2200	2200/S	1,0	0,9	0,7	0,7
2201	2201/S	2,5	1,8	1,6	1,6
2202	2202/S	3,5	2,6	2,1	2,1
2203	2203/S	5,2	4,6	4,2	3,5
2204	2204/S	8,0	6,7	6,0	4,9
2205	2205/S	10,5	8,6	7,7	6,0
2206	2206/S	15,5	10,5	9,1	6,6

Las potencialidades nominales, para el campo de temperaturas - 40 → - 10, se refieren a:

- Temperatura de evaporación  $T_{evap} = + 5 \text{ °C}$
- Temperatura de condensación  $T_{cond} = + 32 \text{ °C}$
- Temperatura del líquido en la entrada de la válvula  $T_{liq} = + 28 \text{ °C}$

Las potencialidades nominales, para el campo de temperaturas - 60 → - 25, se refieren a:

- Temperatura de evaporación  $T_{evap} = - 30 \text{ °C}$
- Temperatura de condensación  $T_{cond} = + 32 \text{ °C}$
- Temperatura del líquido en la entrada de la válvula  $T_{liq} = + 28 \text{ °C}$

**TABLA 3: Adaptadores ODS**

Número de catálogo	Uniones ODS	
	[in]	[mm]
2271/M6S	-	6
2271/2S	1/4"	-
2271/3S	3/8"	-
2271/M10S	-	10

**TABLA 4A: Refrigerante R22/R407C – Potencialidad en kW por campo de temperatura - 40°C → + 10°C**

Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16		2	4	6	8	10	12	14	16
Temperatura de evaporación = + 10 °C									Temperatura de evaporación = 0 °C								
220X	0,37	0,48	0,55	0,60	0,63	0,65	0,65	0,67	220X	0,37	0,48	0,55	0,59	0,63	0,65	0,66	0,66
2200	0,87	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	2200	0,84	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
2201	2,2	2,8	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,8	2201	1,9	2,4	2,7	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3
2202	3,0	4,0	4,7	5,1	5,4	5,6	5,8	5,8	2202	2,6	3,4	4,0	4,3	4,6	4,8	4,9	5,0
2203	5,4	7,2	8,3	9,1	9,7	10,0	10,2	10,3	2203	4,6	6,1	7,1	7,8	8,2	8,5	8,7	8,8
2204	8,1	10,8	12,5	13,8	14,5	15,0	15,5	15,5	2204	6,9	9,1	10,5	11,5	12,2	12,7	13,0	13,2
2205	10,2	13,6	15,7	17,2	18,3	18,9	19,3	19,5	2205	8,8	11,6	13,3	14,6	15,5	16,1	16,4	16,6
2206	12,6	16,7	19,3	21,0	22,3	23,1	23,5	23,7	2206	10,8	14,2	16,3	17,8	18,9	19,6	20,0	20,2
Temperatura de evaporación = - 10 °C									Temperatura de evaporación = - 20 °C								
220X	0,37	0,47	0,53	0,57	0,60	0,63	0,64	0,64	220X		0,44	0,50	0,54	0,57	0,59	0,61	0,61
2200	0,79	0,96	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	2200		0,88	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
2201	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2201		1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,3
2202	2,2	2,9	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,1	2202		2,4	2,7	2,9	3,1	3,2	3,3	3,3
2203	3,9	5,1	5,9	6,4	6,8	7,1	7,3	7,3	2203		4,2	4,8	5,2	5,5	5,8	5,9	6,0
2204	5,8	7,6	8,7	9,5	10,1	10,5	10,8	10,9	2204		6,2	7,1	7,7	8,2	8,5	8,7	8,8
2205	7,4	9,6	11,0	12,0	12,8	13,3	13,6	13,8	2205		7,9	9,0	9,8	10,3	10,8	11,0	11,2
2206	9,1	11,6	13,5	14,7	15,6	16,2	16,6	16,8	2206		9,6	11,0	11,9	12,6	13,1	13,5	13,7
Temperatura de evaporación = - 30 °C									Temperatura de evaporación = - 40 °C								
220X		0,40	0,45	0,49	0,52	0,55	0,56	0,57	220X			0,42	0,45	0,48	0,50	0,52	0,53
2200		0,79	0,9	0,96	1,0	1,1	1,1	1,1	2200			0,8	0,86	0,92	0,95	0,98	0,99
2201		1,4	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2201			1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
2202		1,9	2,2	2,7	2,5	2,6	2,6	2,7	2202			1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1
2203		3,4	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8	2203			3,1	3,4	3,5	3,7	3,8	3,8
2204		5,0	5,7	6,2	6,6	6,8	7,0	7,1	2204			4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
2205		6,4	7,2	7,8	8,3	8,6	8,8	9,0	2205			5,8	6,3	6,6	6,9	7,1	7,2
2206		7,8	8,8	9,6	10,1	10,5	10,8	11,0	2206			7,1	7,7	8,1	8,4	8,7	8,8

**TABLA 4B: Refrigerante R22/R407C – Factor de corrección para sub-enfriamiento  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$** 

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,06	1,11	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,44

Quando el sub-enfriamiento en la entrada de la válvula es diferente de 4 °C , corregir la potencialidad del evaporador dividiéndola por el factor de corrección apropiado que se busca en la Tabla 4B.

**TABLA 5A: Refrigerante R134a – Potencialidad en kW por campo de temperatura - 40°C → + 10°C**

Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]					Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
Temperatura de evaporación = + 10 °C						Temperatura de evaporación = 0 °C					
220X	0,34	0,43	0,47	0,50	0,51	220X	0,33	0,42	0,46	0,47	0,49
2200	0,71	0,86	0,93	0,97	0,98	2200	0,65	0,78	0,86	0,89	0,91
2201	1,5	1,9	2,1	2,2	2,2	2201	1,3	1,6	1,7	1,8	1,8
2202	2,0	2,6	3,0	3,1	3,2	2202	1,7	2,2	2,4	2,6	2,6
2203	3,6	4,7	5,3	5,6	5,8	2203	3,0	3,9	4,4	4,6	4,7
2204	5,4	7,0	7,8	8,3	8,6	2204	4,5	5,7	6,4	6,8	7,0
2205	6,9	8,9	9,9	10,8	10,9	2205	5,7	7,3	8,1	8,6	8,8
2206	8,4	10,8	12,1	12,8	13,2	2206	7,0	8,9	1,0	10,5	10,8
Temperatura de evaporación = - 10 °C						Temperatura de evaporación = - 20 °C					
220X	0,30	0,36	0,43	0,44	0,44	220X	0,28	0,35	0,39	0,41	0,42
2200	0,59	0,70	0,77	0,81	0,82	2200	0,53	0,62	0,69	0,72	0,73
2201	1,0	1,3	1,4	1,5	1,5	2201	0,81	1,0	1,1	1,2	1,2
2202	1,4	1,8	2,0	2,1	2,1	2202	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7
2203	2,5	3,1	3,5	3,7	3,8	2203	2,0	2,5	2,8	2,9	3,0
2204	3,6	4,6	5,1	5,4	5,6	2204	2,9	3,6	4,0	4,3	4,4
2205	4,6	5,8	6,5	6,9	7,1	2205	3,7	4,6	5,1	5,4	5,5
2206	5,7	7,1	8,0	8,4	8,6	2206	4,5	5,6	6,2	6,6	6,8
Temperatura de evaporación = - 30 °C						Temperatura de evaporación = - 40 °C					
220X	0,25	0,32	0,35	0,37	0,38	220X	0,23	0,28	0,32	0,33	0,34
2200	0,48	0,55	0,61	0,64	0,64	2200	0,44	0,50	0,54	0,56	0,57
2201	0,66	0,80	0,88	0,93	0,95	2201	0,54	0,65	0,72	0,78	0,77
2202	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	2202	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0
2203	1,6	2,0	2,2	2,3	2,3	2203	1,3	1,6	1,8	1,9	1,9
2204	2,3	2,9	3,2	3,3	3,4	2204	1,9	2,3	2,6	2,7	2,7
2205	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3	2205	2,4	2,9	3,2	3,5	3,5
2206	3,6	4,4	4,9	5,2	5,3	2206	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3

**TABLA 5B: Refrigerante R134a – Factor de corrección para sub-enfriamiento  $\Delta t_{sub} > 4^\circ C$**

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,08	1,13	1,19	1,25	1,31	1,37	1,42	1,48	1,54

Cuando el sub-enfriamiento en la entrada de la válvula es diferente de 4 °C , corregir la potencialidad del evaporador dividiéndola por el factor de corrección apropiado que se busca en la Tabla 5B.

**TABLA 6A: Refrigerante R404A/R507 – Potencialidad en kW por campo de temperatura - 40°C → + 10°C**

Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16		2	4	6	8	10	12	14	16
Temperatura de evaporación = + 10 °C									Temperatura de evaporación = 0 °C								
220X	0,28	0,35	0,40	0,42	0,43	0,43	0,42	0,41	220X	0,30	0,37	0,41	0,42	0,43	0,43	0,43	0,41
2200	0,67	0,82	0,90	0,94	0,96	0,96	0,93	0,90	2200	0,68	0,80	0,87	0,90	0,92	0,93	0,91	0,87
2201	1,70	2,10	2,30	2,42	2,48	2,46	2,41	2,34	2201	1,53	1,86	2,04	2,13	2,18	2,18	2,15	2,08
2202	2,32	3,00	3,39	3,61	3,73	3,74	3,68	3,59	2202	2,06	2,64	2,95	3,13	3,22	3,25	3,21	3,11
2203	4,15	5,36	6,03	6,43	6,63	6,66	6,55	6,39	2203	3,68	4,72	5,27	5,59	5,75	5,80	5,73	5,55
2204	6,24	8,06	9,06	9,66	9,95	9,98	9,81	9,57	2204	5,49	7,15	7,86	8,33	8,58	8,64	8,53	8,27
2205	7,91	10,17	11,43	12,16	12,53	12,56	12,34	12,03	2205	6,97	8,92	9,95	10,52	10,83	10,90	10,76	10,43
2206	9,71	12,47	13,98	14,86	15,29	15,31	15,05	14,66	2206	8,57	10,93	12,16	12,85	13,21	13,30	13,12	12,72
Temperatura de evaporación = - 10 °C									Temperatura de evaporación = - 20 °C								
220X	0,30	0,37	0,40	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	220X		0,35	0,38	0,40	0,39	0,40	0,39	0,38
2200	0,65	0,76	0,82	0,84	0,87	0,87	0,85	0,83	2200		0,70	0,75	0,77	0,79	0,79	0,79	0,76
2201	1,31	1,61	1,74	1,81	1,84	1,85	1,84	1,78	2201		1,34	1,45	1,50	1,52	1,52	1,51	1,47
2202	1,76	2,24	2,50	2,62	2,69	2,71	2,68	2,60	2202		1,85	2,04	2,14	2,17	2,18	2,16	2,09
2203	3,14	4,02	4,47	4,69	4,81	4,84	4,79	4,65	2203		3,32	3,66	3,83	3,89	3,90	3,86	3,75
2204	4,66	5,97	6,61	6,95	7,13	7,18	7,11	6,91	2204		4,88	5,40	5,64	5,75	5,77	5,71	5,56
2205	5,93	7,57	8,39	8,81	9,02	9,08	8,99	8,73	2205		6,20	6,86	7,17	7,29	7,31	7,23	7,05
2206	7,28	9,27	10,26	10,76	11,00	11,08	10,97	10,65	2206		7,60	8,39	8,75	8,91	8,93	8,84	8,61
Temperatura de evaporación = - 30 °C									Temperatura de evaporación = - 40 °C								
220X			0,35	0,37	0,36	0,37	0,36	0,35	220X			0,32	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32
2200			0,67	0,70	0,70	0,70	0,69	0,67	2200			0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59
2201			1,18	1,21	1,23	1,21	1,20	1,17	2201			0,92	0,96	0,97	0,96	0,94	0,91
2202			1,63	1,69	1,71	1,70	1,68	1,64	2202			1,27	1,32	1,33	1,31	1,28	1,24
2203			2,93	3,04	3,07	3,06	3,02	2,93	2203			2,28	2,36	2,38	2,36	2,31	2,24
2204			4,28	4,47	4,52	4,51	4,46	4,35	2204			3,34	3,47	3,50	3,48	3,42	3,33
2205			5,45	5,68	5,74	5,74	5,67	5,52	2205			4,25	4,41	4,45	4,43	4,36	4,24
2206			6,66	6,94	7,02	7,01	6,93	6,75	2206			5,19	5,39	5,45	5,42	5,33	5,19

**TABLA 6B: Refrigerante R404A/R507 – Factor de corrección para sub-enfriamiento  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$**

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

Cuando el sub-enfriamiento en la entrada de la válvula es diferente de 4 °C , corregir la potencialidad del evaporador dividiéndola por el factor de corrección apropiado que se busca en la Tabla 6B.

**TABLA 7A: Refrigerante R404A/R507 – Potencialidad en kW por campo de temperatura - 60°C → - 25°C**

Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								Código orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16		2	4	6	8	10	12	14	16
Temperatura de evaporación = - 25 °C									Temperatura de evaporación = - 30 °C								
2200	0,57	0,67	0,72	0,73	0,74	0,85	0,74	0,71	2200	0,53	0,64	0,67	0,70	0,70	0,70	0,69	0,67
2201	0,98	1,20	1,31	1,36	1,37	1,37	1,35	1,31	2201	0,88	1,07	1,18	1,21	1,23	1,21	1,20	1,17
2202	1,31	1,65	1,83	1,91	1,93	1,93	1,90	1,85	2202	1,18	1,47	1,63	1,69	1,71	1,70	1,68	1,64
2203	2,35	2,97	3,28	3,42	3,47	3,46	3,42	3,32	2203	2,12	2,65	2,93	3,04	3,07	3,05	3,02	2,93
2204	3,45	4,37	4,82	5,04	5,11	5,12	5,06	4,93	2204	3,09	3,88	4,28	4,47	4,52	4,51	4,46	4,35
2205	4,40	5,56	6,14	6,40	6,49	6,49	6,42	6,26	2205	3,94	4,94	5,45	5,68	5,74	5,74	5,67	5,52
2206	5,40	6,30	7,49	7,81	7,93	7,93	7,85	7,64	2206	4,83	6,06	6,66	6,94	7,02	7,01	6,93	6,75
Temperatura de evaporación = - 40 °C									Temperatura de evaporación = - 50 °C								
2200		0,56	0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59	2200		0,49	0,53	0,54	0,54	0,53	0,52	0,50
2201		0,65	0,72	0,75	0,77	0,77	0,77	0,75	2201		0,51	0,57	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59
2202		1,17	1,27	1,32	1,33	1,31	1,28	1,24	2202		0,91	0,99	1,02	1,02	1,01	0,98	0,95
2203		2,09	2,28	2,36	2,38	2,36	2,31	2,24	2203		1,63	1,73	1,84	1,84	1,81	1,78	1,72
2204		3,03	3,34	3,47	3,50	3,48	3,42	3,33	2204		2,36	2,60	2,69	2,71	2,68	2,63	2,56
2205		3,87	4,25	4,41	4,45	4,43	4,36	4,24	2205		3,02	3,30	3,43	3,45	3,42	3,35	3,26
2206		4,73	5,19	5,39	5,45	5,47	5,33	5,19	2206		3,69	4,04	4,20	4,22	4,18	4,12	4,00
Temperatura de evaporación = - 60 °C																	
2200			0,46	0,48	0,47	0,45	0,45	0,43									
2201			0,58	0,60	0,60	0,58	0,56	0,54									
2202			0,78	0,80	0,80	0,78	0,75	0,72									
2203			1,40	1,44	1,43	1,40	1,36	1,30									
2204			2,04	2,11	2,11	2,07	2,03	1,96									
2205			2,59	2,69	2,66	2,65	2,59	2,50									
2206			3,16	3,28	3,30	3,25	3,18	3,07									

**TABLA 7B: Refrigerante R404A/R507 – Factor de corrección para sub-enfriamiento  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$** 

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

Cuando el sub-enfriamiento en la entrada de la válvula es diferente de 4 °C , corregir la potencialidad del evaporador dividiéndola por el factor de corrección apropiado que se busca en la Tabla 7B.



# VÁLVULAS DE EXPANSIÓN DE SOLENOIDE PWM CON ORIFICIO INTERCAMBIABLE



## APLICACIÓN

La válvula de expansión de solenoide Castel serie 2028 regula el flujo de líquido refrigerante al evaporador mediante la modulación del tiempo de apertura del obturador, permitiendo un amplio intervalo de variación de la potencia. Esta válvula debe acoplarse a una bobina tipo HM4 (ver tabla 2), conducida por un dispositivo de regulación de tipo electrónico (no suministrado por Castel). Se utiliza típicamente en sistemas de refrigeración, sobre todo en mostradores refrigerantes que se utiliza en las Grandes Superficies comerciales, que empleen los siguientes fluidos refrigerantes: R22, R134a, R404A, R407C; R410A, R507 pertenecientes al Grupo II (tal como se define en el Artículo 9, Punto 2.2 de la Directiva 97/23/CE, con referencia a la directiva 67/548/CEE).

## FUNCIONAMIENTO

La válvula serie 2028 es un dispositivo de laminación de flujo que recibe el líquido del condensador y lo introduce en el evaporador, realizando el necesario salto de presión en la tobera de expansión.

Es una válvula ON / OFF que debe ser regulada según el criterio de modulación de amplitud de impulso, mejor conocido como "Pulse Width Modulation" (PWM) y se presta a ser conducida por una electrónica de control bastante simplificada. Según este principio, fijado un

período T de referencia propio del regulador, el caudal QT de refrigerante solicitado por el evaporador en el mismo período es suministrado por la válvula en un intervalo de tiempo t inferior al período T, durante el cual pasa el máximo caudal (fase ON). Durante el restante intervalo de tiempo T – t la válvula permanece cerrada (fase OFF).

Por lo tanto, para una regulación eficaz de la válvula PWM debe dimensionarse de modo tal que, en las condiciones de carga más forzadas, se pueda suministrar una cantidad de refrigerante suficiente para satisfacer el requerimiento, bajo estas condiciones extremas la válvula quedará abierta durante todo el período T.

El uso de un regulador electrónico permite tener una dosificación más precisa del refrigerante consiguiendo un rendimiento mayor con el paso del tiempo (y por lo tanto una disminución sensible de los costos de gestión de las máquinas) y también una respuesta más rápida a las variaciones de carga del evaporador.

## FABRICACIÓN

Las últimas dos cifras del código de la válvula indican el tipo de orificio montado de fábrica en la válvula; por ejemplo una válvula código 2028/3S02 es una válvula con uniones a soldar de 3/8" con un orificio tipo 02. Los orificios son intercambiables y pueden instalarse incluso cuando la válvula se suelda a la instalación; en ese caso si se desea cambiar el orificio es necesario comprar el correspondiente kit, según la codificación presente en la tabla 3.

Las partes principales de las válvulas 2028 se realizan con los siguientes materiales:

- Latón EN 12164 – CW 614N-M para el cuerpo y el manguito de asiento del núcleo móvil
- Acero inoxidable ferrítico EN 10088-3 – 1.4105 para el núcleo fijo y el núcleo móvil
- Acero inoxidable austenítico EN 10088-3 – 1.4301 para el filtro
- Acero inoxidable austenítico EN 10088-3 – 1.4305 para el orificio
- P.T.F.E. para las juntas de estanqueidad asiento.
- Goma cloropreno (CR) para las guarniciones de estanqueidad hacia afuera

## BOBINAS Y CONECTORES

Las bobinas que pueden utilizarse para esta válvula son del tipo HM4. La tabla 2 resume las principales características de las bobinas y de los conectores que se pueden acoplar a dichas bobinas. Para mayor información sobre las características técnicas de las bobinas tipo HM4 y de sus conectores dedicados consultar el manual de "Válvulas solenoides".

## SELECCIÓN

Para dimensionar de forma correcta una válvula PWM serie 2028 en una instalación frigorífica, deben estar disponibles los siguientes parámetros de diseño:

- Tipo de refrigerante
- Potencialidad del evaporador;  $Q_e$
- Temperatura/presión de evaporación;  $T_e / p_e$
- Mínima temperatura/presión de condensación;  $T_c / p_c$
- Temperatura del refrigerante líquido en la entrada de la válvula;  $T_l$
- Caída de presión en la línea del líquido, distribuidor, evaporador;  $\Delta p$

El procedimiento descrito a continuación ayuda a dimensionar de forma correcta la válvula de expansión en una instalación frigorífica.

### Punto 1

*Determinación de la caída de presión antes y después de la válvula.* La caída de presión se calcula mediante la fórmula:

$$\Delta p_{tot} = p_c - (p_e + \Delta p)$$

donde:

- $P_c$  = presión de condensación
- $P_e$  = presión de evaporación
- $\Delta p$  = suma de las caídas de presión en la línea del líquido, distribuidor, evaporador con el caudal máximo, es decir con válvula siempre abierta

### Punto 2

*Corrección de la potencialidad del evaporador en presencia de sub-enfriamiento.* La potencialidad  $Q_e$  del evaporador debe corregirse debidamente en función del valor de sub-enfriamiento. El sub-enfriamiento se calcula por medio de la fórmula:

$$\Delta T_{sub} = T_c - T_l$$

En la tabla de los factores de corrección para el sub-enfriamiento elegir el factor apropiado de corrección  $F_{sub}$ , que corresponde al valor  $\Delta T_{sub}$  calculado, y establecer la potencialidad requerida para la válvula con esta fórmula:

$$Q_{sub} = F_{sub} \times Q_e$$

### Punto 3

*Corrección de la potencialidad según la aplicación.* Para que la válvula regule de forma correcta es necesario sobredimensionarla de modo que, dentro del período de control, permanezca cerrada por una fracción de tiempo comprendida entre 50% y 25%. La elección de este margen de potencia depende de la aplicación, que puede prever picos de caudal variables, y del algoritmo de control utilizado por la centralita electrónica.

En general, este factor de corrección  $F_{ev}$  está estrechamente vinculado con la temperatura de evaporación  $T_e$  y se puede considerar igual al 125% para  $T_e \geq -15^\circ\text{C}$  y al 150% para  $T_e < -15^\circ\text{C}$ . Estos valores genéricos deben comprobarse

dependiendo de su aplicación especial.

La capacidad de la válvula deberá ser, por lo menos, igual a:

$$Q_{ev} = F_{ev} \times Q_{sub}$$

### Punto 4

*Determinación del tamaño de orificio requerido.* Utilizar la presión a la entrada y a la salida de la válvula, la temperatura de evaporación y la potencialidad correcta  $Q_{ev}$  arriba calculada para seleccionar el tamaño de orificio correspondiente en la tabla de potencialidad que corresponde al fluido refrigerante elegido.

### Punto 5

*Dimensionamiento de la línea del líquido.* Dado que la válvula tiene un criterio de funcionamiento on-off, en la fase de apertura el caudal puede crecer de forma considerable con respecto a su valor medio en el período. Es por este motivo que el diseñador deberá dimensionar el diámetro de los tubos de la línea del líquido según el caudal máximo que fluye de la tobera en las condiciones reales  $\Delta p_{tot}$  y para que la pérdida de carga no provoque una disminución de la potencia máxima de la válvula.

## EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO

Tipo de refrigerante:	R404A
Potencialidad del evaporador; $Q_e$	2,8 [kW]
Temperatura de evaporación; $T_e$	-5 [°C]
Mínima temperatura de condensación; $T_c$	35 [°C]
Temperatura del refrigerante líquido; $T_l$	20 [°C]
Caída de presión en la línea del líquido, distribuidor, evaporador; $\Delta p$	2 [bar]

### Punto 1

*Determinación de la caída de presión antes y después de la válvula.*

- Presión de condensación a + 35 °C -  $P_c = 16,9$  bar
- Presión de evaporación a - 5 °C -  $P_e = 5,14$  bar

$$\Delta p_{tot} = 16,9 - (5,14 + 2) = 9,76 \text{ bar}$$

### Punto 2

*Determinación de la potencialidad requerida a la válvula.*

$$\Delta T_{sub} = 35 - 20 = 15 \text{ °C}$$

En la tabla de factores de corrección para el sub-enfriamiento 9, en correspondencia con el valor  $\Delta T_{sub} = 15 \text{ °C}$ , se obtiene un factor de corrección  $F_{sub}$  igual a 0,83. La potencialidad requerida a la válvula es:

$$Q_{sub} = 0,83 \times 2,8 = 2,324 \text{ kW}$$

### Punto 3

*Corrección de la potencialidad según la aplicación.* En función del criterio general arriba indicado, aplicamos un aumento del 25% a la potencialidad apenas calculada:

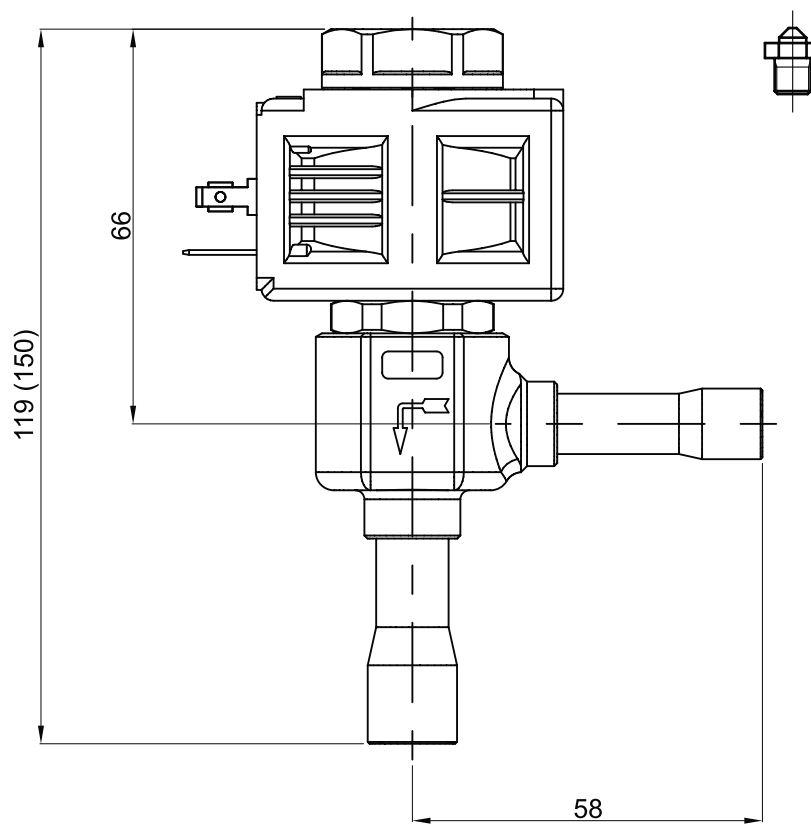
$$Q_{ev} = 1,25 \times 2,324 = 2,91 \text{ kW}$$

#### Punto 4

*Determinación del tamaño de orificio requerido.* Utilizando la tabla de las potencialidades para el refrigerante R404A, en la página 17, introducir los datos:

- Caída de presión antes y después de la válvula = 9,76 bar
- Temperatura de evaporación = - 5 °C
- Potencialidad calculada del evaporador = 2,91 kW

Para seleccionar el correspondiente orificio O4 (Nota: la potencialidad de la válvula de expansión debe ser igual o levemente superior a la potencialidad calculada del evaporador)



**TABLA 1: Características generales de las válvulas de expansión PWM**

Número catálogo	Uniones ODS				Agujero orificio [mm]	Factor Kv [m³/h]	Presión diferencial de abertura [bar]			Principio de funcionamiento	Tiempo mínimo de intervención [s]	TS [°C]		PS [bar]	Categoría de riesgo según PED
	[in]		[mm]				MinOPD	MOPD				min.	max.		
	IN	OUT	IN	OUT				AC	DC						
2028/3S01	3/8"	1/2"	-	-	0,5	0,010	0	18	18	PWM (Pulse Width Modulating)	1	-40	100	45	Art. 3.3
2028/M10S01	-	-	10	12											
2028/3S02	3/8"	1/2"	-	-	0,7	0,017									
2028/M10S02	-	-	10	12											
2028/3S03	3/8"	1/2"	-	-	0,8	0,023									
2028/M10S03	-	-	10	12											
2028/3S04	3/8"	1/2"	-	-	1,1	0,043									
2028/M10S04	-	-	10	12											
2028/3S05	3/8"	1/2"	-	-	1,3	0,065									
2028/M10S05	-	-	10	12											
2028/3S06	3/8"	1/2"	-	-	1,7	0,113									
2028/M10S06	-	-	10	12											
2028/4S07	1/2"	5/8"	-	-	2,3	0,200									
2028/M12S07	-	-	12	16											
2028/4S08	1/2"	5/8"	-	-	2,5	0,230									
2028/M12S08	-	-	12	16											
2028/4S09	1/2"	5/8"	-	-	2,7	0,250									
2028/M12S09	-	-	12	16											

**TABLA 2: Características generales bobinas**

Tipo bobina	Número catálogo	Tensión [V]	Tolerancia tensiones [%]	Frecuencia [Hz]	Absorción a 20 °C [mA]				Conexiones	
					Arranque		Ejercicio		Grado de protección IP65	Grado de protección IP65/IP68
					50 [Hz]	D.C.	50 [Hz]	D.C.		
HM4	9160/RA2	24 A.C.	+6 / -10	50	1490	-	700	-	9150/R02	9155/R01
	9160/RA4	110 A.C.			330		156			
	9160/RA6	220/230 A.C.			162		76			
	9160/RD1	12 D.C.	-	1350	1350					
	9160/RD2	24 D.C.		650	650					

**TABLA 3: Orificios – Potencialidades nominales en kW**

Número catálogo	Tipo orificio	Agujero orificio [mm]	Refrigerante				
			R22	R134a	R404A R507	R407C	R410A
9150/R63	01	0,5	1,0	0,9	0,8	1,1	1,3
9150/R64	02	0,7	1,9	1,7	1,6	2,0	2,4
9150/R65	03	0,8	2,5	2,0	1,9	2,4	3,0
9150/R66	04	1,1	3,9	3,2	2,9	3,8	4,8
9150/R67	05	1,3	6,7	5,6	5,1	6,7	8,4
9150/R68	06	1,7	9,2	7,7	7,0	9,1	11,4
9150/R69	07	2,3	14,7	12,2	11,3	15,3	18,2
9150/R78	08	2,5	17,4	14,7	13,5	17,7	21,6
9150/R79	09	2,7	19,3	16,3	15,0	19,6	24,1

Las potencialidades nominales se refieren a:

- Temperatura de evaporación  $T_{evap} = + 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de condensación  $T_{cond} = + 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura del líquido en la entrada de la válvula  $T_{liq} = + 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$

**TABLA 4: Refrigerante R22 – Potencialidad en kW**

Tipo orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
02	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
03	1,7	2,2	2,5	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0
04	2,7	3,5	3,9	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7
05	4,7	6,0	6,7	7,3	7,6	7,8	7,9	8,1	8,1
06	6,4	8,3	9,2	9,9	10,4	10,6	10,8	11,0	11,0
07	10,3	13,2	14,7	15,8	16,6	17,0	17,3	17,6 (1)	17,6 (2)
08	12,2	15,7	17,4	18,8	19,7	20,2	20,5	20,9 (1)	20,9 (2)
09	13,5	17,4	19,3	20,8	21,8	22,4 (1)	22,8 (2)	23,2 (2)	23,2 (2)

(1) : Diferencial de presión no disponible con bobinas 9160/RD2

(2) : Diferencial de presión no disponible con bobinas 9160/RD1 y 9160/RD2

**TABLA 5: Refrigerante R134a – Potencialidad en kW**

Tipo orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
02	1,2	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8
03	1,4	1,8	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
04	2,3	2,9	3,2	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5
05	3,9	5,0	5,6	6,0	6,1	6,2	6,2	6,1	6,0
06	5,4	6,9	7,7	8,2	8,4	8,5	8,5	8,4	8,2
07	8,5	10,9	12,2	13,0	13,4	13,5	13,5	13,4 (1)	13,0 (2)
08	10,3	13,2	14,7	15,7	16,2	16,3	16,3	16,2 (1)	15,7 (2)
09	11,4	14,7	16,3	17,4	17,9	18,1 (1)	18,1 (2)	17,9 (2)	17,4 (2)

**TABLA 6: Refrigerante R404A/R507 – Potencialidad en kW**

Tipo orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
02	1,1	1,4	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5
03	1,3	1,7	1,9	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9
04	2,1	2,7	2,9	3,1	3,2	3,2	3,2	3,1	2,9
05	3,7	4,7	5,1	5,5	5,6	5,6	5,5	5,4	5,1
06	5,0	6,4	7,0	7,4	7,6	7,6	7,5	7,4	6,9
07	8,0	10,2	11,3	11,9	12,2	12,2	12,0	11,8 (1)	11,1 (2)
08	9,6	12,3	13,5	14,3	14,6	14,6	14,4	14,2 (1)	13,4 (2)
09	10,7	13,7	15,0	15,9	16,2	16,2 (1)	16,0 (2)	15,8 (2)	14,9 (2)

**TABLA 7: Refrigerante R407C – Potencialidad en kW**

Tipo orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,8	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
02	1,4	1,8	2,0	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
03	1,7	2,1	2,4	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
04	2,7	3,4	3,8	4,1	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6
05	4,7	6,0	6,7	7,3	7,6	7,8	7,9	8,1	8,1
06	6,4	8,2	9,1	9,8	10,3	10,5	10,7	10,9	10,9
07	10,7	13,8	15,3	16,5	17,3	17,7	18,1	18,4 (1)	18,4 (2)
08	12,4	15,9	17,7	19,1	20,0	20,5	20,9	21,2 (1)	21,2 (2)
09	13,7	17,6	19,6	21,2	22,1	22,7 (1)	23,1 (2)	23,5 (2)	23,5 (2)

(1) : Diferencial de presión no disponible con bobinas 9160/RD2

(2) : Diferencial de presión no disponible con bobinas 9160/RD1 y 9160/RD2

**TABLA 8: Refrigerante R410A – Potencialidad en kW**

Tipo orificio	Caída de presión antes y después de la válvula [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6
02	1,6	2,1	2,4	2,6	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0
03	2,0	2,7	3,0	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8
04	3,2	4,3	4,8	5,3	5,6	5,8	5,9	6,1	6,1
05	5,6	7,4	8,4	9,2	9,7	10,0	10,2	10,5	10,6
06	7,7	10,1	11,4	12,5	13,1	13,6	13,9	14,3	14,4
07	12,2	16,0	18,2	19,8	20,9	21,6	22,2	22,7 (1)	22,9 (2)
08	14,5	19,0	21,6	23,5	24,8	25,7	26,4	27,0 (1)	27,2 (2)
09	16,1	21,2	24,1	26,3	27,7	28,7 (1)	29,4 (2)	30,1 (2)	30,4 (2)

(1) : Diferencial de presión no disponible con bobinas 9160/RD2

(2) : Diferencial de presión no disponible con bobinas 9160/RD1 y 9160/RD2

**TABLA 9: Factor de corrección para sub-enfriamiento  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$**

Refrigerantes	4K	10K	15K	20K	25K	30K	35K	40K	45K	50K
R22	1	0,94	0,9	0,87	0,83	0,8	0,77	0,74	0,72	0,69
R134a	1	0,93	0,88	0,84	0,8	0,76	0,73	0,7	0,68	0,65
R404A/R507	1	0,91	0,83	0,78	0,73	0,68	0,65	0,61	0,59	0,56
R407C	1	0,93	0,88	0,83	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64
R410A	1	0,95	0,9	0,85	0,81	0,77	0,73	0,7	0,67	0,64

Cuando el sub-enfriamiento en la entrada de la válvula es diferente de  $4^\circ\text{C}$ , corregir la potencialidad del evaporador dividiéndola por el factor de corrección apropiado que se busca en la Tabla 9.

[www.castel.it](http://www.castel.it)



ed. 001-VE-ESP

Castel Srl  
Via Provinciale 2-4 - 20060 Pessano con Bornago - MI