

Table of Contents

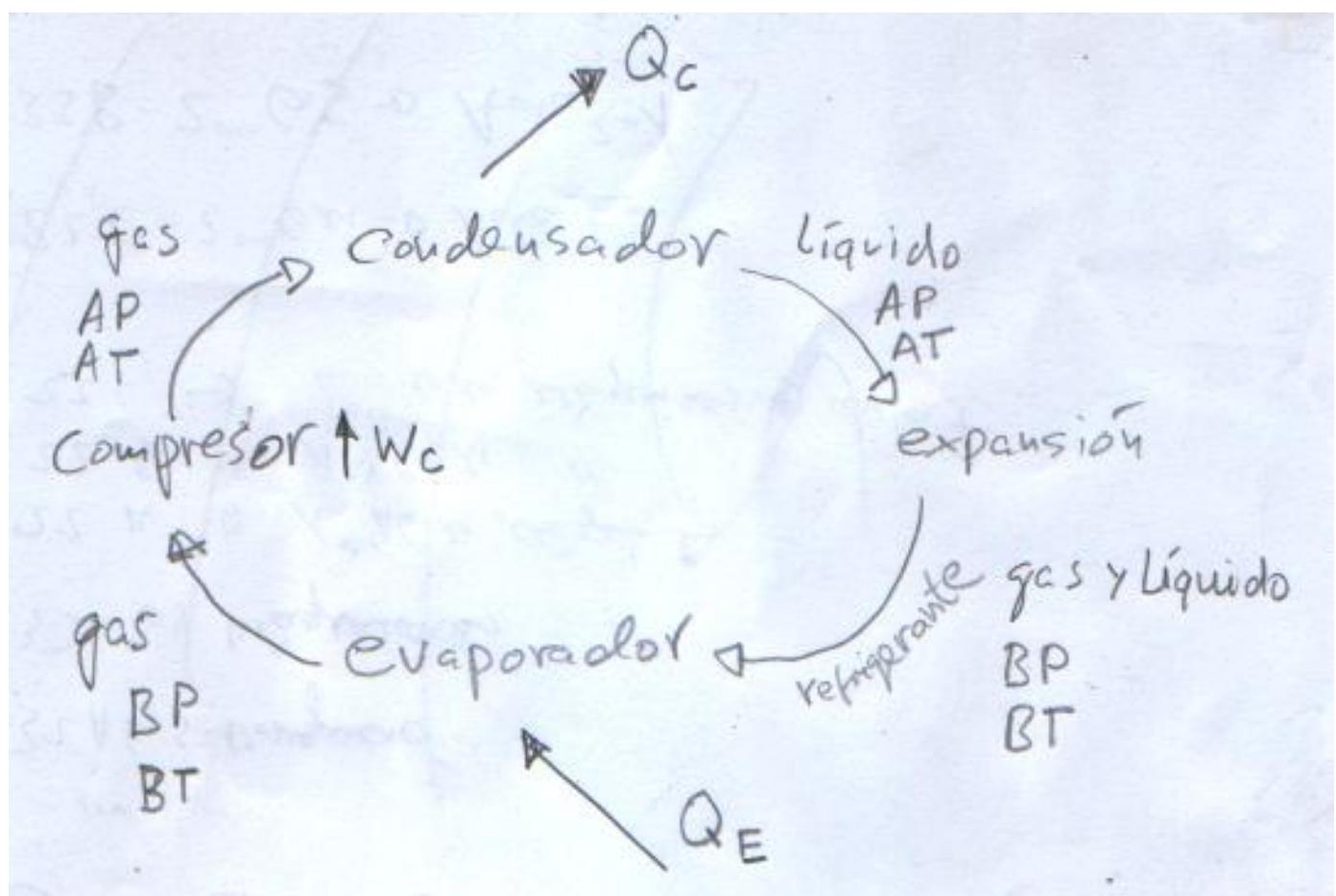
2 Condensadores.....	2
2.1 Capacidad de un condensador.....	3
2.1.1 Efecto de la variación de la temperatura del medio portador de calor (mpc) en la temperatura de condensación.....	5
2.1.2 Aprovechamiento de la capacidad de un condensador.....	7
2.2 Clasificación de condensadores.....	10
2.2.1 Condensadores enfriados por aire.....	10
2.2.2 Condensadores enfriados por agua.....	14
2.2.2.1 Condensadores coaxiales a contracorriente (pipe coil condenser).....	14
2.2.2.2 Condensadores multitubulares horizontales (shell and tube condenser).....	19
2.2.2.3 Condensadores enfriados por agua de mar.....	22
2.3 Ejercicios condensadores.....	23
3 Evaporadores.....	28
3.1 Capacidad de un evaporador.....	29
3.2 Evaporadores calentados por aire.....	31
3.2.1 Evaporadores de tubos aleteados (finned evaporators).....	31
3.2.2 Evaporadores calentados por agua.....	35
3.2.2.1 Evaporador de placas (plate type evaporator).....	35
3.2.2.2 Evaporadores coaxiales (pipe coil evaporator).....	36
3.2.2.3 Evaporadores multitubulares (shell and tube evaporator).....	38
4 Dispositivos de expansión.....	39
4.1 Tubos capilares.....	39
4.2 Válvulas de expansión termostáticas (VET).....	42
4.2.1 Ajuste del sobrecalentamiento.....	48
4.2.2 Montaje y posición del bulbo de la válvula termostática.....	50
4.2.3 Válvula termostática con igualación externa de presión.....	51
4.2.4 Válvula termostática con limitación de presión (MOP).....	53
4.2.5 Selección de la válvula termostática.....	54
5 Ejercicios.....	62
6 Componentes mecánicos del circuito.....	65
7 Ejercicios.....	82

2 Condensadores

La función principal de un condensador es condensar el refrigerante que sale del compresor en forma de gas recalentado (cambio de fase de gas a líquido). Este proceso consiste en que el refrigerante transmite (cede) calor a un medio exterior, generalmente aire o agua.

En una instalación frigorífica, el condensador cede al exterior el calor que ha absorbido previamente en el evaporador.

El refrigerante cede calor al medio exterior en el condensador.



El refrigerante absorbe calor del medio exterior en el evaporador.

2.1 Capacidad de un condensador

El flujo de calor que el condensador cede a un medio portador del calor, generalmente aire o agua, depende de la superficie de intercambio térmico entre el circuito de fluido refrigerante y el medio portador de calor, la diferencia de temperatura y un factor de transmisión de calor.

$$\dot{Q}_C = c_{transmision} \cdot A \cdot \Delta T$$

$$c_{transmision} \quad \text{factor de transmisión del calor en } \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$A \quad \text{superficie de intercambio en } m^2$$

$$\Delta T \quad \text{diferencia de temperatura en } K$$

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el medio portador del calor (mpc) se obtiene a partir de la temperatura de condensación ϑ_C y la temperatura media del mpc en el condensador $\bar{\vartheta}_{mpc}$.

$$\bar{\vartheta}_{mpc} = \frac{\vartheta_{entrada} + \vartheta_{salida}}{2}$$

$$\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc}$$

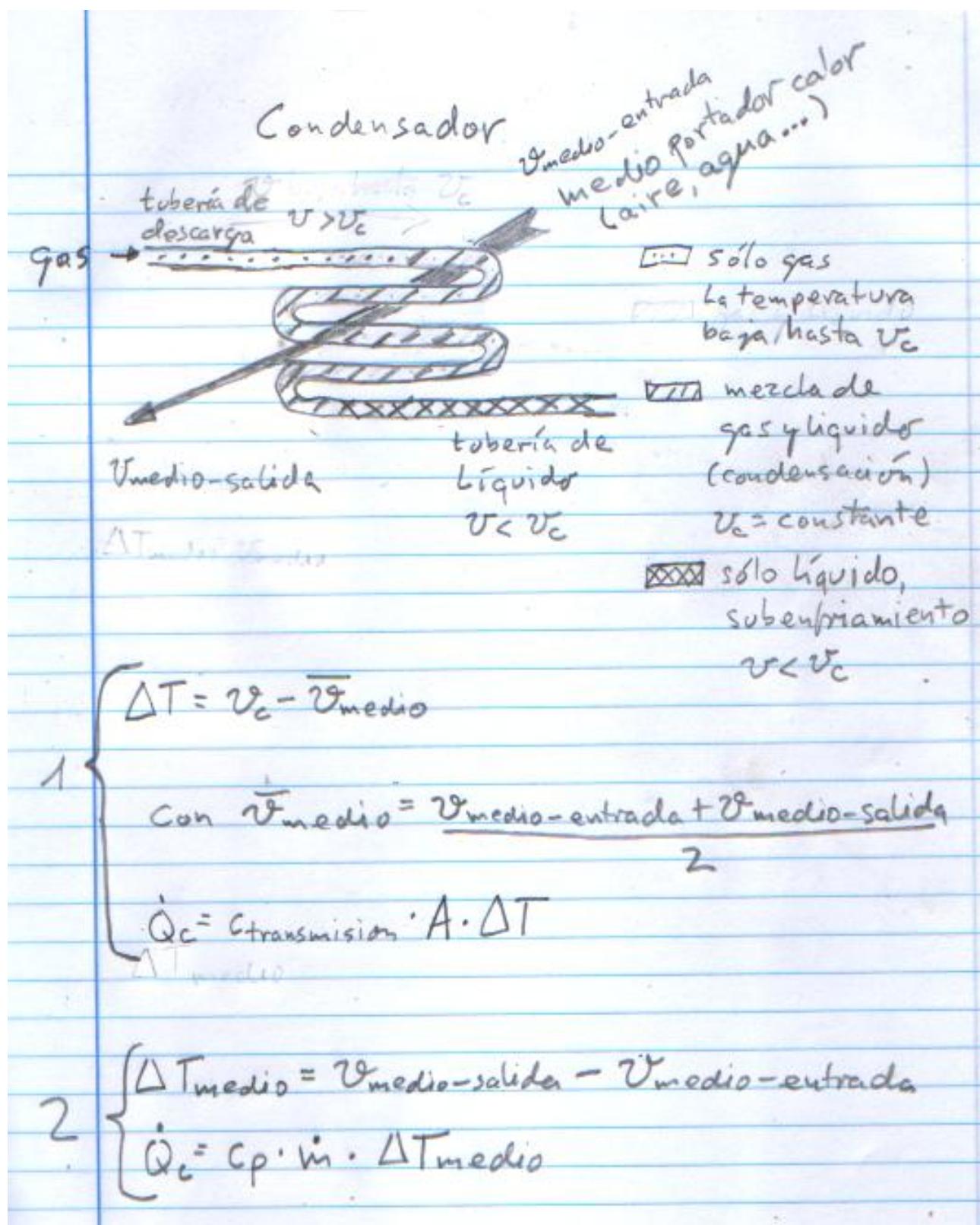
La capacidad del condensador también se puede calcular con los datos del medio calentado

$$\dot{Q}_C = c_p \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{medio}$$

$$\Delta T_{medio} = \vartheta_{medio-salida} - \vartheta_{medio-entada}$$

Conviene recordar que el flujo de calor que transfiere el condensador siempre será mayor que el flujo de calor del evaporador, ya que añadirle el trabajo aportado por el compresor.

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_E + P_{comp}$$



2.1.1 Efecto de la variación de la temperatura del medio portador de calor (mpc) en la temperatura de condensación

La presión de condensación p_C viene dada por la presión que le corresponde al refrigerante debido a la temperatura ambiente p_{C1} , más la presión generada por el compresor p_{C2} .

$$p_C = p_{C1} + p_{C2}$$

La presión p_{C2} , generada por el compresor, se mantiene aproximadamente constante, independientemente de la temperatura ambiente.

En el siguiente ejemplo el refrigerante es R-134a y $p_{C2}=3\text{ bar}$.

Considerando la temperatura ambiente a $\vartheta_{aire-1}=10^\circ\text{C}$, $\vartheta_{aire-2}=20^\circ\text{C}$ y $\vartheta_{aire-3}=30^\circ\text{C}$, se observa el comportamiento de la temperatura de condensación ϑ_C .

En las siguientes consideraciones, se estima que la diferencia de temperatura del mpc entre entrada y salida del condensador es pequeña y por tanto se puede aproximar $\bar{\vartheta}_{mpc} \approx \vartheta_{mpc\text{ entrada}}$

Caso 1: $\vartheta_{aire}=10^\circ\text{C}$

→ la presión del refrigerante causada por la temperatura ambiente es de $p_C=4,2\text{ bar}$

→ $p_C = p_{C1} + p_{C2} = 4,15\text{ bar} + 3\text{ bar} = 7,15\text{ bar} \rightarrow \vartheta_C = 27,5^\circ\text{C}$

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire al que el condensador cede el calor sería de aproximadamente de $\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc} = 17,5\text{ K}$

Caso 2: $\vartheta_{aire} = 20^\circ C$

→ la presión del refrigerante causada por la temperatura ambiente es de $p_C = 5,7 \text{ bar}$

$$\rightarrow p_C = p_{C1} + p_{C2} = 5,7 \text{ bar} + 3 \text{ bar} = 8,7 \text{ bar} \rightarrow \vartheta_C = 34^\circ C$$

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire al que el condensador cede el calor sería de aproximadamente calor de $\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc} = 14 K$

Caso 3: $\vartheta_{aire} = 30^\circ C$

→ la presión del refrigerante causada por la temperatura ambiente es de $p_C = 7,7 \text{ bar}$

$$\rightarrow p_C = p_{C1} + p_{C2} = 7,7 \text{ bar} + 3 \text{ bar} = 10,7 \text{ bar} \rightarrow \vartheta_C = 42^\circ C$$

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire al que el condensador cede el calor sería de aproximadamente calor de $\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc} = 12 K$

Se deduce de lo anterior, que la diferencia de temperatura $\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc}$ entre el refrigerante y el medio, en este ejemplo aire, se mantiene aproximadamente constante, independientemente de la temperatura ambiente.

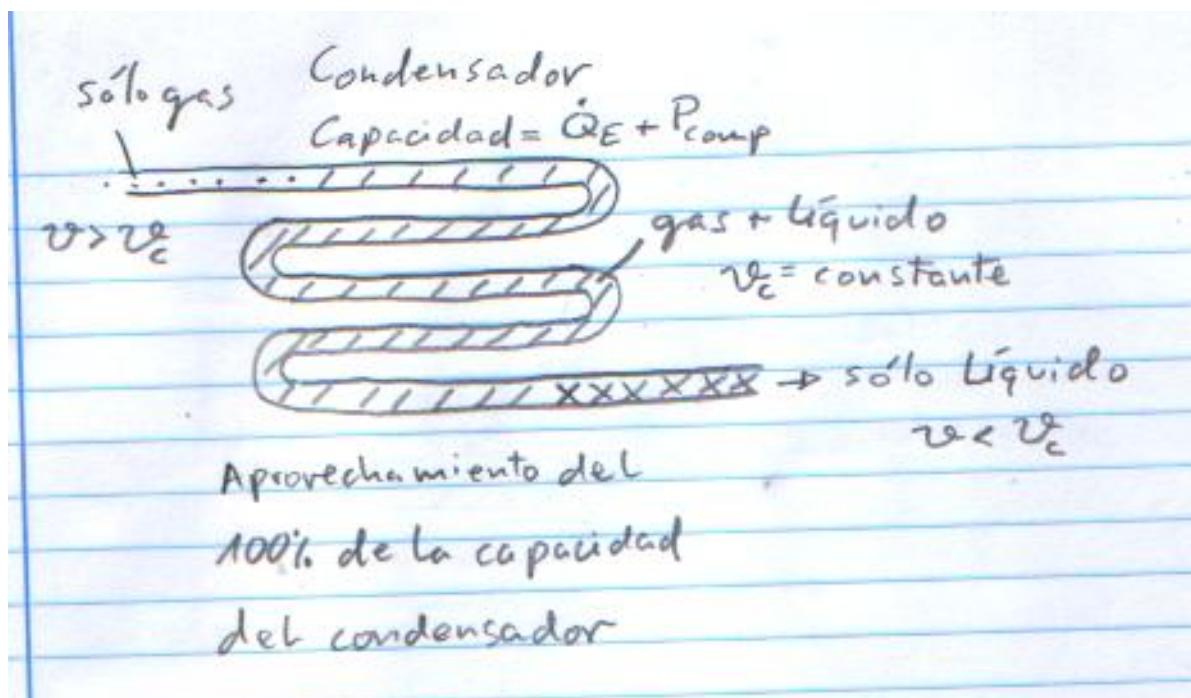
2.1.2 Aprovechamiento de la capacidad de un condensador

En las tablas de datos con las que se elige un condensador, aparece indicada la capacidad del

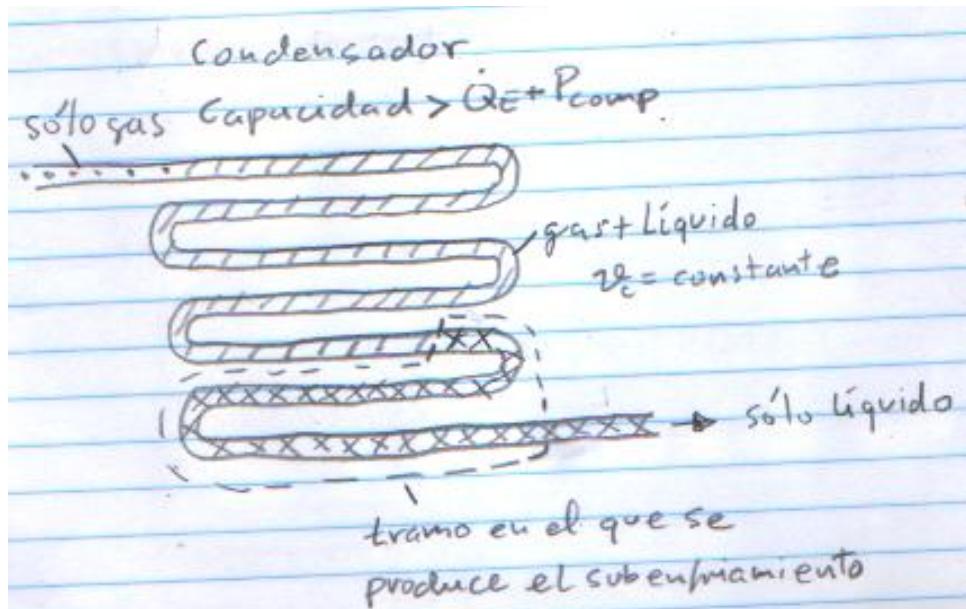
condensador en una unidad de potencia (W, $\frac{kcal}{h}$ o $\frac{BTU}{h}$) en relación a una diferencia de temperatura entre refrigerante y el mpc ($\Delta T = \vartheta_c - \vartheta_{mpc}$).

La capacidad indicada sólo se aprovecha, cuando el condensador es capaz de ceder la energía que el refrigerante ha absorbido en el evaporador y la que ha añadido el proceso de compresión.

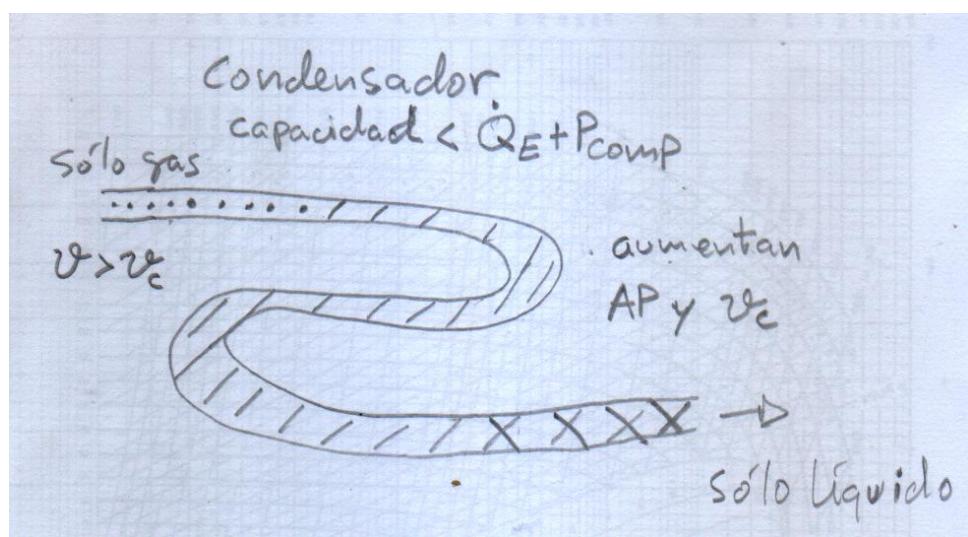
En el caso $Capacidad = Q_E + P_{comp}$, el refrigerante entra en el condensador como gas a la temperatura de condensación y va condensando durante la mayor parte del recorrido (mezcla de gas y líquido), saliendo del condensador refrigerante líquido a la temperatura de condensación.



Si $\text{Capacidad} > \dot{Q}_E + P_{comp}$, el condensador está sobredimensionado y podría ceder más calor del que el refrigerante está aportando. El refrigerante entra en el condensador como gas a la temperatura de condensación y termina de condensar antes de llegar a la salida. Durante el último tramo del recorrido, el refrigerante en estado sólido líquido, disminuye su temperatura por debajo de la de condensación. El refrigerante líquido sale del condensador subenfriado.



En el caso de $\text{Capacidad} < \dot{Q}_E + P_{comp}$ el condensador no es capaz de ceder la energía del refrigerante hasta condensarlo por completo. La temperatura de condensación aumenta para compensar la reducida superficie de transmisión. Con la temperatura de condensación aumenta también la presión. Al aumentar la diferencia de presión entre la aspiración y la descarga del compresor, se reduce el caudal de masa del refrigerante y la eficiencia de la instalación. El condensador limita la potencia frigorífica de la instalación.



Las capacidades de condensadores del mismo tipo están determinadas por las superficies de intercambio. A mayores dimensiones del condensador, mayor será su capacidad.

A la hora de seleccionar un condensador, será conveniente sobredimensionarlo, escogiendo el modelo cuya capacidad supere $\dot{Q}_E + P_{comp}$.

2.2 Clasificación de condensadores

En las instalaciones frigoríficas se utilizan condensadores de flujos separados, ya que el circuito frigorífico es un circuito cerrado y por tanto el refrigerante no está en contacto directo con el medio exterior (mpc).

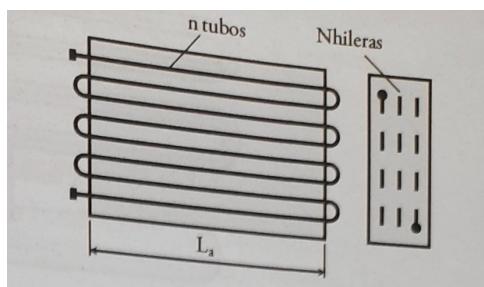
2.2.1 Condensadores enfriados por aire

Es el tipo de condensador más habitual. En el interior de la carcasa se encuentra un tubo de cobre que forma un serpentín. Sobre este serpentín y en sentido perpendicular al flujo del refrigerante, se encuentran montadas láminas muy finas de aluminio (aletas), con el fin de mejorar la transmisión de calor.

Habitualmente el condensador está provisto de uno o varios ventiladores para aumentar el caudal de aire que pasa por el serpentín y las aletas.

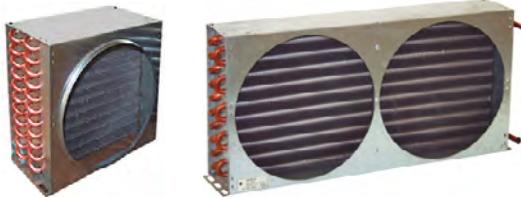
La ventaja del aire es su disponibilidad y gratuitad. La desventaja es que su densidad es baja

($1,2 \frac{kg}{m^3}$ a $20^\circ C$ y 1 bar) y su capacidad calorífica es pequeña ($c_{p\,aire} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$) comparada con la del agua.



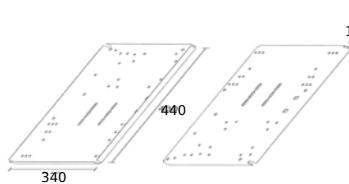

SALVADOR ESCODA S.A.[®]
www.salvadorescoda.com
TARIFA DE PRECIOS
I.V.A. no incl. Consulte posibles actualizaciones

CONDENSADORES DE AIRE FORZADO


B

Código	Modelo	Tubos	Dimensiones (mm)		Rtos. (W)	Sup. m²	€	Ventiladores (OPCIONAL)			
			A	B				Nº	Cód. pala	Cód. motor	m³/h
MF 05 200	CA 16	8 x 2	87	270	230	600	1,1				410
MF 05 201	CA 24	8 x 3	112	270	230	820	1,6				360
MF 05 202	CA 32	8 x 4	132	270	230	1000	2,15				345
MF 05 203	CA 18	9 x 2	85	300	278	810	1,35				550
MF 05 204	CA 27	9 x 3	130	300	278	100	2				500
MF 05 205	CA 36	9 x 4	150	300	278	1350	2,7				460
MF 05 206	CA 45	9 x 5	152	300	278	1600	3,37				400
MF 05 207	CA 54	9 x 6	172	300	278	1920	4				480
MF 05 208	CA 30	10 x 3	130	300	278	1200	2,25				500
MF 05 209	CA 40	10 x 4	150	300	278	1420	3				470
MF 05 210	CA 44	11 x 4	132	300	292	1510	3,3				485
MF 05 211	CA 55	11 x 5	152	300	292	1890	4,12				606
MF 05 212	CA 48	12 x 4	128	350	330	2820	4,25				1030
MF 05 213	CA 56	14 x 4	156	375	365	3000	5,36				1075
MF 05 230	CD 24	8 x 3	110	470	230	1532	2,96				700
MF 05 231	CD 30	10 x 3	110	600	278	2158	4,77				950
MF 05 232	CD 36	9 x 4	130	600	278	2700	5,72				900
MF 05 233	CD 40	10 x 4	130	600	278	3207	6,35				1100
MF 05 234	CD 50	10 x 5	150	600	278	4036	7,95				1100
MF 05 235	CD 48	12 x 4	130	700	330	5440	8,94				2000
MF 05 236	CD 56	14 x 4	155	700	365	5707	10,43				2000
MF 05 237	CD 60	12 x 5	162	700	330	6629	11,18				1925

BANCADA PARA UNIDADES CONDENSADORAS PEQUEÑAS

SOPORTE SC


Código	Modelo	Construcción:	Características:	€
MF 05 011	Bancada chapa galvanizada de 440 x 340 x 14 mm	• Construida en chapa galvanizada de 2 mm	• Superficie lisa adaptable a cualquier componente • Resistente al exterior • Apta para uso de tornillería auto roscante	18,50

Cubetas



Código	Modelo	Wats	€
RF 06 011	Bandeja para evaporación de condensados 2,8 lts. 300x154x107	330	94,50
RF 06 009	Bandeja para evaporación de condensados 1,5 lts. 325x200x41	330	92,50
RF 06 013	Resistencia de cartucho 230V 330W L. 240 Ø12 mm/Cable L. 1000 mm	330	62,50

Paulino Pe

11 de 88

Ejemplo 2.2.1-1

En los datos técnicos del condensador CA 16 refrigerado por aire, se indica el flujo de calor cedido con $\dot{Q}_C = 600 \text{ W}$ a una diferencia de temperatura $\Delta T = \bar{\vartheta}_C - \bar{\vartheta}_{aire} = 15 \text{ K}$ y con un caudal de aire de $\dot{V}_{aire} = 410 \frac{m^3}{h} = 0,114 \frac{m^3}{s}$.

Suponiendo una temperatura de condensación de $\vartheta_C = 45^\circ\text{C}$ se deduce que la temperatura media del aire en el condensador será de $\bar{\vartheta}_{aire} = 30^\circ\text{C}$.

La densidad del aire a 30°C es de aproximadamente $\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$.

$$\text{El caudal de masa del aire es de } \dot{m}_{aire} = \frac{\dot{V}}{\rho} = \frac{0,114 \frac{m^3}{s}}{1,2 \frac{m^3}{kg}} = 0,095 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{Q}_C = c_p \cdot \dot{m}_{aire} \cdot (\vartheta_{aire-salida} - \vartheta_{aire-entrada}) , \text{ con } c_{p-air} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

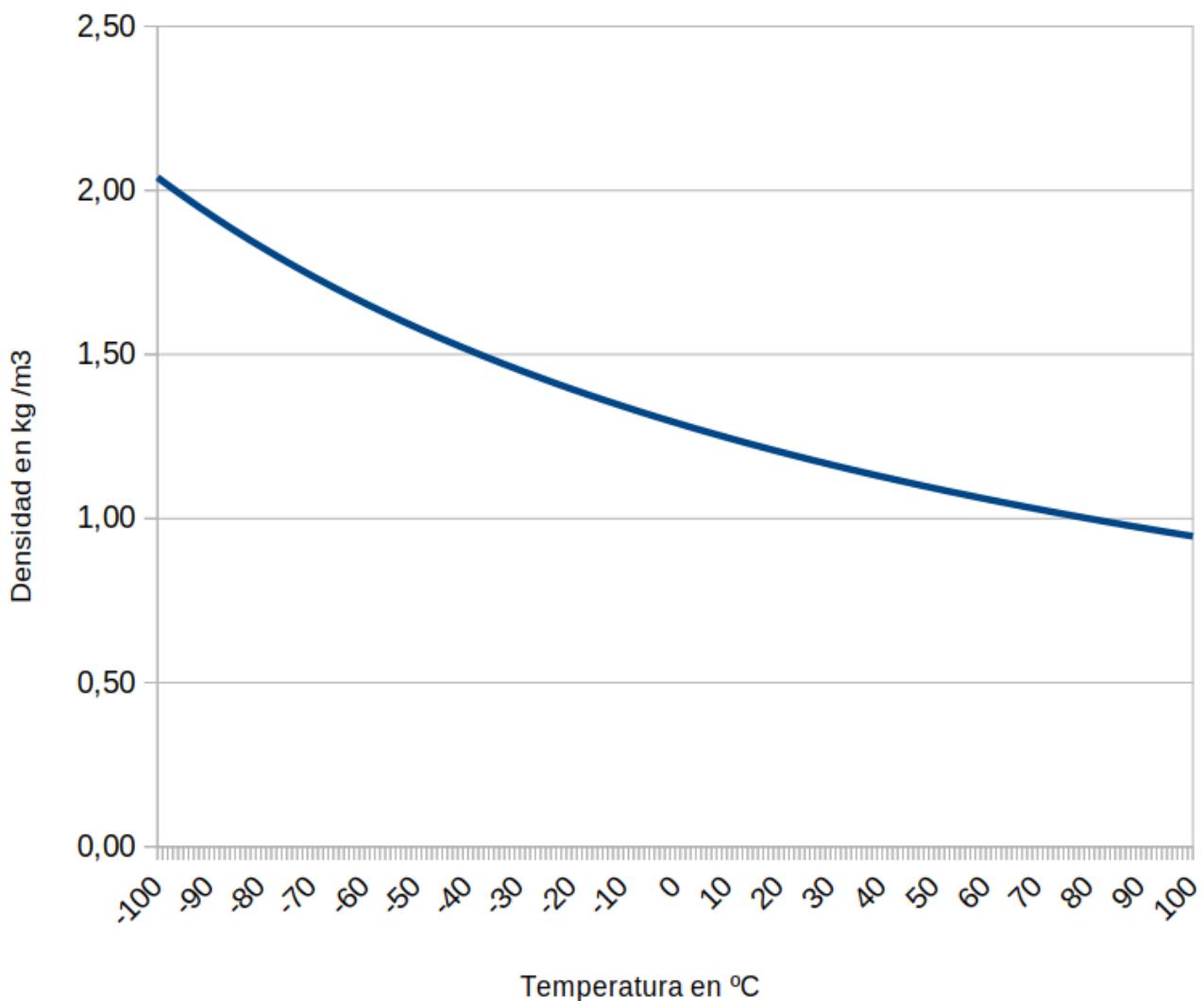
$$\rightarrow \Delta T_{aire} = \frac{\dot{Q}_C}{c_p \cdot \dot{m}_{aire}} = \frac{0,6 \text{ kW}}{1 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 0,095 \frac{kg}{s}} = 6,3 \text{ K}$$

$$\text{La temperatura ambiente sería de } \vartheta_{aire-entrada} = \bar{\vartheta}_{aire} - \frac{\Delta T_{aire}}{2} = 30^\circ\text{C} - 3,15 \text{ K} = 26,85^\circ\text{C}$$

De la fórmula $\dot{Q}_C = c_{transmision} \cdot A \cdot \Delta T$ se deduce

$$\frac{\dot{Q}_C}{\Delta T \cdot A} = c_{transmision} = \frac{600 \text{ W}}{15 \text{ K} \cdot 1,1 \text{ m}^2} = 36,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \text{ el flujo de calor por grado de diferencia de temperatura entre refrigerante y temperatura media del aire.}$$

Densidad del aire en función de la temperatura, $p = 1$ bar



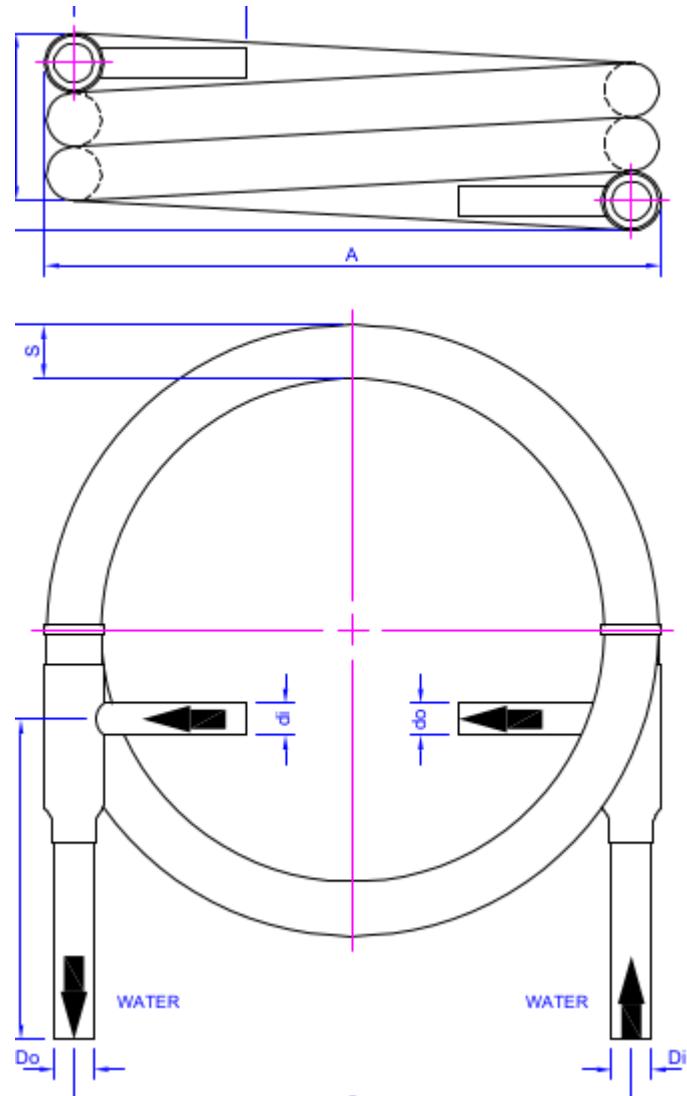
2.2.2 Condensadores enfriados por agua

Al tener el agua un calor específico mayor que el del aire ($c_{\text{agua}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$), y ser su densidad mucho mayor ($1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), es capaz de absorber mucho más calor con un caudal volumétrico de agua mucho más pequeño, comparado al aire. Un problema de utilizar agua en un condensador es que en muchos lugares ni está disponible, ni es gratuita.

2.2.2.1 Condensadores coaxiales a contracorriente (pipe coil condenser)

Están construidos utilizando dos tubos de diferente diámetro concéntricos. Los fluidos discurren a contracorriente y el agua se desplaza por el tubo interior, más delgado, mientras que el refrigerante lo hace por el espacio anular comprendido entre tubo interior y exterior.







CONDENSADORES COAXIALES

Serie «CN»

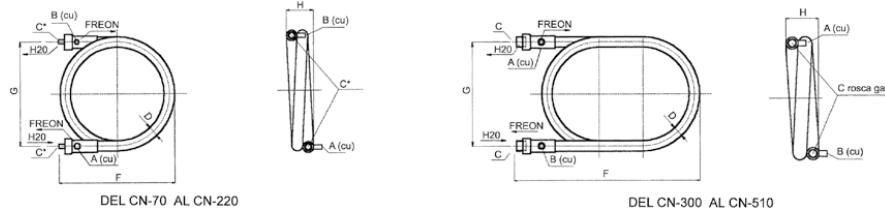
TECNAC



B

Código	Modelo	Potencia Disipación kW	Caudal m ³ /h	Δp carga	Salida gas (A)	Entrada agua (B)	conexión (C)	agua €
MF 23 21	CN-70	6,5	0,7	0,21	5/8"	1/2"	1/2"	685,00
MF 23 21	CN-110	10,4	1,1	0,24	5/8"	1/2"	5/8"	792,00
MF 23 21	CN-170	17	2,1	0,4	5/8"	1/2"	7/8"	1.114,00
MF 23 21	CN-220	21,8	3,1	0,4	7/8"	1/2"	1-1/4"	1.259,00
MF 23 21	CN-300	30	4	0,34	1-1/8"	5/8"	1-1/2"	1.707,00
MF 23 21	CN-410	40,2	5,1	0,35	1-1/8"	5/8"	1-1/2"	1.996,00
MF 23 21	CN-510	50,9	6	0,38	1-1/8"	5/8"	1-1/2"	2.419,00

DIMENSIONES SERIE CN



Modelo	CN-70	CN-110	CN-170	CN-220	CN-300	CN-410	CN-510
F (mm)	511	511	511	511	955	955	955
G (mm)	425	425	425	425	450	450	450
H (mm)	105	126	210	210	180	180	180

INTERCAMBIO TÉRMICO

B-49

Thermal Solutions TheralS

Start WKC Heat Exchanger

Inside
Pipe coil, high performanceType of tube selection
Heat exchangerOutside
Annular gap coil condensation

Heat exchanger selection

WKC 10

Heat exchanger	Tube length	Tube count	Mantle diameter	Coil diameter
WKC 10	2.15 m	1	0.02 m	0.19 m
WKC 15	3.88 m	1	0.03 m	0.19 m
WKC 20	4.39 m	1	0.03 m	0.30 m
WKC 45	3.58 m	4	0.05 m	0.45 m

More information: → Coaxial heat exchanger

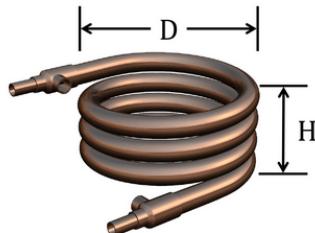
Notes regarding the software: → Calculation WKE and WKC

Configuration

Water/R134a

Mantle diameter (dm)	22.6	mm
Tube count	1	
Outside coil diameter (D)	0.21	m
Total height (H)	0.14	m
Medium (inside)	Water	<input type="button" value="i"/> <input type="button" value="+"/>
Fouling factor (inside)	0.000044	m ² K/W

WKC10



Refrigerant (outside)

R134a

Fouling factor (outside)

0

m²K/W

Calculation

Mode of calculation

Capacity calculation

Capacity	3.89	kW
Inlet temperature (inside)	20.00	°C
Outlet temperature (inside)	26.71	°C
Velocity (inside)	1.17	m/s
Flow rate (inside)	0.5	m ³ /h

Condensation temperature	30.00	°C
Evaporation temperature	0	°C
Suction gas temperature	10	°C
<input type="checkbox"/> Input temp. hot gas		
Superheated vapor temperature	42.76	°C
Subcooling	5.00	K

Precio aproximado 270 euros

Ejemplo 2.2.2.1-1

En los datos técnicos del condensador Wieland WKC 10 refrigerado por agua, se indica el flujo de calor cedido con $\dot{Q}_C = 3,89 \text{ kW}$ en las siguientes condiciones, para R-134a.

$$\bar{\vartheta}_{\text{agua-entrada}} = 20^\circ\text{C} , \quad \vartheta_{\text{agua-salida}} = 26,7^\circ\text{C} , \quad \bar{\vartheta}_C = 30^\circ\text{C}$$

$$\dot{V}_{\text{agua}} = 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \dot{m}_{\text{agua}} = 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Cálculo de la temperatura media del agua en el condensador

$$\bar{\vartheta}_{\text{agua}} = \frac{20^\circ\text{C} + 26,7^\circ\text{C}}{2} = 23,4^\circ\text{C}$$

Cálculo del flujo de calor transmitido al agua

$$\dot{Q}_C = c_{p-\text{agua}} \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{\text{agua}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 6,7 \text{ K} = 3,93 \text{ kW}$$

Cálculo de la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el agua

$$\Delta T = \bar{\vartheta}_C - \bar{\vartheta}_{\text{agua}} = 30^\circ\text{C} - 23,4^\circ\text{C} = 6,6 \text{ K}$$

<https://thermals.wieland-thermalsolutions.com/openapp/>

<https://www.pecomark.com/es/c/p/370051>
<https://www.salvadorescoda.com/productos/refrigeracion-y-gases/>

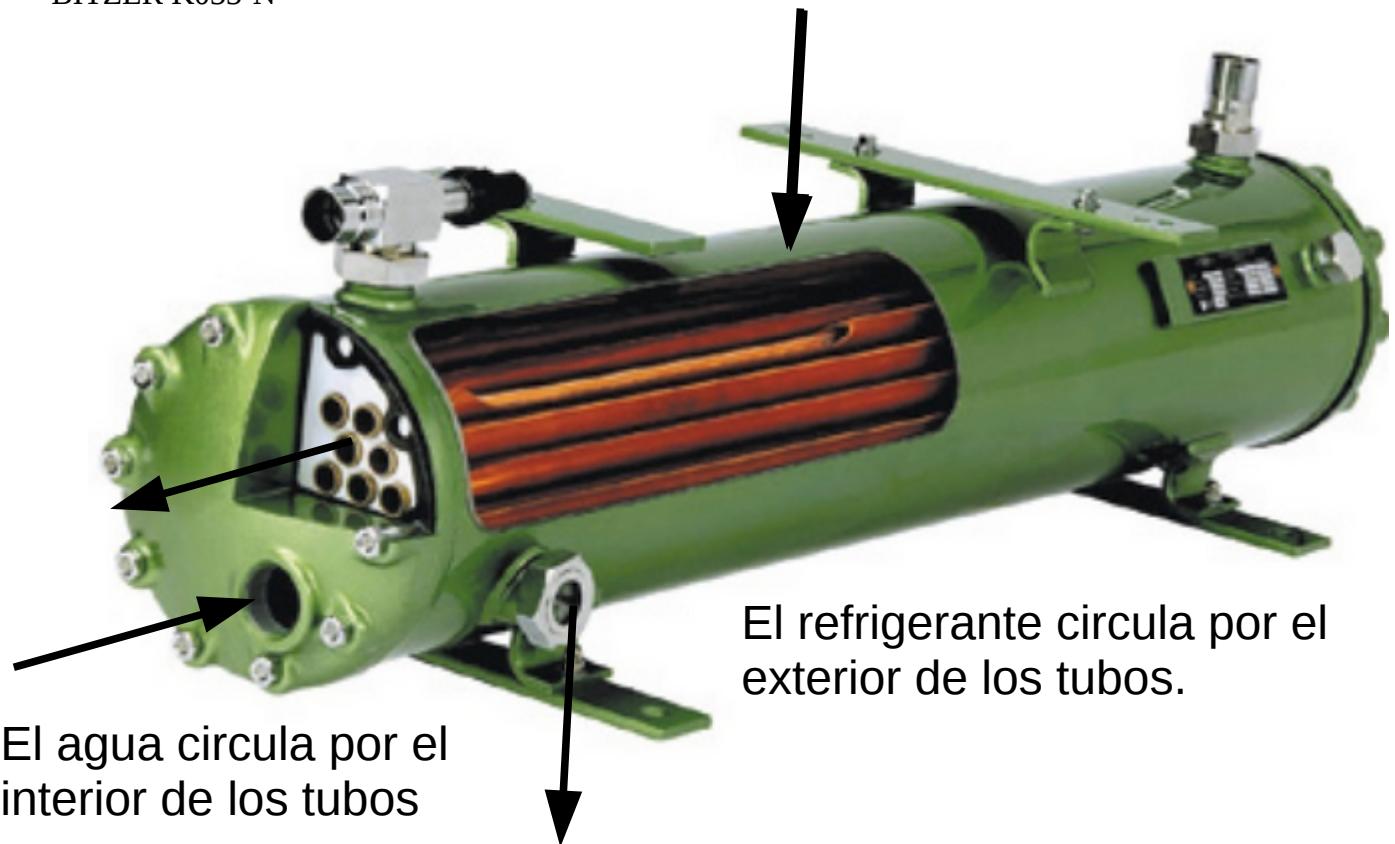
<https://www.refrigeracionzelsio.es/98-condensadores-coaxiales-de-agua-a-contracorriente>

<https://www.beehivecoils.co.uk/products/co-axial-condensers/>

2.2.2.2 Condensadores multitubulares horizontales (*shell and tube condenser*)

Están formados por una carcasa metálica que lleva en su interior montada una batería de tubos. El fluido refrigerante llena la envolvente, se condensa al estar en contacto con los tubos por los que circula el agua y sale en estado líquido por la parte inferior. El mismo condensador puede hacer de recipiente acumulador.

BITZER K033-N



<https://youtu.be/5GIdxtG8dVI>

<https://www.pecomark.com/es/c/p/329030>

BITZER Software v6.17.9 rev2773

Show Overview

Water-cooled Condensers

Series: Sea water resistant
 Refrigerant: R134a
 Cooling agent: Water
 Concentration in water: 0
 Condenser selection:
 Condenser capacity: 100 kW
 Condenser type: K033NB
 Passes no.: 4
 Operating point:
 Condensing temperature: 30 °C
 Water inlet temp.: 20 °C
 Volume flow: 0.5 m³/h
 Operating conditions:
 Liq. subc. (in condenser): 5 K
 Fouling factor: 0.00004 m²/K/W

Result **Limits** **Technical Data** **Dimensions** **Information** **Documentation**

K033NB (100%)

Condenser type: K033NB
Passes no.: 4
Condenser capacity: 3.08 kW
Allowed max. capacity: 5.93 kW
Condensing SDT: 30.0 °C
Water outlet temp.: 25.3 °C
Volume flow: 0.50 m³/h
Vol.flow min.: 0.21 m³/h
Vol.flow max.: 0.69 m³/h
Fluid velocity: 1.17 m/s
Pressure drop: 0.13 bar

Technical Data **K033NB**

Weight	9,5 kg
Total width	622 mm
Total height	184 mm
Jacket tube diameter	108 mm
Refrigerant inlet	12 mm - 1/2"
Refrigerant outlet	10 mm - 3/8"
Coolant inlet (2 passes)	2 x 1/2"
Coolant outlet (2 passes)	3/4"
Coolant inlet (4 passes)	1/2"
Coolant outlet (4 passes)	1/2"
Receiver volume refrigerant	3,8 dm³
Max. refrigerant charge 90% at 20°C / 68°F	
R22	4,1 kg
R134a	4,2 kg
R407C	4,0 kg
R404A/R507A	3,7 kg
R1234yf	3,8 kg
R1234ze	4 kg
R410A	3,7 kg
R32	3,4 kg
R454B	3,4 kg
R452B	3,4 kg
Max. pressure	33 bar
Max. Operating Temperature	120°C
Max pressure coolant side	10 bar
Larger inlet connection	16 mm - 5/8"

Available Options

2 fixing rails (below)	Option
------------------------	--------

Ejemplo 2.2.2.2-1

En los datos técnicos del condensador Bitzer K033NB refrigerado por agua, se indica el flujo de calor cedido con $\dot{Q}_C=3,08\text{ kW}$ en las siguientes condiciones, para R-134a.

$$\bar{\vartheta}_{\text{agua-entrada}}=20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad , \quad \vartheta_{\text{agua-salida}}=25,3\text{ }^{\circ}\text{C} \quad , \quad \bar{\vartheta}_C=30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{V}_{\text{agua}}=0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \dot{m}_{\text{agua}}=0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}=500 \frac{\text{kg}}{\text{h}}=0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Cálculo de la temperatura media del agua en el condensador

$$\bar{\vartheta}_{\text{agua}}=\frac{20\text{ }^{\circ}\text{C}+25,3\text{ }^{\circ}\text{C}}{2}=22,7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Cálculo del flujo de calor transmitido al agua

$$\dot{Q}_C=c_{p-\text{agua}} \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{\text{agua}}=4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 5,3\text{ K}=3,1\text{ kW}$$

Cálculo de la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el agua

$$\Delta T=\bar{\vartheta}_C-\bar{\vartheta}_{\text{agua}}=30\text{ }^{\circ}\text{C}-22,7\text{ }^{\circ}\text{C}=7,3\text{ K}$$

<https://www.bitzer.de/websoftware/Calculate.aspx?cid=1667472554800&mod=WV>

2.2.2.3 Condensadores enfriados por agua de mar

En los barcos, habitualmente se utiliza agua de mar para disipar el calor cedido en el condensador. El agua de mar, al ser salada es altamente corrosiva. Además contiene microorganismos y moluscos. Esto provoca corrosión e incrustaciones en el interior del condensador, que puede acabar obstruyéndose.

En el cálculo del flujo de calor del condensador, en caso de ser para uso marino, se aplica un factor reductor llamado “fouling factor” que reduce el resultado, causado por la disminución del caudal que provocan las incrustaciones.

En las instalaciones marinas es especialmente importante revisar y limpiar regularmente los condensadores para prevenir los daños por corrosión e incrustaciones. Existen sistemas que previenen las incrustaciones, tratando el agua de mar que entra al circuito de agua salada de la embarcación. Estos sistemas liberan iones de cobre que actúan sobre los microorganismos evitando que aniden e iones de aluminio y hierro que protegen las tuberías contra corrosión.



Open cooling systems have, as the name implies, an open connection to outboard water. This water is used for cooling, evaporators, firefighting, and other ancillary systems. Marine growth (algae, mussels, barnacles, etc.) can quickly reproduce and grow in the warm conditions. Without an effective solution to prevent bio-fouling, these systems will run at abnormally high temperatures, resulting in unnecessary increased fuel consumption, lower performance and higher wear and tear of the vessel's engine(s), making failures more likely to occur.

Our MGPS / ICAF systems produce small quantities of copper ions that flow through the piping and create an environment in which microorganisms can't adhere to the surfaces. Adding aluminium or iron anodes to the system's copper anodes results in additional corrosion protection of the system.

<https://esvasolutions.com/sistema-anti-incrustante-antifouling-para-tuberias-de-enfriamiento-marine-growth-prevention-system/>

<https://www.mme-group.com/icaf-mgps/open-cooling/>

2.3 Ejercicios condensadores

Ejercicio 2.3-1

En los datos técnicos del condensador CD 60 (datos técnicos apartado 2.3.2.1) refrigerado por aire, se indica el flujo de calor cedido con $\dot{Q}_C = 6629 \text{ W}$ a una diferencia de temperatura

$\Delta T = \bar{\vartheta}_C - \bar{\vartheta}_{aire} = 15 \text{ K}$ y un caudal de aire de $\dot{V}_{aire} = 1925 \frac{m^3}{h} = 0,535 \frac{m^3}{s}$. La superficie del condensador es de $A = 11,18 \text{ m}^2$

Suponiendo una temperatura de condensación de $\vartheta_C = 45^\circ\text{C}$, se deduce que la temperatura media del aire en el condensador será de $\bar{\vartheta}_{aire} = 30^\circ\text{C}$.

La densidad del aire a 30°C es de aproximadamente $\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$ y su calor específico

$$c_p = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K} .$$

Calcula

- El caudal de masa \dot{m}_{aire} .
- La diferencia de temperatura entre el aire que entra y el que sale del condensador $\Delta T_{aire} = \vartheta_{aire-salida} - \vartheta_{aire-entrada}$.
- La temperatura de entrada del aire $\vartheta_{aire-entrada}$.
- El coeficiente de transmisión del condesador $c_{transmision}$ en $\frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Ejercicio 2.3-2

Para el compresor EMT-6160-Z del ejemplo 2.1.1.1-1 con $\dot{Q}_E = 0,55 \text{ kW}$ y $P_c = 0,18 \text{ kW}$, elige el condensador adecuado de la tabla

APLICACIÓN: UNIDADES HERMÉTICAS / SIN VENTILADORES

Potencia (W)		Dimensiones (mm)	Nº Tubos	Ventiladores	Caudal m³/h	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
$\Delta T=10$	$\Delta T=15$	A x B x H		Nº x Ø mm				
445	664	275x100x215	7x2	1x200	580	H1-14	220.250.0001	54,00
505	755	280x100x245	8x2	1x200	640	H2-16	220.250.0002	79,00
630	950	280x125x245	8x3	1x200	620	H3-24	220.250.0003	124,00
735	1.105	280x150x245	8x4	1x200	600	H4-32	220.250.0004	142,00
1.025	1.535	310x150x285	9x4	1x250	880	H5-36	220.250.0005	154,00
1.070	1.600	310x150x285	10x4	1x250	880	H6-40	220.250.0006	175,00
1.215	1.830	340x150x315	11x4	1x250	880	H7-44	220.250.0007	206,00
1.690	2.530	420x150x365	12x4	1x300	14.00	H8-48	220.250.0008	227,00
2.265	3.395	610x150x285	9x4D	2x250	1.700	H10-36 D	220.250.0009	266,00
2.440	3.655	610x150x285	10x4D	2x250	1.700	H11-40 D	220.250.0010	283,00
3.045	4.570	670x150x290	11x4D	2x300	2.000	H12-44 D	220.250.0011	350,00
3.315	4.970	770x150x365	12x4D	2x300	2.700	H13-48 D	220.250.0012	417,00

$$\Delta T = \vartheta_C - \vartheta_{aire} = 15 \text{ K}$$

Suponiendo una temperatura de condensación de $\vartheta_C = 45^\circ\text{C}$ se deduce que la temperatura media del aire en el condensador será de $\bar{\vartheta}_{aire} = \vartheta_C - \Delta T = 45^\circ\text{C} - 15\text{ K} = 30^\circ\text{C}$.

La densidad del aire a 30°C es de aproximadamente $\rho = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y su calor específico

$$c_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calcula

- El flujo de calor \dot{Q}_C que debe ceder el condensador.
- El caudal de masa del aire
- La temperatura de entrada del aire

Ejercicio 2.3-3

Para el compresor 2K9, 2K del ejemplo 2.1.1.1-2 con $\dot{Q}_E=5,8\text{ kW}$ y $P_{comp}=1,491\text{ kW}$, elige el condensador adecuado de la tabla

Potencia (W)		Dimensiones (mm)	Código Ventiladores normalmente usados	Ventiladores	Caudal m ³ /h	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
$\Delta T=10$	$\Delta T=15$	A x B x H		Nº x Ø mm				
2.850	4.275	500 x 150 x 420	230.202.0006	1 x 350	2.260	HCA-164A	220.250.0036	379,00
3.790	5.685	520 x 200 x 465	230.202.0053	1 x 400	3.500	HCA-164B	220.250.0037	524,00
4.987	7.480	770 x 150 x 365	230.202.0004	2 x 300	2.700	HCA-150K	220.250.0038	731,00
9.280	13.920	1145 x 200 x 520	230.202.0006	2 x 350	4.520	HCA-400E	220.250.0039	1.125,00
12.107	18.160	1145 x 230 x 600	230.202.0053	2 x 400	7.000	HCA-400S	220.250.0040	1.231,00
13.895	20.840	1145 x 230 x 600	230.202.0053	2 x 400	6.600	HCA-500T	220.250.0018	1.669,00
20.000	30.000	1145 x 230 x 600	230.202.0012	2 x 450	12.000	HCA-500S	220.250.0041	1.793,00
24.327	36.490	1260 x 230 x 600	230.202.0021	2 x 500	15.500	HCA-600T	220.250.0042	1.934,00
26.727	40.090	1260 x 230 x 742	230.202.0122	2 x 500	15.500	HCA-285	220.250.0043	2.417,00
38.780	58.170	1570 x 400 x 742	230.202.0021	2 x 630	20.500	HCA-286	220.250.0044	3.587,00
50.181	81.838	1260 x 251 x 1446	230.202.0122	4 x 500	31.000	BT-25	220.250.0024	4.734,00
61.933	74.320	2600 x 580 x 760	230.202.0021	2 x 630	25.400	BC-15	220.250.0030	4.345,00

* Rendimientos dados con R-404A

- Aplicación: unidades condensadoras en general.
- Material: tubo de cobre con separación de aletas de aluminio de 3,2 mm.
- La carcasa es de chapa galvanizada proporcionando robustez y durabilidad.

Notas: Moto-Ventiladores no incluidos. Los precios son para baterías horizontales.

Fuente tarifa Beijer pág. 510

$$\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{aire} = 15 K$$

Suponiendo una temperatura de condensación de $\vartheta_C=45^\circ C$ se deduce que la temperatura media del aire en el condensador será de $\bar{\vartheta}_{aire} = \vartheta_C - \Delta T = 45^\circ C - 15 K = 30^\circ C$..

La densidad del aire a 30 °C es de aproximadamente $\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$ y su calor específico

$$c_p = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

Calcula

- El flujo de calor \dot{Q}_C que debe ceder el condensador.
- El caudal de masa del aire
- La temperatura de entrada del aire

Ejercicio 2.3-4

Para el compresor del ejemplo 2.1.1.1-3 con $\dot{Q}_E=2,6\text{ kW}$ y $P_c=1,5\text{ kW}$, elige el condensador adecuado de la tabla

Condensadores por Agua a Contracorriente

DIMENSIONES (mm)			CONEXIONES		Kcal/h DT-10	CONSUMO LITROS/h	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
			GAS	AGUA					
A	B	C	entrada-salida	entrada-salida					
330	80	118	3/8 - 3/8"	3/8"	680	104	33	291.950.0011	378,00
330	100	118	3/8 - 3/8"	3/8"	880	135	50	291.950.0010	438,00
330	120	118	1/2 - 3/8"	3/8"	1.370	215	75	291.950.0012	513,00
400	150	190	1/2 - 3/8"	1/2"	1.920	310	100	291.950.0008	737,00
425	150	190	1/2 - 3/8"	1/2"	3.040	490	150	291.950.0009	794,00
600	170	275	5/8 - 1/2"	3/4"	4.480	705	200	291.950.0007	1.287,00
600	20	275	5/8 - 1/2"	3/4"	5.440	850	300	291.950.0013	1.627,00
600	225	275	5/8 - 1/2"	3/4"	6.560	1.100	400	291.950.0014	1.821,00

Calcula

- El flujo de calor \dot{Q}_C que debe ceder el condensador.
- El caudal de masa del agua
- La temperatura de entrada del agua

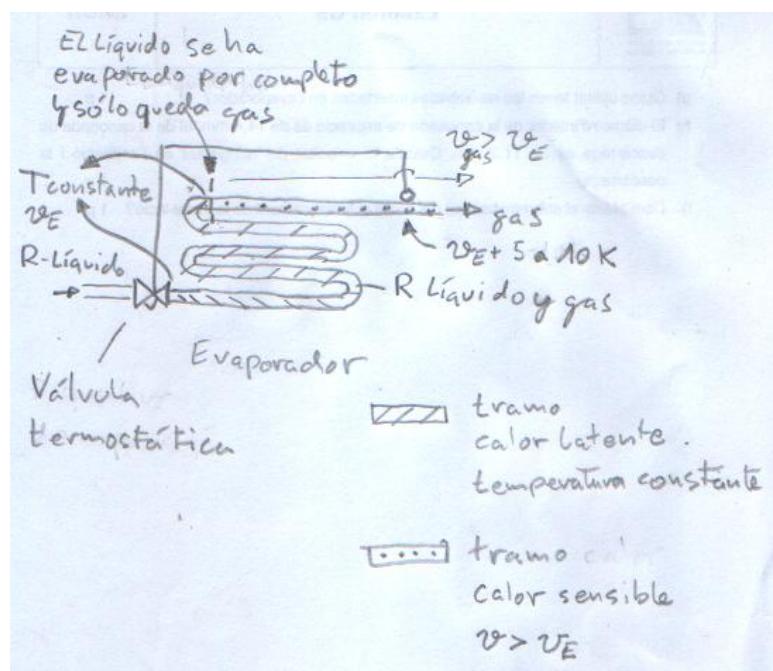
3 Evaporadores

El evaporador es un intercambiador de calor, que se utiliza en los sistemas de refrigeración para extraer calor del medio a refrigerar. La extracción de calor la realiza el refrigerante pasando de líquido a gas. El calor latente de evaporación es el que se extrae del medio a enfriar. El fluido vehicular del frío será, en general, aire o agua, aunque puede ser cualquier otro fluido o incluso disoluciones acuosas u orgánicas de determinados productos.

En el recorrido del refrigerante a través del evaporador se distingue entre el tramo de calor latente y el tramo de sobrecalentamiento.

El tramo de calor latente se inicia a la salida del dispositivo de expansión, en el que el refrigerante se encuentra como mezcla de líquido y gas y termina cuando el líquido ha terminado de evaporar. En el tramo de calor latente, la temperatura es la de evaporación ϑ_E y se mantiene constante.

El tramo de calor sensible se inicia al terminar de evaporar el líquido y quedar sólo gas. A partir de este momento, la temperatura del gas comienza a subir por encima de la temperatura de evaporación (gas sobrecalentado). El calor que causa esta subida de temperatura se llama sensible, ya que puede sentirse. Para asegurar que al compresor no le pueda llegar refrigerante líquido desde el evaporador, se diseñan los dispositivos de expansión para que regulen la cantidad de refrigerante que inyectan al evaporador de manera que a la salida del evaporador se produzca un sobrecalentamiento de entre 5 y 10 K.



3.1 Capacidad de un evaporador

El flujo de calor (potencia frigorífica) que el evaporador absorbe de un medio a enfriar, generalmente aire o agua, depende de la superficie de intercambio entre el circuito de fluido refrigerante y el medio a enfriar, la diferencia de temperatura y un factor de transmisión de calor.

$$\dot{Q}_E = c_{transmision} \cdot A \cdot \Delta T$$

$$c_{transmision} \text{ factor de transmisión del calor en } \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

A superficie de intercambio en m^2

ΔT diferencia de temperatura en K

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el medio a enfriar se obtiene a partir de la temperatura de evaporación ϑ_E y la temperatura media del medio en el evaporador $\bar{\vartheta}_{med}$.

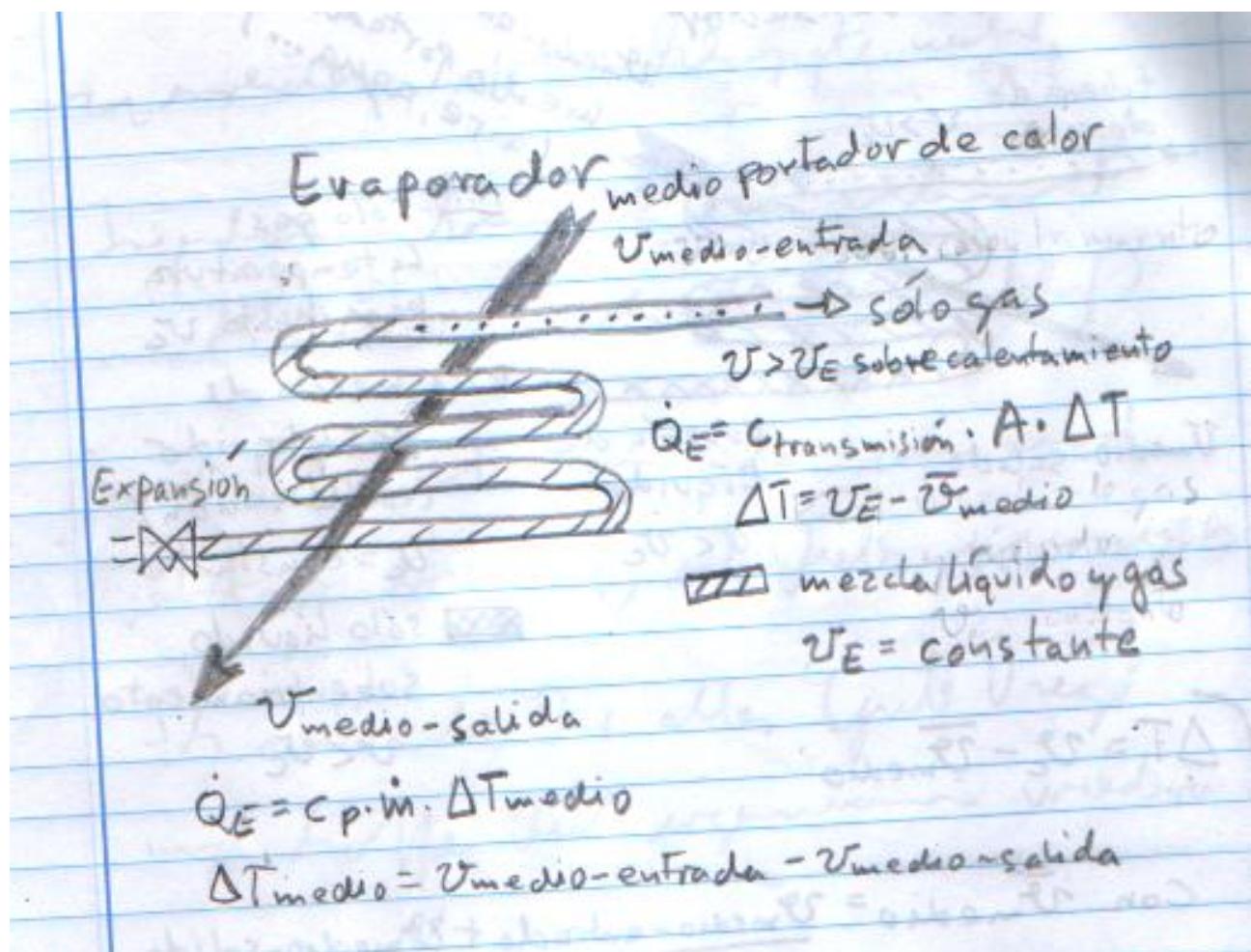
$$\bar{\vartheta}_{med} = \frac{\vartheta_{entrada} + \vartheta_{salida}}{2}$$

$$\Delta T = \bar{\vartheta}_{med} - \vartheta_E$$

La potencia frigorífica del evaporador también se puede calcular con los datos del medio enfriado

$$\dot{Q}_E = c_p \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{medio}$$

$$\Delta T_{medio} = \vartheta_{medio-entrada} - \vartheta_{medio-salida}$$



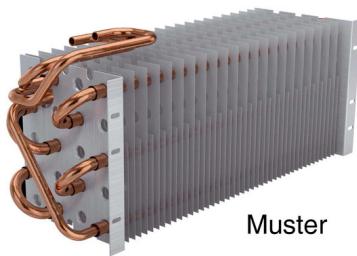
3.2 Evaporadores calentados por aire

3.2.1 Evaporadores de tubos aleteados (finned evaporators)

Se trata de serpentines de tubos sobre los que se montan, chapas de aluminio, llamadas aletas, con el fin de aumentar la superficie y mejorar la transmisión del calor. Este tipo de evaporador generalmente se utiliza para enfriar aire. Suele llevar acoplados ventiladores para forzar el paso del aire y aumentar su caudal.

En evaporadores con temperaturas de evaporación bajo cero, se condensa la humedad del aire y se congela, formando escarcha. Para evitar una acumulación de hielo que impediría el flujo de aire a través de las aletas del evaporador y reduciría la absorción de calor, se instalan resistencias de desescarche. Estas resistencias están controladas por temporizadores.

Otro sistema de desescarche es invertir el ciclo y conducir la descarga del compresor al evaporador, de forma que el calor del gas sobrecalentado elimine la escarcha. En este caso se necesita una válvula de 4 vías y una segunda válvula de expansión.





EVAPORADORES DE TECHO PARA CONSERVACIÓN Y CONGELACIÓN



B

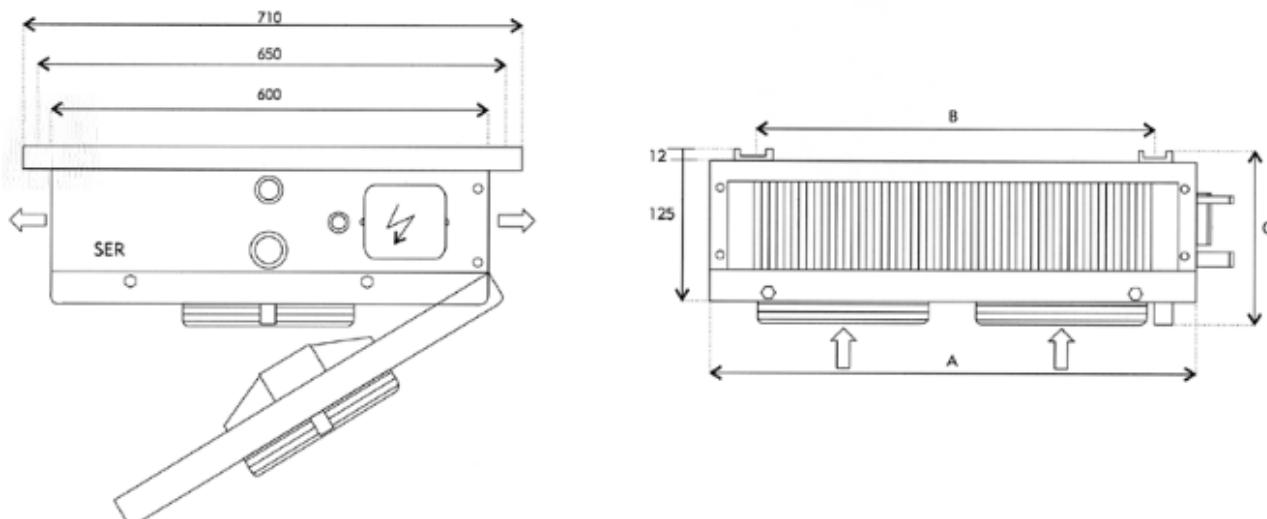


Serie COMERCIAL «SR» - R404A - Aluminio blanco

Código	Modelo	C	Código	Modelo	C
SEPARACIÓN DE ALETA 5,5 mm					
SIN DEDESCARCHE			DEDESCARCHE ELÉCTRICO		
MF 01 021	SR-1-6	326,00	MF 01 031	SR-1-6-ED	386,00
MF 01 022	SR-2-6	494,00	MF 01 032	SR-2-6-ED	573,00
MF 01 023	SR-3-6	703,00	MF 01 033	SR-3-6-ED	854,00
MF 01 024	SR-4-6	837,00	MF 01 034	SR-4-6-ED	951,00

Modelo	Sup. (m ²)	Ventilación			Tensión (V)	Consumo máx./ud. (A)	Peso neto (Kg)	Desc. ed. (W)	Capacidad (W) Temp. evap -5°C		
		Caudal (m ³ /h)	Nº	Ø					ΔT 6°	ΔT 7°	ΔT 10°
SR-1-6	3,7	850	1	250	3,5	0,43	8,5	500	577	773	1.368
SR-2-6	7,2	1.700	2	250	3,5	0,43	16	940	1.494	1.764	2.831
SR-3-6	11,5	2.550	3	250	3,5	0,43	23	1.260	2.128	2.671	4.258
SR-4-6	14,5	3.400	4	250	3,5	0,43	30	1.800	2.985	3.660	5.697

Dimensiones	SR-1	SR-2	SR-3	SR-4
A (mm)	530	885	1.255	1.620
B (mm)	415	780	1.145	1.510
C (mm)	185	185	185	185



Ejemplo 3.2.1-1

Datos técnicos del evaporador SER modelo SR-1-6 calentado por aire:

R-404A

Potencia frigorífica $\dot{Q}_E = 773 \text{ W}$ con $\vartheta_E = -5^\circ\text{C}$, $\Delta T = 7 \text{ K}$ y una superficie de $A = 3,7 \text{ m}^2$

$$\text{Caudal de aire } \dot{V}_{aire} = 850 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,236 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Temperatura media del aire en el evaporador

$$\bar{\vartheta}_{aire} = \vartheta_E + \Delta T = -5^\circ\text{C} + 7 \text{ K} = 2^\circ\text{C}$$

La densidad del aire a 2°C es de aproximadamente $\rho = 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y el calor específico

$$c_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} .$$

$$\dot{m}_{aire} = \dot{V} \cdot \rho = 0,236 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,236 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

El caudal de masa del aire es de

$$\dot{Q}_E = c_p \cdot \dot{m}_{aire} \cdot (\vartheta_{aire-entrada} - \vartheta_{aire-salida}) , \text{ con } c_{p-aire} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\rightarrow \Delta T_{aire} = \vartheta_{aire-entrada} - \vartheta_{aire-salida} = \frac{\dot{Q}_E}{c_p \cdot \dot{m}_{aire}} = \frac{0,773 \text{ kW}}{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,236 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 3,3 \text{ K}$$

$$\rightarrow \vartheta_{aire-entrada} = \bar{\vartheta}_{med} + \frac{\Delta T_{aire}}{2} = 2^\circ\text{C} + 1,6 \text{ K} = 3,6^\circ\text{C} \quad \text{y} \quad \vartheta_{aire-salida} = \vartheta_{aire-entrada} - \Delta T_{aire} = 0,4^\circ\text{C}$$

Con la fórmula $\dot{Q}_c = c_{transmision} \cdot A \cdot \Delta T$ se calcula el coeficiente de transmisión del calor

$$c_{transmision} = \frac{\dot{Q}_E}{\Delta T \cdot A} = \frac{773 \text{ W}}{7 \text{ K} \cdot 3,7 \text{ m}^2} = 29,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

https://www.schiessl-kaelte.com/en_DE/Shop/Evaporators%20condensers/Evaporators/Evaporators/Wall%20mounted%20evaporators/ECO-air-cooler-wall-EP-80-powder-coated~p479791

<https://www.modinecoolers.com/coolers-software/>

<https://duckduckgo.com/?t=ffab&q=evaporator+coil+design+software+free+download&ia=web>

Software evaporadores

<https://www.modinecoolers.com/coolers-software/>

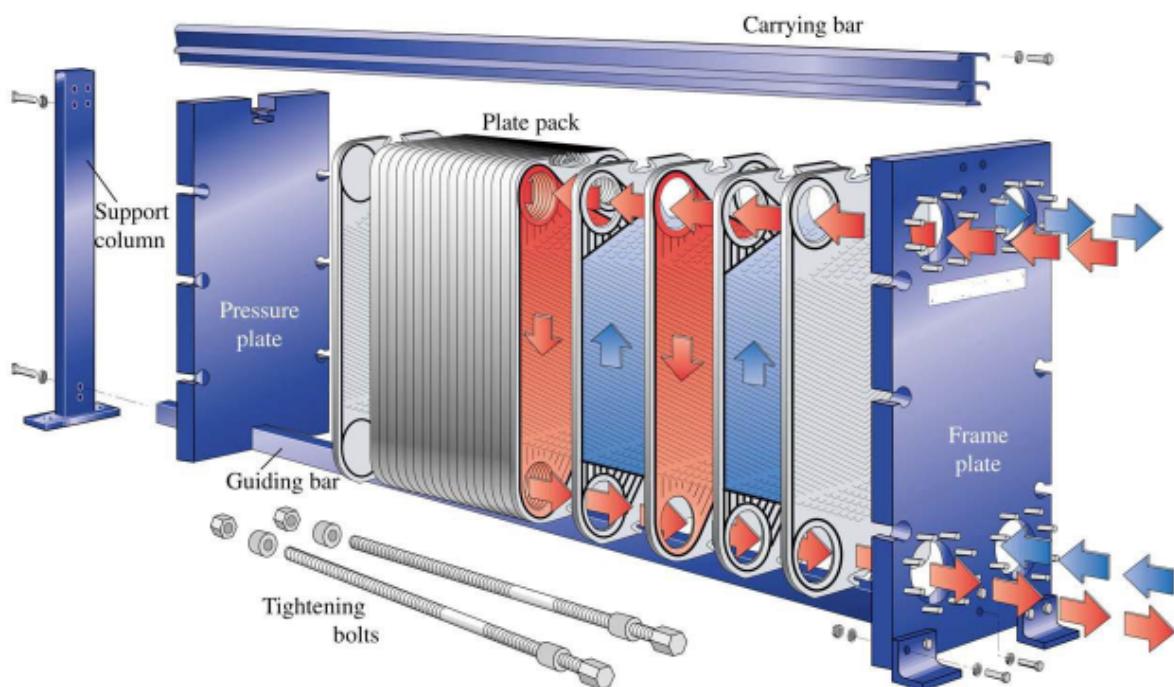
<https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2/#tab-overview>

3.2.2 Evaporadores calentados por agua

3.2.2.1 Evaporador de placas (plate type evaporator)

Están formados por placas de acero inoxidable y bastidor de acero al carbono. Se emplean para enfriar líquidos. Las placas acanaladas y asimétricas están soldadas herméticamente una contra la otra de manera tal que el gas refrigerante pueda fluir por entre ellas.

Este tipo de evaporador se utiliza para refrigerar líquidos en procesos industriales.



3.2.2.2 Evaporadores coaxiales (pipe coil evaporator)

Su constitución es identica a la del condensador coaxial. El agua a enfriar circula por el tubo interior mientras que el refrigerante lo hace por el espacio anular entre tubo exterior e interior.

Ejemplo 3.2.2.1

wieland

File User Settings About

Thermal Solutions ThermalS

Start WKE Heat Exchanger

Inside Evaporation in finned pipe coil	Type of tube selection Heat exchanger	Outside WKE finned annular gap coil
---	--	--

Heat exchanger selection WKE 10

Heat exchanger	Tube length	Tube count	Mantle diameter	Coil diameter
WKE 10	3.35 m	1	0.02 m	0.29 m
WKE 16	3.39 m	2	0.03 m	0.29 m
WKE 24	3.15 m	3	0.04 m	0.38 m
WKE 44	4.42 m	5	0.05 m	0.53 m

Configuration R134a/Water

Mantle diameter (dm)	23 mm
Tube count	1
Outside coil diameter (D)	0.31 m
Total height (H)	0.13 m
Refrigerant (inside)	R134a
Fouling factor (inside)	0 m ² K/W
Medium (outside)	Water
Fouling factor (outside)	0.000044 m ² K/W

WKE10

Calculation

Capacity	2.52 kW
Evaporation temperature	-5.00 °C
Outlet vapor superheat	5.00 K
Inlet vapor quality	20 %
Inlet temperature (outside)	5.00 °C
Outlet temperature (outside)	0.70 °C
Velocity (outside)	0.626 m/s
Flow rate (outside)	0.5 m ³ /h

En los datos técnicos del evaporador Wieland WKC 10 calentado por agua, se indica el flujo de calor absorbido con $\dot{Q}_E = 2,52 \text{ kW}$ en las siguientes condiciones, para R-134a.

$$\vartheta_{\text{agua-entrada}} = 5^\circ\text{C} , \quad \vartheta_{\text{agua-salida}} = 0,7^\circ\text{C} , \quad \vartheta_E = -5^\circ\text{C}$$

$$\dot{V}_{\text{agua}} = 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \dot{m}_{\text{agua}} = 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Cálculo de la temperatura media del agua en el evaporador

$$\bar{\vartheta}_{\text{agua}} = \frac{0,7^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}}{2} = 2,85^\circ\text{C}$$

Cálculo del flujo de calor transmitido al agua

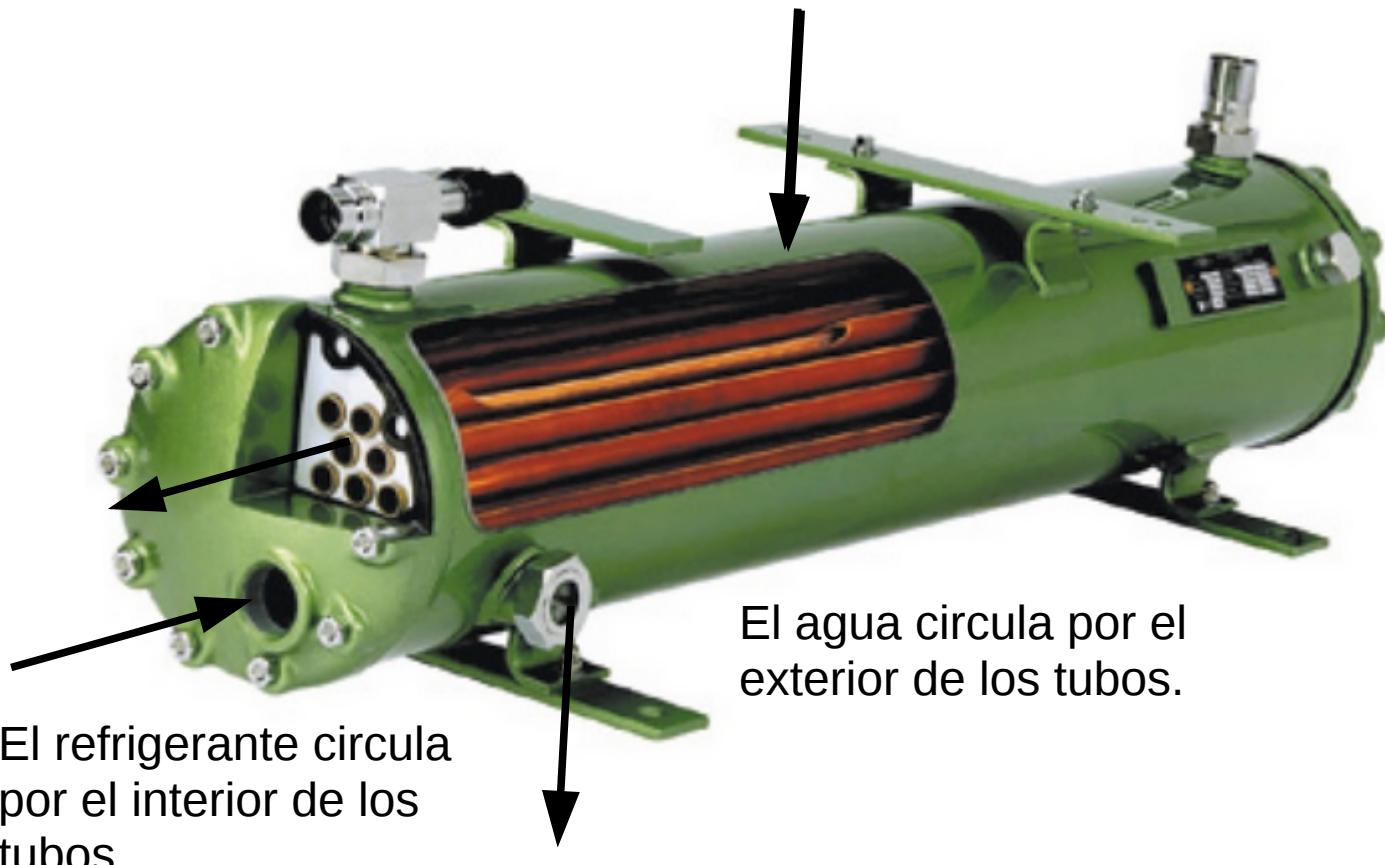
$$\dot{Q}_E = c_{p-\text{agua}} \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{\text{agua}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4,3 \text{ K} = 2,52 \text{ kW}$$

Cálculo de la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el agua

$$\Delta T = \bar{\vartheta}_{\text{agua}} - \vartheta_E = 2,85^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C}) = 7,85 \text{ K}$$

3.2.2.3 Evaporadores multitubulares (shell and tube evaporator)

Su constitución es identica a la de los condensadores multitubulares, sinembargo, a diferencia de estos, el refrigerante pasa por el interior de los tubos mientras que el agua circula por el exterior.



<https://youtu.be/GKHMsrIqHc>

<https://www.alfalaval.in/products/heat-transfer/tubular-heat-exchangers/shell-and-tube-evaporator/dh/>

4 Dispositivos de expansión

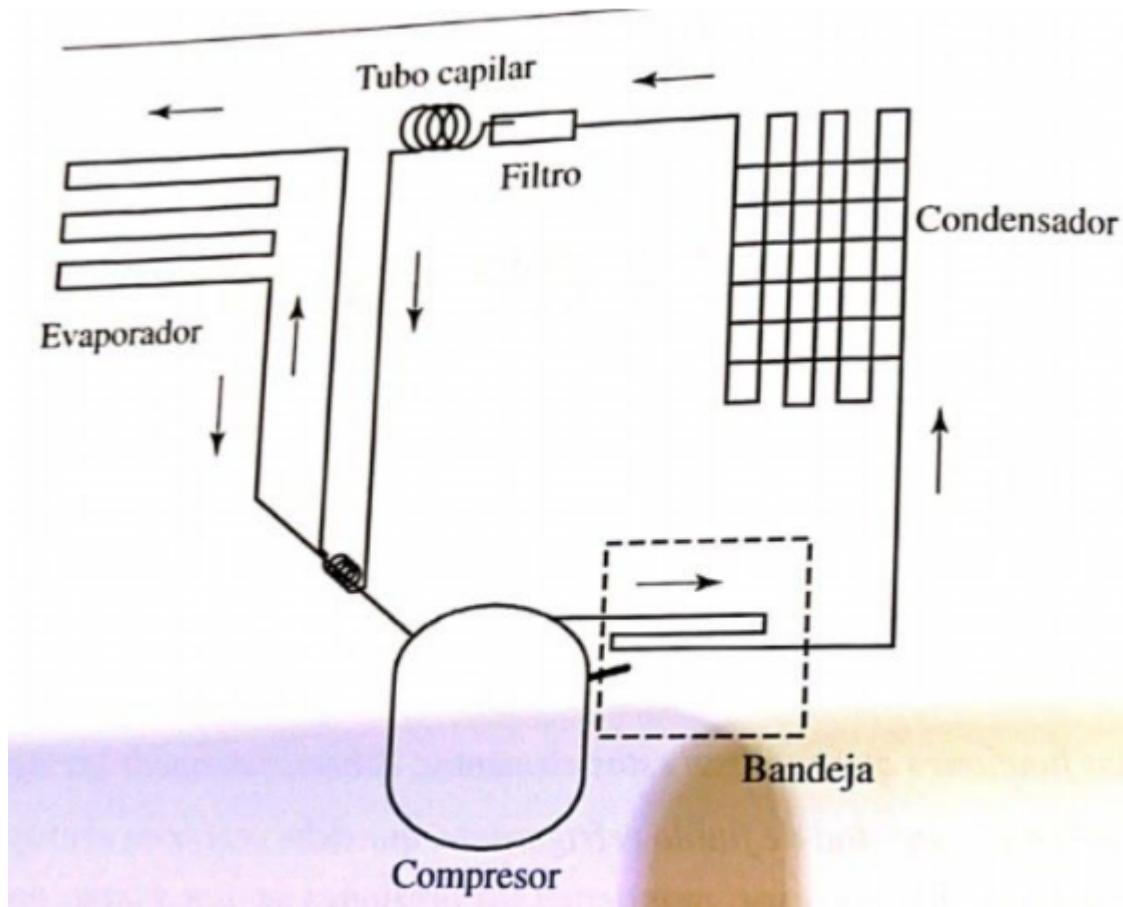
La función de los dispositivos de expansión es regular el paso del refrigerante líquido procedente del condensador, al evaporador. A la entrada del dispositivo de expansión, el refrigerante se encuentra en estado líquido a alta temperatura y presión. A la salida, el refrigerante es una mezcla de líquido y gas, a baja presión y temperatura.

Los principales dispositivos de expansión son

- Tubos capilares
- Válvulas de expansión termostáticas

4.1 Tubos capilares

Los tubos capilares se utilizan en instalaciones de reducida potencia, frigoríficos, aires acondicionados, mobiliario frigorífico, vitrinas refrigeradas ... Deben ser instalaciones con pequeña variación en la carga frigorífica.



En el esquema se muestra el circuito de un frigorífico. La tubería de descarga pasa por una bandeja que recoge el agua condensada en el interior del frigorífico, evaporándola.

Los tubos capilares son de diámetro reducido, normalmente de pocos milímetros en su interior. La caída de presión causada por el capilar depende de su diámetro interior y su longitud. A menor diámetro y mayor longitud, mayor será la caída de presión, que deberá corresponder a la diseñada para el circuito. La cantidad de refrigerante en aparatos con tubo capilar, está indicada en las características técnicas. En caso de reparación y recarga de refrigerante, se debe poner atención en llenar exactamente la cantidad indicada.

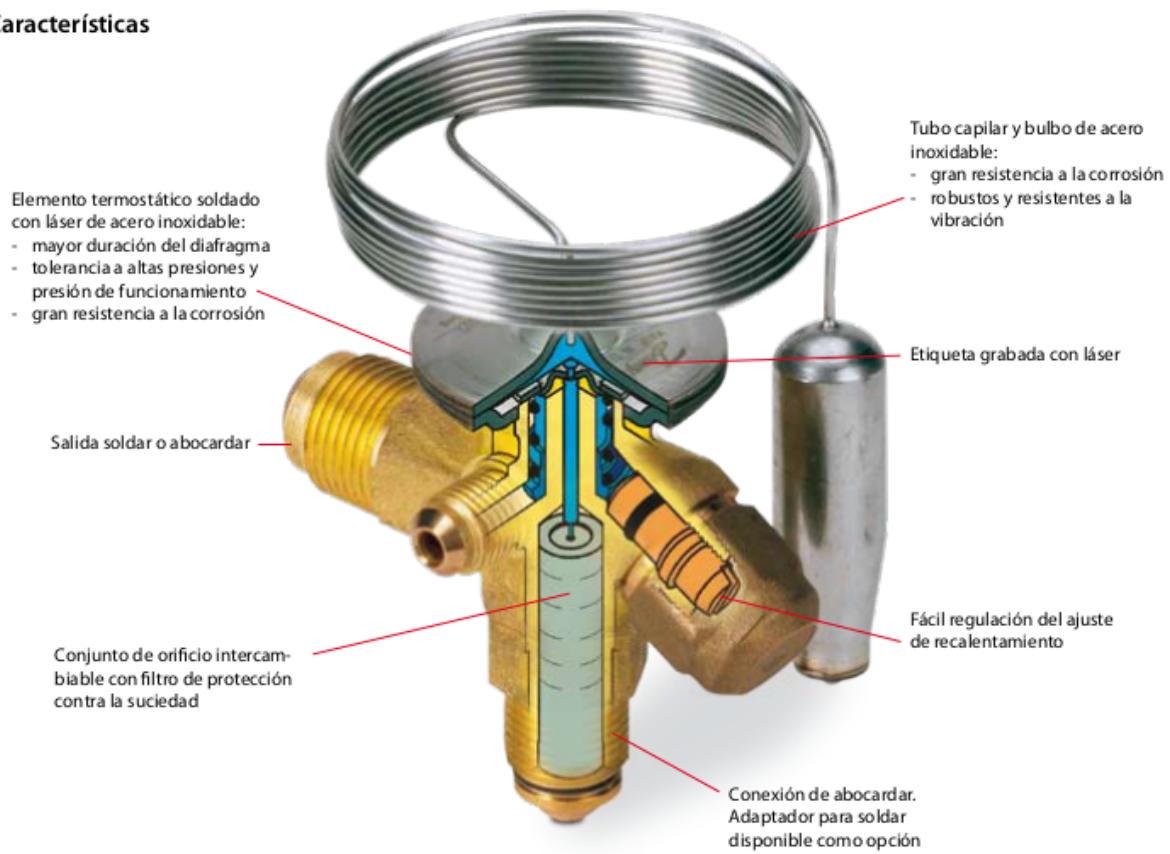


4.2 Válvulas de expansión termostáticas (VET)

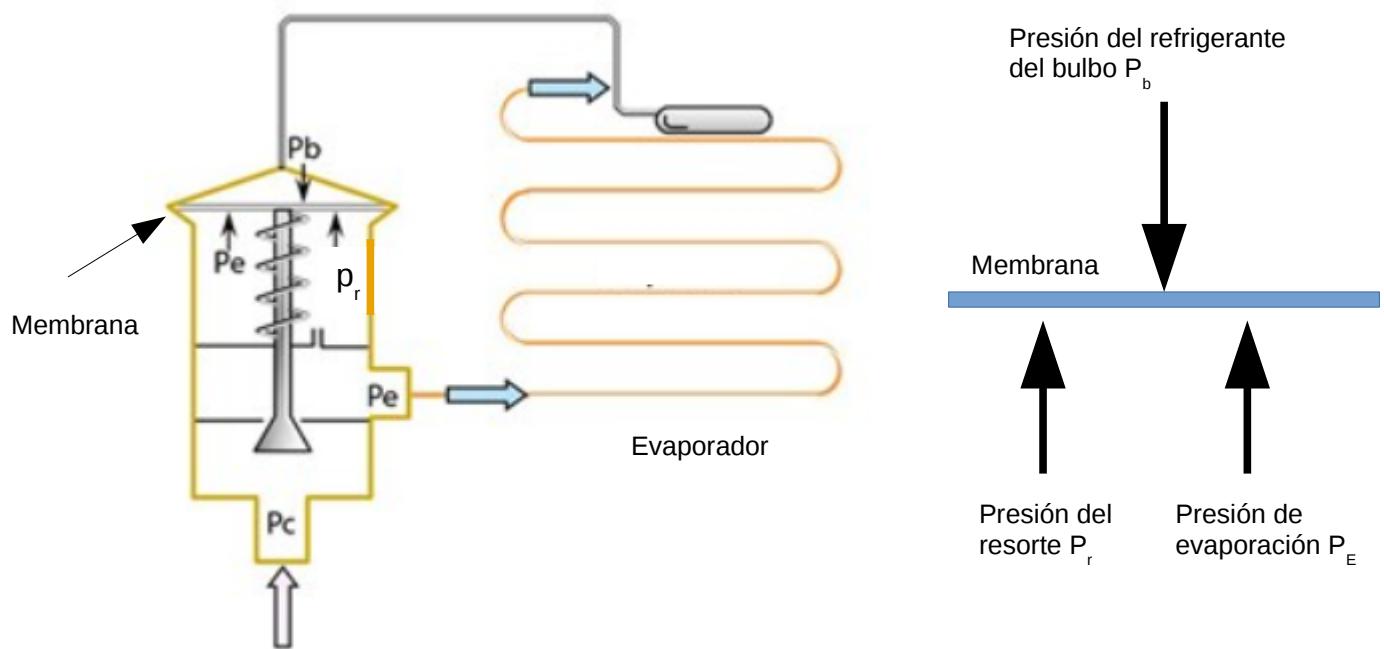
Las válvulas termostáticas regulan la cantidad de refrigerante que recibe el evaporador mediante un bulbo montado a la salida del evaporador. El bulbo, que normalmente contiene el mismo refrigerante que el circuito frigorífico, está unido a la válvula por un tubo capilar. Las válvulas termostáticas mantienen un sobrecaleamiento constante del gas refrigerante.

Imagen válvula expansión termostática



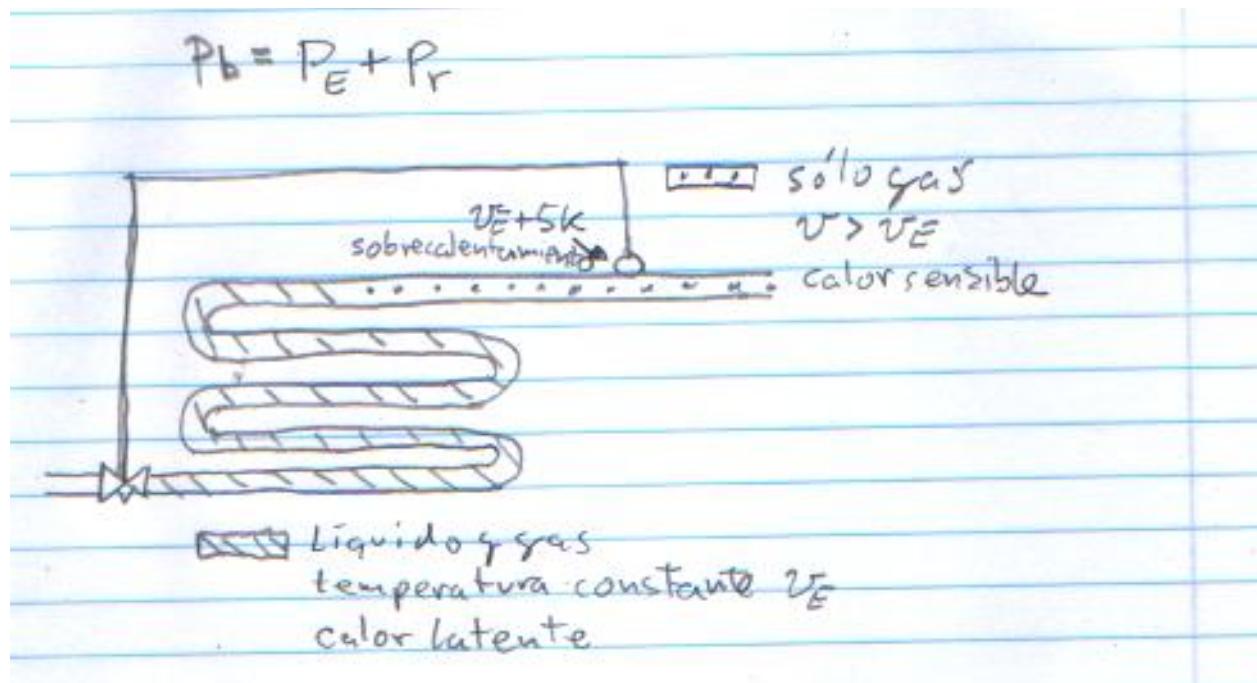
Características

En la válvula actúan tres fuerzas, la del refrigerante del bulbo, F_b que depende de la temperatura del bulbo. Esta fuerza actúa sobre una membrana, que a su vez mueve una aguja de modo que abre el paso al refrigerante. A la fuerza F_b se oponen, actuando sobre la misma membrana, las fuerzas causadas por la presión de evaporación F_E y la fuerza de un resorte F_r . Estas fuerzas son proporcionales a las presiones p_b, p_E y p_r que las causan.

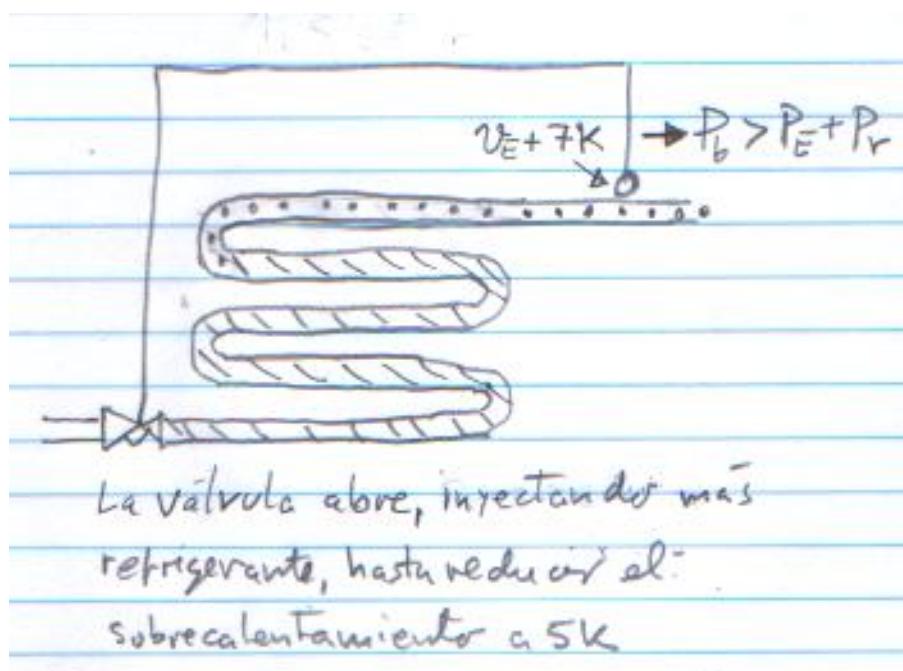


La válvula mostrada en este esquema se llama de igualación interna de presión, porque en su interior dispone de orificios que permiten que la presión en su salida al evaporador actúe sobre la membrana.

Cuando las tres presiones están en equilibrio $p_b = p_E + p_r$ la aguja mantiene su posición. La cantidad de refrigerante que se inyecta en el evaporador se mantiene constante. Supongamos que en este caso, el sobrecalentamiento sea de 5 K.

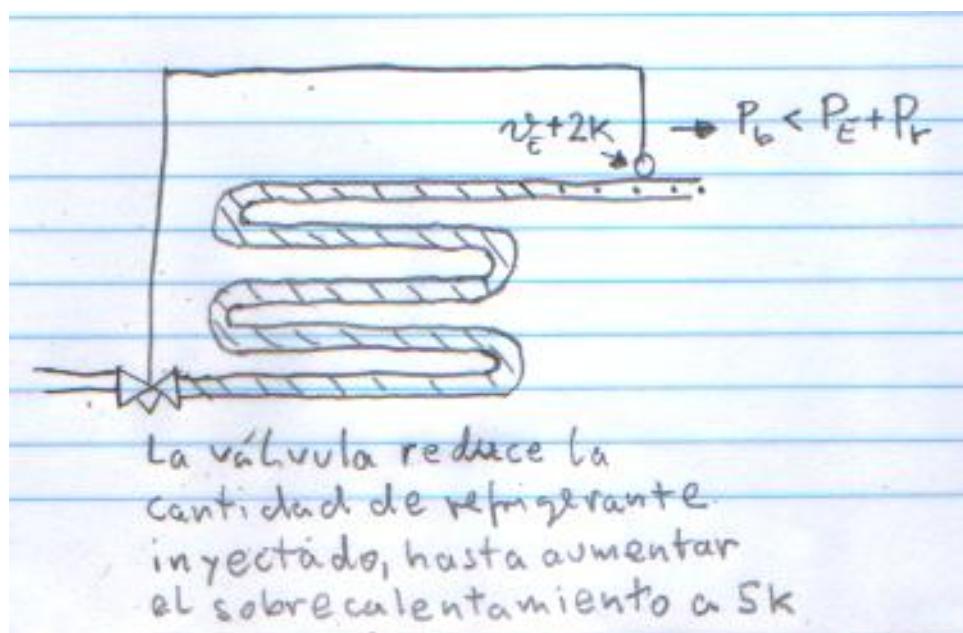


Si sube la temperatura en el recinto refrigerado, aumenta la cantidad de calor que absorbe el evaporador y el refrigerante líquido acaba de evaporar antes, es decir, el tramo del evaporador con gas sobre calentado aumenta. Supongamos que el sobre calentamiento en la posición del bulbo aumenta a 7 K. Este aumento causa una subida de la presión del refrigerante en su interior. Ahora $p_b > p_E + p_r$, la válvula abre, aumentando el flujo de refrigerante al evaporador. El tramo con gas sobre calentado se reduce y vuelve a establecerse un equilibrio cuando el sobre calentamiento alcanza 5 K.



Si baja la temperatura del recinto refrigerado, se reduce la cantidad de calor que absorbe el evaporador y el refrigerante líquido evapora más despacio. El tramo del evaporador con gas sobrecalentado se reduce. El sobrecalentamiento en la posición del bulbo descende, por ejemplo a 3 K. Esta reducción causa una bajada de la presión del refrigerante en su interior. Ahora

$p_b < p_E + p_r$, la válvula cierra, reduciendo el flujo de refrigerante al evaporador. El tramo con gas sobrecalentado aumenta y vuelve a establecerse un equilibrio cuando el sobrecalentamiento alcanza 5K.



El sobrecalentamiento causado por la válvula se puede ajustar variando la presión que el resorte ejerce sobre la membrana.

Ejemplo

En una válvula para R-134a, la temperatura de evaporación es de $\vartheta_E = -10^\circ\text{C}$. La presión de evaporación correspondiente es de $p_E = 2 \text{ bar}$. Si la presión que ejerce el resorte sobre la membrana es de $p_r = 0,5 \text{ bar}$, la presión necesaria para mantener en equilibrio la aguja de la válvula será de $p_E + P_r = 2,5 \text{ bar}$. Por tanto, para mantener abierta la válvula, la presión del refrigerante del bulbo deberá ser de $p_b = 2,5 \text{ bar}$, que corresponde a una temperatura de -4°C . El gas refrigerante a la salida del evaporador deberá tener esta temperatura y el sobrecalentamiento será de 6 K.

4.2.1 Ajuste del sobrecalentamiento

El sobrecalentamiento que causa una válvula termostática se puede variar, ajustando la presión del resorte. Al aumentar la presión del resorte, será necesaria mayor presión de bulbo para mantener abierta la válvula, el tramo de gas en el evaporador y el sobrecalentamiento aumentarán. Si se reduce la presión del resorte, el tramo de gas y el sobrecalentamiento disminuirán.

En el caso de que el resorte no haga presión, el tramo de gas sobrecalentado desaparece, la válvula queda abierta y el refrigerante llega a la salida del evaporador en forma de líquido y gas. No se produciría sobrecalentamiento del gas.

Si por el contrario el bulbo pierde su carga de refrigerante, la presión de apertura sobre la membrana se reduciría a la presión atmosférica $p_b = 1 \text{ bar}$, que normalmente es menor a la presión de evaporación. La consecuencia es que la válvula cierra el paso al refrigerante. La diferencia de presión entre aspiración y descarga aumentaría hasta que un presostato actuase desconectando el compresor.

Ejercicio 4.2.1-1

En una válvula termostática para R-134a la temperatura de evaporación es de $\vartheta_E = -10^\circ C$.

a) La presión que ejerce el resorte sobre la membrana es de $p_r = 1 bar$.

b) La presión que ejerce el resorte sobre la membrana es de $p_r = 0,2 bar$.

Indica el sobrecalentamiento necesario para que la válvula se mantenga en equilibrio en los casos a) y b)

Dibuja un esquema del evaporador para cada caso, indicando el tramo en el que el gas refrigerante se sobrecalienta.

Ejercicio 4.2.1-2

Una VET injecta R-134a en un evaporador, la membrana se encuentra en equilibrio

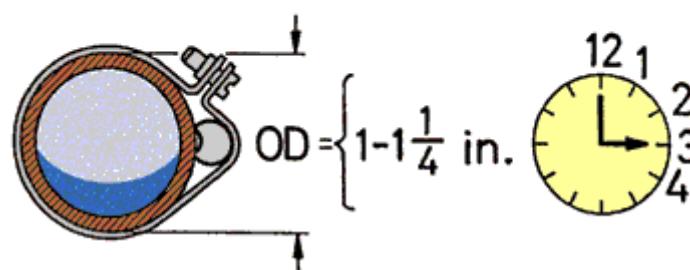
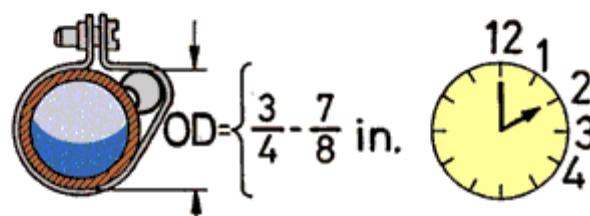
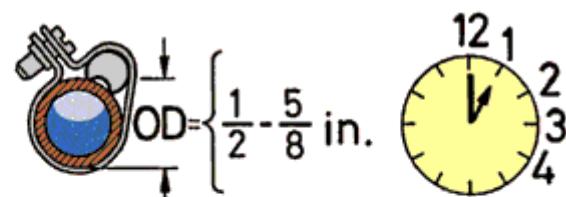
($p_b = p_E + p_r$) a una presión de evapòración de $p_E = 3 bar$ y un sobrecalentamiento de 5 K.

Indica la presión del refrigerante en el bulbo y la presión que ejerce el resorte.

Si se ajusta el resorte aumentando su presión a 1 bar, cual será el sobrecalentamiento?

4.2.2 Montaje y posición del bulbo de la válvula termostática

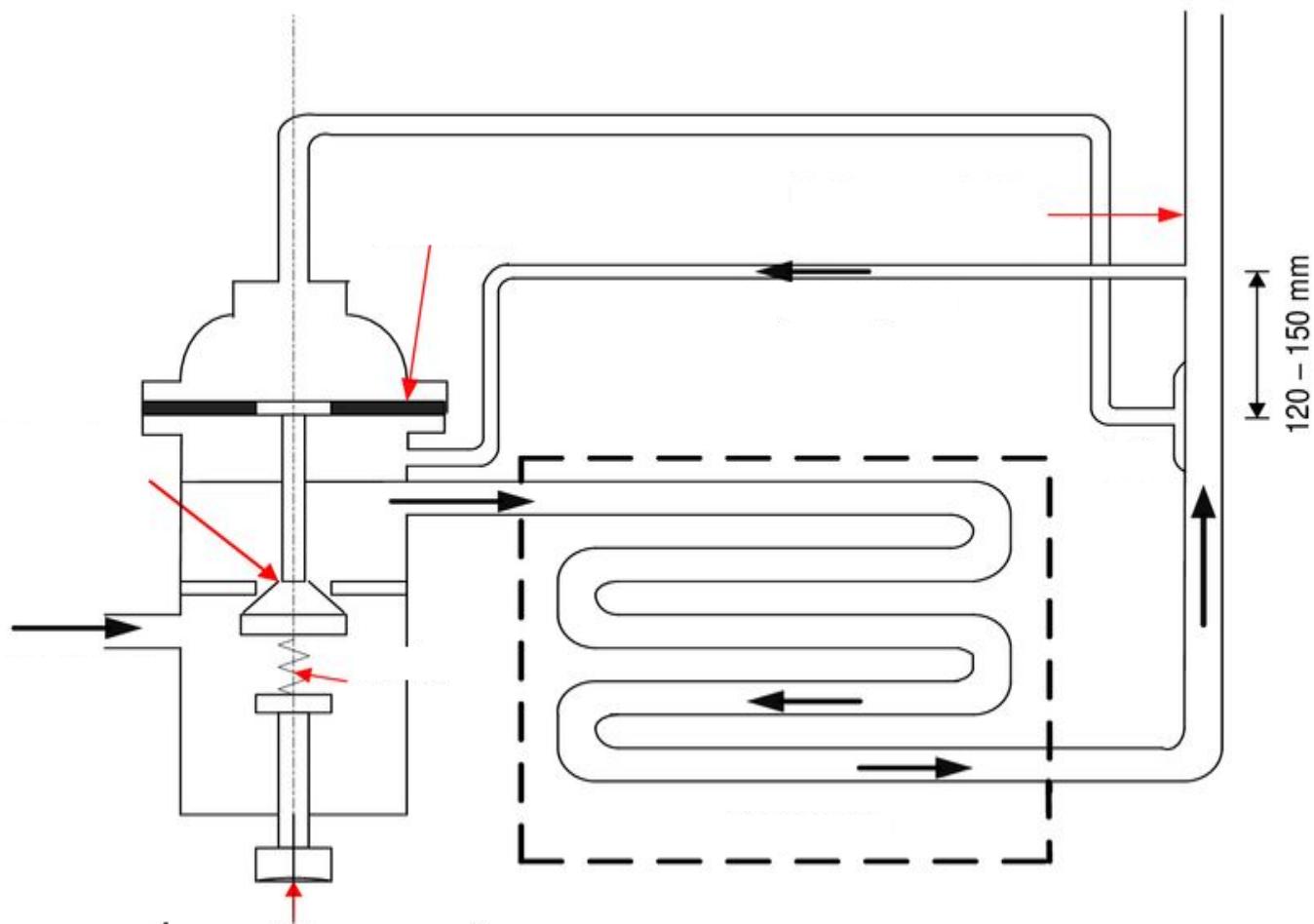
El bulbo debe montarse sobre lo más cercano posible a la salida del evaporador sobre un tramo de tubería horizontal. Debe colocarse en las posiciones indicadas en la imagen y poniendo atención a que nada impida la transmisión de calor entre tubería y tubo (atención a la suciedad). El bulbo se deberá apretar fuertemente a la tubería con la abrazadera metálica suministrada. Tubería y bulbo deben estar perfectamente limpios. Para que únicamente el calor del gas que circula por la tubería influya sobre el bulbo, bulbo y tubería se cubrirán con aislamiento térmico.



4.2.3 Válvula termostática con igualación externa de presión

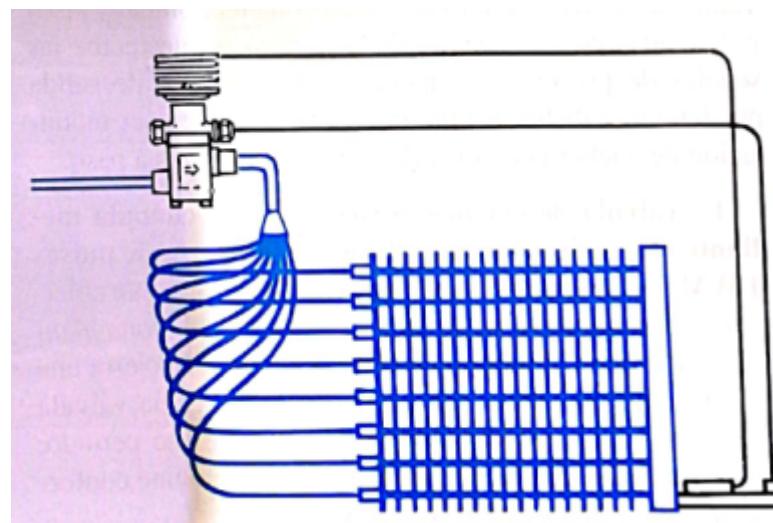
Cuando en un evaporador se producen diferencias de presión significantes entre la entrada y la salida, se monta una válvula de expansión en la que, mediante un tubo capilar, la presión que actúa sobre la membrana es la de la salida del evaporador. Estas válvulas se llaman de igualación externa de presión.

En los evaporadores con distribuidor se producen caídas de presión considerables entre la presión en la salida de la válvula de expansión y la presión del refrigerante en el lugar de montaje del bulbo. Este aumento de presión sobre la membrana del lado del refrigerante expandido, respecto a la presión del bulbo, hace que el sobrecalentamiento necesario para regular el refrigerante inyectado aumente. La válvula de igualación interna deja de funcionar en las condiciones para las que fue diseñada y se hace necesario montar una válvula con igualación externa.



Un ejemplo sería un evaporador en el que el refrigerante R-134a se reparte con un distribuidor. Si la presión a la salida de la válvula de expansión es de 3 bar ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) y se produce una caída de presión de 1 bar hasta la salida del evaporador, la presión en la posición del bulbo será de 2 bar ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$). En una válvula de igualación interna, la presión de evaporación p_E sería 1 bar superior a la presión del bulbo p_b y el sobrecalentamiento necesario para mantener en equilibrio la válvula aumentaría en 10 K. Esto provocaría un aumento del tramo necesario para sobrecalentar el gas, reduciendo el rendimiento del evaporador.

Con una válvula de igualación externa, la presión de bulbo p_b y evaporación p_E serían iguales, 2 bar, y el sobrecalentamiento correspondería a la presión ejercida por el resorte p_r .



Cuando el evaporador tiene varios circuitos de tubos paralelos, se colocan boquillas distribuidoras que permiten conectar el expansor con el evaporador. El montaje de la boquilla debe ser de forma que el fluido refrigerante se desplace verticalmente hacia abajo.



4.2.4 Válvula termostática con limitación de presión (MOP)

La fuerza (par) que un motor necesita para arrancar un compresor, aumenta con la presión del gas en la toma de aspiración. Para no sobrecargar el motor durante el arranque, puede ser necesario limitar la presión máxima de aspiración.

Durante el tiempo de parada de un compresor, debido a la tendencia natural de compensarse las presiones, el refrigerante tiende a desplazarse de las zonas de alta presión (condensador, depósito de líquido), a las de baja presión (evaporador, aspiración del compresor). Esto causa un aumento de la presión en la toma de aspiración, especialmente si la temperatura en el recinto refrigerado también sube. Otro motivo para el aumento de la presión de aspiración es el desescarche del evaporador, ya que el calor aportado por las resistencias evapora todo el refrigerante líquido contenido en el evaporador.

Las válvulas termostáticas MOP (Maximum Operating Pressure) se fabrican con una reducida cantidad de refrigerante en el bulbo, de manera que, al superar la temperatura de aspiración un valor límite, su carga se ha evaporado por completo. En este estado una subida de la temperatura por encima del límite no produce evaporación y apenas contribuye a aumentar la presión del bulbo. La válvula se mantendrá cerrada mientras que la presión del evaporador supere la presión del bulbo.

[https://ishrae.in/newsdetails/Maximum-Operating-Pressure-\(MOP\)/462](https://ishrae.in/newsdetails/Maximum-Operating-Pressure-(MOP)/462)

4.2.5 Selección de la válvula termostática

Para seleccionar la válvula termostática apropiada para una instalación, se han de tener en cuenta los siguientes parámetros:

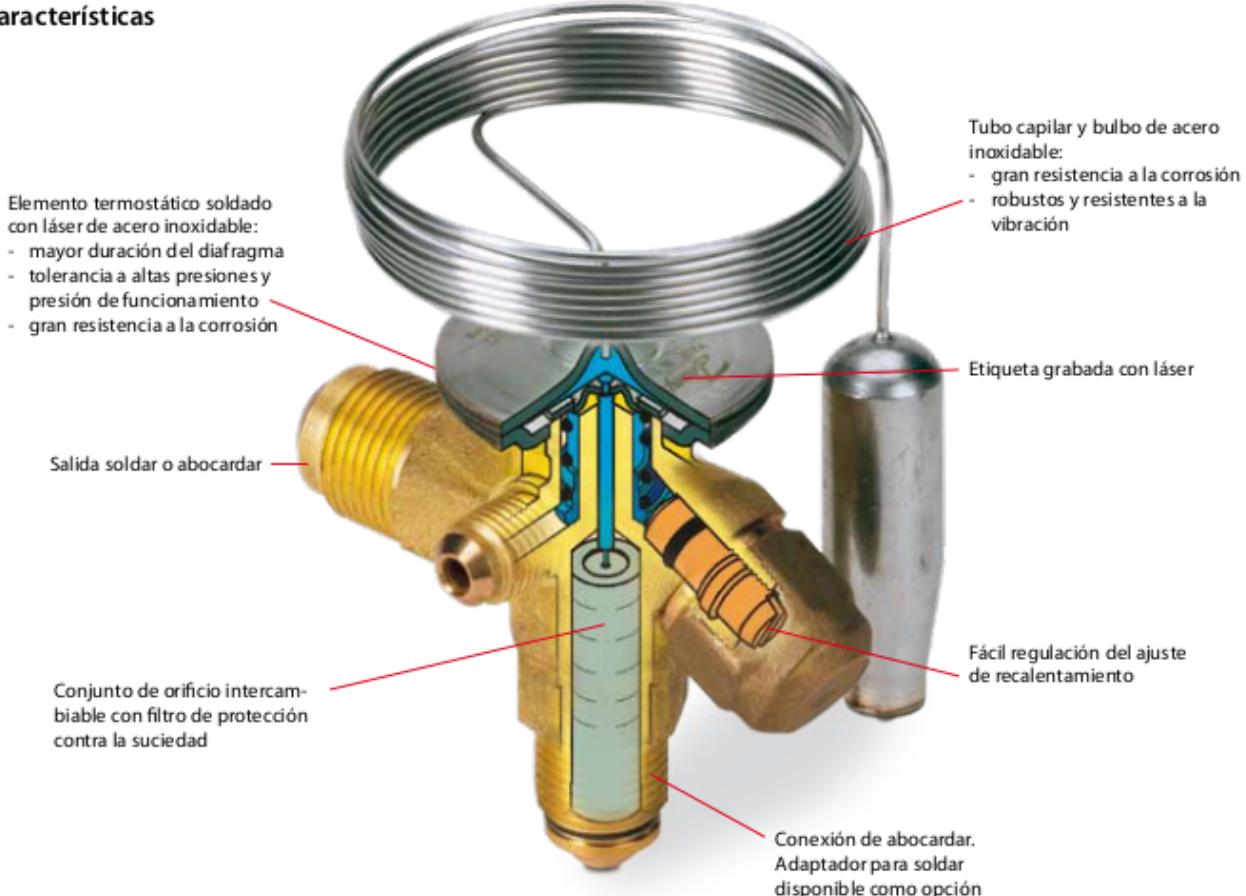
- Potencia frigorífica necesaria (capacidad de planta).
- Diferencia de presión entre entrada y salida de la válvula (caída de presión) → Temperaturas de condensación y evaporación.
- El refrigerante utilizado, sus características determinan las presiones y la potencia frigorífica.
- El tipo de conexión entre válvula y tubería, conexión abocardada o soldada.



T2 / TE2: de toda garantía y fácil de utilizar

Las válvulas de expansión termostática regulan la inyección de líquido refrigerante en los evaporadores. La inyección se controla en función del recalentamiento del refrigerante. Por tanto, son especialmente adecuadas para inyección de líquido en evaporadores "secos", en los cuales el recalentamiento a la salida del evaporador es proporcional a la carga de éste.

Características



Datos técnicos y pedidos

Elemento termostático con abrazadera de sensor, sin: orificio, cono de filtro y tuercas

Conexión abocardar x abocardar

Refrigerante	Tipo de válvula	Igualación de presión Abocardar	Tubo capilar	Conexión		Código ¹⁾					
				Entrada x Salida		Gama N -40 a +10°C		Gama NM -40 a -5°C	Gama NL -40 a -15°C		
				m	in. x in.	mm x mm	Sin MOP	MOP +15°C	MOP 0°C		
R22	TX 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3206	068Z3208	068Z3224	068Z3226	068Z3207	068Z3228
	TEX 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3209	068Z3211	068Z3225	068Z3227	068Z3210	068Z3229
R407C	TZ 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3496	068Z3516				
	TEZ 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3501	068Z3517				
R134a	TN 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3346	068Z3347	068Z3393	068Z3369		
	TEN 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3348	068Z3349	068Z3392	068Z3370		
R404A/R507	TS 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3400	068Z3402	068Z3406	068Z3408	068Z3401	068Z3410
	TES 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3403	068Z3405	068Z3407	068Z3409	068Z3404	068Z3411

Elemento termostático con abrazadera de sensor, sin: orificio, cono de filtro y tuercas

Conexión abocardar x soldar

Refrigerante	Tipo de válvula	Igualación de presión Soldar	Tubo capilar	Conexión		Código ¹⁾				
				Entrada abocardar	Salida soldar ODF	Gama N -40 a +10°C		Gama NL -40 a -15°C	Gama B -60 a -25°C	
						Sin MOP	MOP +15°C	MOP -10°C	Sin MOP	MOP -20°C
R22	TX 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3281	068Z3287		068Z3357	068Z3319
	TX 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3302	068Z3308	068Z3366	068Z3361	068Z3276
R407C	TEX 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3284	068Z3290		068Z3359	068Z3220
	TEX 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3305	068Z3311	068Z3367	068Z3363	068Z3277
R407C	TZ 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3502	068Z3329			
	TZ 2	-	1.5	10 mm	12 mm		068Z3514			
R134a	TEZ 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3446	068Z3447			
	TEZ 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3503	068Z3515			
R134a	TN 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3383	068Z3387			
	TN 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3384	068Z3388			
R404A/R507	TEN 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3385	068Z3389			
	TEN 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3386	068Z3390			
R404A/R507	TS 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3414	068Z3416	068Z3429	068Z3418	068Z3420
	TS 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3435	068Z3423	068Z3436	068Z3425	068Z3427
R404A/R507	TES 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3415	068Z3417	068Z3430	068Z3419	068Z3421
	TES 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3422	068Z3424	068Z3437	068Z3426	068Z3428

Conjunto de orificio

Nº orificio	Gama N: -40 a +10°C						Gama B: -60 a -25°C				Código ¹⁾	
	Capacidad nominal en toneladas (TR)			Capacidad nominal en kW			Capacidad nominal en toneladas (TR)	Capacidad nominal en kW	R22	R404A R507	Versión abocardar x abocardar ²⁾	Versión para adaptador soldar cobre ²⁾
	R22	R407C	R134a	R404A R507	R22	R407C	R134a	R404A R507	R22	R404A R507		
0X	0.15	0.16	0.11	0.11	0.50	0.50	0.40	0.38	0.15	0.11	0.50	0.38
00	0.30	0.30	0.25	0.21	1.0	1.1	0.90	0.70	0.20	0.21	0.70	0.70
01	0.70	0.80	0.50	0.45	2.5	2.7	1.8	1.6	0.30	0.45	1.0	1.6
02	1.0	1.1	0.80	0.60	3.5	3.8	2.6	2.1	0.60	0.60	2.1	2.1
03	1.5	1.6	1.3	1.2	5.2	5.6	4.6	4.2	0.80	1.0	2.8	3.5
04	2.3	2.5	1.9	1.7	8.0	8.6	6.7	6.0	1.2	1.4	4.2	4.9
05	3.0	3.2	2.5	2.2	10.5	11.3	8.6	7.7	1.5	1.7	5.2	6.0
06	4.5	4.9	3.0	2.6	15.5	16.7	10.5	9.1	2.0	1.9	7.0	6.6

La capacidad nominal está basada en: Temperatura de evaporación te = +5°C para rango N y te = -30°C para rango B, Temperatura de condensación tc = +32°C, y temperatura de refrigerante líquido delante de la válvula tl = +28°C.

Adaptador soldar cobre sin conjunto de orificio

Conexión - soldador ODF	Código ¹⁾
1/4 in.	068-2062
6 mm	068-2063
6 mm	068-4101 ²⁾
3/8 in.	068-2060
10 mm	068-2061
10 mm	068-4100 ²⁾

¹⁾ Códigos en negrita ofrecen habitualmente plazos de entrega más cortos

²⁾ Incluido el filtro

Filtro

Tipo de filtro	Código ¹⁾
Para conexión abocardar	068-0003
Para adaptador soldar cobre	068-0015

El adaptador está diseñado para utilizarse con las válvulas de expansión termostática T2 y TE2.

Cuando el adaptador se acopla debidamente, cumple los requisitos de estanqueidad estipulados por la directiva DIN 8964.

El orificio estándar (aboc. x aboc.) de las T2 y TE2 puede utilizarse con el adaptador soldar cobre cuando se cambia el filtro de la válvula de expansión por otro filtro pedido por separado. Sólo de esta manera se cumplen los requisitos DIN 8964. No se puede utilizar el adaptador de soldar cobre (FSA) en la entrada de la T2.

Capacidades

Tipo de válvula/ Orificio	Temp. cond. ¹⁾ [°C]	R22					R134a					R404A/R507					R407C				
		Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]				
		Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]				
T2 / 0X	-30	0.49	0.51	0.55	0.54	0.51	0.35	0.40	0.41	0.41	0.40	0.33	0.35	0.37	0.42	0.41	0.59	0.59	0.59	0.58	0.55
	-25	0.95	1.00	1.1	1.1	1.1	0.61	0.73	0.75	0.77	0.77	0.61	0.66	0.70	0.85	0.88	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2
	-20	1.6	1.7	2.4	2.7	2.7	0.88	1.3	1.5	1.6	1.6	0.96	1.1	1.2	1.8	2.1	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2
	-15	2.2	2.5	3.5	3.9	3.9	1.2	1.9	2.0	2.1	2.2	1.3	1.5	1.7	2.6	3.0	3.7	4.0	4.3	4.5	4.6
	-10	3.9	4.3	6.2	6.9	7.0	2.2	3.3	3.6	3.8	4.0	2.4	2.7	3.1	4.7	5.4	6.6	7.1	7.6	8.1	8.3
	-5	5.7	6.4	9.1	10.2	10.5	3.2	4.8	5.2	5.6	5.9	3.5	4.0	4.6	7.0	8.0	9.8	10.6	11.4	12.0	12.5
	0	7.3	8.0	11.6	13.0	13.3	4.0	6.1	6.6	7.1	7.5	4.5	5.1	5.8	8.9	10.2	12.4	13.4	14.4	15.2	15.7
T2 / 0X	5	8.9	9.8	14.1	15.9	16.3	4.9	7.5	8.2	8.7	9.1	5.5	6.2	7.1	10.8	12.4	15.1	16.4	17.6	18.6	19.2
	10	0.53	0.55	0.60	0.61	0.60	0.37	0.44	0.45	0.45	0.46	0.32	0.34	0.36	0.42	0.43	0.61	0.62	0.63	0.63	0.62
	15	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	0.64	0.79	0.83	0.86	0.88	0.59	0.64	0.69	0.86	0.92	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
	20	1.7	1.8	2.6	3.0	3.2	0.93	1.4	1.6	1.7	1.9	0.92	1.1	1.2	1.8	2.2	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5
	25	2.3	2.6	3.8	4.4	4.7	1.3	2.0	2.2	2.4	2.6	1.2	1.4	1.7	2.7	3.2	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
	30	4.1	4.6	6.8	7.9	8.4	2.3	3.6	4.0	4.4	4.7	2.2	2.6	3.0	4.8	5.7	7.0	7.6	8.3	8.9	9.4
	35	6.1	6.8	10.1	11.8	12.5	3.4	5.3	5.8	6.4	6.9	3.3	3.9	4.5	7.1	8.5	10.3	11.3	12.3	13.3	14.2
T2 / 0X	40	7.7	8.6	12.8	14.9	15.8	4.2	6.7	7.4	8.1	8.8	4.3	4.9	5.6	9.0	10.7	13.0	14.3	15.6	16.7	17.8
	45	9.5	10.5	15.6	18.2	19.3	5.2	8.2	9.1	9.9	10.7	5.2	6.0	6.9	11.0	13.1	15.9	17.4	19.0	20	22
	50	0.55	0.57	0.64	0.65	0.64	0.38	0.45	0.47	0.48	0.49	0.29	0.31	0.33	0.40	0.42	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64
	55	1.0	1.1	1.3	1.4	1.4	0.65	0.82	0.86	0.90	0.94	0.55	0.60	0.64	0.83	0.90	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
	60	1.7	1.9	2.8	3.2	3.4	0.96	1.5	1.7	1.8	2.0	0.85	0.98	1.1	1.8	2.1	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7
	65	2.4	2.7	4.0	4.8	5.1	1.3	2.1	2.4	2.6	2.8	1.1	1.3	1.5	2.6	3.2	3.9	4.3	4.7	5.2	5.6
	70	4.3	4.8	7.2	8.5	9.2	2.3	3.8	4.2	4.7	5.1	1.9	2.3	2.7	4.6	5.7	7.0	7.7	8.5	9.2	9.9
T2 / 0X	75	6.3	7.1	10.7	12.7	13.7	3.4	5.6	6.2	6.9	7.6	3.0	3.5	4.1	6.9	8.4	10.4	11.5	12.6	13.8	14.9
	80	8.0	9.0	13.6	16.1	17.3	4.3	7.0	7.8	8.7	9.6	3.8	4.4	5.2	8.7	10.6	13.2	14.5	15.9	17.3	18.7
	85	9.8	11.0	16.6	19.6	21	5.3	8.6	9.6	10.7	11.7	4.7	5.5	6.4	10.6	12.9	16.0	17.7	19.4	21	23
	90	0.56	0.58	0.65	0.67	0.67	0.38	0.45	0.47	0.49	0.50	0.26	0.28	0.30	0.37	0.39	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63
	95	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	0.63	0.81	0.86	0.90	0.95	0.48	0.53	0.57	0.75	0.82	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
	100	1.7	1.9	2.8	3.3	3.6	0.95	1.5	1.7	1.9	2.0	0.74	0.86	1.0	1.7	2.0	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6
	105	2.3	2.6	4.1	5.0	5.4	1.2	2.1	2.4	2.7	2.9	0.82	1.0	1.3	2.4	2.9	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6
	110	4.3	4.8	7.4	8.9	9.6	2.2	3.8	4.3	4.8	5.3	1.5	1.8	2.2	4.2	5.3	6.8	7.5	8.3	9.1	9.9
T2 / 0X	115	6.4	7.2	11.0	13.3	14.4	3.4	5.7	6.4	7.2	7.9	2.4	2.9	3.5	6.3	7.8	10.1	11.3	12.4	13.7	14.9
	120	8.1	9.1	14.0	16.7	18.1	4.2	7.0	8.0	9.0	10.0	3.0	3.7	4.4	7.9	9.9	12.8	14.2	15.7	17.2	18.7
	125	9.9	11.1	17.0	20	22	5.2	8.7	9.8	11.0	12.1	3.8	4.6	5.4	9.7	12.1	15.6	17.3	19.1	21	23

¹⁾ Temp. de condensación en el punto de burbuja.

Factor de corrección

Refrigerante	Subenfriamiento [K]										
	2	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
R22	0.98	1	1.06	1.11	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.39	1.44
R134a	0.98	1	1.08	1.13	1.19	1.25	1.31	1.37	1.42	1.48	1.54
R404A/R507	0.96	1	1.10	1.20	1.29	1.37	1.46	1.54	1.63	1.70	1.78
R407C	0.97	1	1.08	1.14	1.21	1.27	1.33	1.39	1.45	1.51	1.57

<p>Cuando el subenfriamiento ≠ 4 K entonces:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor de tabla × Factor = Capacidad de planta 2. Capacidad de planta : Factor = Valor de tabla <p>Ejemplo: Refrigerante = R407C Q_{nom} = 10 kW t_e = 0°C t_c = 55°C Δt_{sub} = 25 K</p> <p>Selección:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. T2, Orificio 04 = 12.4 kW × 1.27 = 15.75 kW → Válvula muy grande <p>Selección correcta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 10 kW / 1.27 = 7.9 kW → T2, Orificio 03 	<p>Elemento termostatico + Orificio</p>
--	---

Ejemplo 4.2.5-1

Para una vitrina refrigerada, con una potencia frigorífica de 0,55 kW, selecciona la válvula termostática adecuada, teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

Refrigerante R-134a

Temperatura de evaporación $\vartheta_E = 0^\circ C$

Temperatura de condensación $\vartheta_C = 54^\circ C$

SC = SE = 5 K

Igualación de presión interna

MOP +15 °C

Conexiones de soldar en entrada 3/8" y salida 1/2"

Con un SE de 5 K, el factor de corrección es 1 →

$$\frac{\text{Capacidad planta}}{\text{factor}} = \frac{0,55 \text{ kW}}{1} = 0,55 \text{ kW} = \text{Valor tabla}$$

Tabla capacidades → Inyector 0X (0,49 kW a $\vartheta_C = 55^\circ C$ y $\vartheta_E = 0^\circ C$)

Cuerpo válvula TN2 – ref. 068Z3387 o 88 – precio 98,10 euros

Orificio (inyector) 0X – ref. 068 2089 – 40,40 euros

Adaptador (incluye filtro) para soldar tubería de líquido (3/8") – 068 2060 – 33,80 euros

Precios tarifa Beijer 2022 - <https://beijer.es/catalogos>

T-2/TE-2 Elemento Termostático/Cuerpo de válvula. Conexión Roscar-Roscar.

Gas	Rango N -40°C +10°C sin MOP	Rango B -60/-25°C con MOP	Conexión Entr. x Sal.	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-22*	68Z3206	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0017	123,30
	-	68Z3228	3/8x1/2		300.300.0018	125,40
	68Z3209	-	3/8x1/2	TE 2	300.300.0019	202,00
	-	68Z3229	3/8x1/2		300.300.0020	213,00
R-134a / R513A	68Z3346	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0021	96,40
	68Z3348	-	3/8x1/2	TE 2	300.300.0022	157,70
R-404A	68Z3400	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0023	96,40
	-	68Z3410	3/8x1/2		300.300.0024	97,80
	68Z3403	-	3/8x1/2		300.300.0025	157,70
	-	68Z411	3/8x1/2	TE 2	300.300.0026	172,50
R-407C	68Z3501	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0027	157,70
	68Z3496	-	3/8x1/2		300.300.0028	96,40
R-407F	068Z3715	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0029	159,70
R-407A	068Z3714	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0030	163,90
R-448A / R-449A	068Z3727	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0261	93,00
	068Z3728	-	3/8x1/2	TE2	300.300.0262	157,70
R454C	068Z7483	-	3/8X1/2	T 2	300.300.0340	115,80
	068Z7485	-	3/8X1/2	TE2	300.300.0333	182,30
	068Z7492 (1)	-	3/8X1/2	TE2	300.300.0334	182,30



C.2

C.3
549

(*) Sólo para reposición.

• MOP= Máxima presión de funcionamiento. Protege el motor del compresor de una evaporación excesiva.

• Modelos con una letra E en la descripción son con igualación externa.

Necesitan instalación de un tubo compensador en la aspiración

Inyectores
ORIFICIOS PARA VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS
Roscar-Roscar

Capacidad Frigorífica (kW)										K	CÓDIGO DANFOSS	MODELO Orificio	MODELO Cuerpo Válvula	CÓDIGO	Precio EUROS	
N: (-40°C a +10°C)					B: (-60°C a - 25°C)											
R-22/407C	R-134A	R-404A	R-407A	R-407F	R-22/407C	R-404A	-25°C	-25°C	-35°C							
+7,2°C -25°C	+7°C -10°C	0°C -10°C	0°C -10°C	0°C -10°C	0°C -10°C	0°C -10°C	-	-	-	4	68-2002	0X	T-2/TE-2	37,10	300.300.0001	
0,62	0,60	0,54	0,44	0,43	0,41	0,93	0,91	1,10	1,00	-						
-	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	40						
1,34	1,17	0,91	0,81	0,93	0,85	1,8	1,7	2,00	1,90	1,1						
-	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	1,49						
3,35	2,18	1,95	1,46	2,18	1,84	3,5	2,9	4,00	3,30	2,1						
-	2,94	-	-	-	-	-	-	-	-	2,84						
5,06	3,12	2,8	2,06	3,25	2,68	4,7	3,7	5,30	4,10	2,9						
-	4,21	-	-	-	-	-	-	-	-	3,92						
9,05	5,57	5,01	3,69	5,8	4,79	8,1	6,2	9,10	7,10	5,3						
-	7,52	-	-	-	-	-	-	-	-	7,16						
13,61	8,22	7,41	5,42	8,64	7,11	12,2	9,2	13,80	10,40	7,8	68-2007	04	T-2/TE-2	37,10	300.300.0005	
-	11,10	-	-	-	-	-	-	-	-	10,53						
17,03	10,40	9,39	6,88	10,9	8,99	16,2	12,1	18,30	13,80	9,9						
-	14,04	-	-	-	-	-	-	-	-	13,37						
20,73	12,75	11,46	8,4	13,3	10,97	19,4	14,5	21,90	16,40	12,1						
-	17,21	-	-	-	-	-	-	-	-	16,34	68-2009	06	T-2/TE-2	37,10	300.300.0008	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,45						

T-2/TE-2 Elemento Termostático/Cuerpo de válvula. Conexión Roscar-Soldar.

Gas	Rango N -40°C +10°C sin MOP	Rango B -60/-25°C con MOP	Conexión Entr. x Sal.	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134a / R513A	068Z3383	-	3/8 x1/2	T 2	300.300.0031	98,10
	068Z3385	-	3/8 x1/2	TE 2	300.300.0032	157,70
R-404A	068Z3414	-	3/8 x1/2	T 2	300.300.0033	98,10
	-	068Z3420	3/8 x1/2		300.300.0034	98,10
	068Z3415	-	3/8 x1/2	TE 2	300.300.0035	157,70
	-	068Z3421	3/8 x1/2		300.300.0036	157,70
R-407C	068Z3446	-	3/8 x1/2		300.300.0037	157,70
R-407F	068Z3716	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0038	164,00
R-407A	068Z3713	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0039	172,50
R-448A / R-449A	068Z3729	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0263	98,00
	068Z3730	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0264	160,90
R-452A	068Z3806	-	3/8 x 1/2	T2	300.300.0285	97,80
	068Z3807	-	3/8 x 1/2	TE2	300.300.0286	157,70
R454C	068Z7490	-	3/8X1/2	T2	300.300.0341	115,80
	068Z7492	-	3/8X1/2	TE2	300.300.0334	182,30



- Válvulas de expansión termostática Series T-2/TE-2 (Conexión equilibrador externo de presión).
- Controla la entrada de refrigerante líquido (menor presión) en el evaporador.
- La elección de la válvula de expansión termostática se realiza teniendo en cuenta: refrigerante, capacidad del evaporador, presión de evaporación, presión de condensación, subenfriamiento, caída de presión a través de la válvula y la igualación de presión interna o externa.
- No vale cualquier tipo de orificio. Hay que tener en cuenta la potencia necesaria. Hay que ver el tipo de válvula para el que se puede utilizar el conjunto de orificio.
- Válvulas para potencia frigorífica nominal de 0,2 a 14 kW nominales.
- Conexiones a roscar o soldar en función del cuerpo elegido.
- Tº de condensación +45; subenfriamiento 4 y 40K y Tº de evaporación distinta para cada columna.
- 4K (Aplicación Standard) y 40K (Aplicación baja temperatura con 4subenfriador de líquido)
- El elemento termostático está equipado con una etiqueta que indica: tipo de válvula, rango de temperatura de evaporación, punto MOP, refrigerante, presión máxima de prueba PS/MWP.

Orificios (inyectores) roscar-soldar

Roscar-Solder

Capacidad Frigorífica (kW)														K	CÓDIGO DANFOSS	MODELO Orificio	MODELO Cuerpo Válvula	CÓDIGO	Precio EUROS
N: (-40°C a +10°C)							B: (-60°C a -25°C)												
R-22/407C	R-134A	R-404A	R-407A	R-407F	R-22/407C	R-404A	-25°C	-25°C	-35°C	-25°C	-25°C	-35°C	-	-	-	-	-		
+7,2°C	-25°C	+7°C	-10°C	0°C	-10°C	0°C	-10°C	0°C	-10°C	-25°C	-25°C	-35°C	-	4	68-2089	0X		300.300.0009	
0,62	0,60	0,54	0,44	0,43	0,41	0,93	0,91	1,10	1,00	-	-	-	-	40					
-	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40					
1,34	1,17	0,91	0,81	0,93	0,85	1,8	1,7	2,00	1,90	1,1	0,71	0,65	4	68-2090	00		300.300.0010		
-	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	1,49	1,16	1,05	40						
3,35	2,18	1,95	1,46	2,18	1,84	3,5	2,9	4,00	3,30	2,1	1,31	1,04	4	68-2091	01		300.300.0011		
-	2,94	-	-	-	-	-	-	-	-	2,84	2,14	1,7	40						
5,06	3,12	2,8	2,06	3,25	2,68	4,7	3,7	5,30	4,10	2,9	1,85	1,52	4	68-2092	02		300.300.0012		
-	4,21	-	-	-	-	-	-	-	-	3,92	3,02	2,48	40						
9,05	5,57	5,01	3,69	5,8	4,79	8,1	6,2	9,10	7,10	5,3	3,32	2,72	4	68-2093	03		300.300.0013		
-	7,52	-	-	-	-	-	-	-	-	7,16	5,41	4,44	40						
13,61	8,22	7,41	5,42	8,64	7,11	12,2	9,2	13,80	10,40	7,8	4,93	4,04	4	68-2094	04		300.300.0014		
-	11,10	-	-	-	-	-	-	-	-	10,53	8,04	6,59	40						
17,03	10,40	9,39	6,88	10,9	8,99	16,2	12,1	18,30	13,80	9,9	6,26	5,14	4	68-2095	05		300.300.0015		
-	14,04	-	-	-	-	-	-	-	-	13,37	10,2	8,37	40						
20,73	12,75	11,46	8,4	13,3	10,97	19,4	14,5	21,90	16,40	12,1	7,64	6,28	4	68-2096	06		300.300.0016		
-	17,21	-	-	-	-	-	-	-	-	16,34	12,45	10,24	40						

- Conjuntos de Orificio con filtro

Adaptador a Solder

Medidas	CÓDIGO Danfoss	MODELO Válvula	CÓDIGO	Precio EUROS
1/4	068-2062	T-2/TE-2	300.300.0213	
3/8	068-2060		300.300.0174	33,80



BEIJER REF

5 Ejercicios

Ejercicio 5-1

Indica qué tipos de compresores conoces.

¿En una sala de máquinas de reducido espacio, que tipo de compresor recomendarías?

¿En una instalación que exija un compresor que se pueda reparar en caso de avería, que compresor recomendarías?

¿En un mueble frigorífico que incorpore el circuito frigorífico, qué tipo de compresor se montará?

Ejercicio 5-2

Indica qué tipos de condensadores conoces.

Ejercicio 5-3

A igual potencia qué condensador será más compacto, uno refrigerado por aire o uno refrigerado por agua. Razona tu respuesta.

Ejercicio 5-4

En una instalación un condensador es sustituido por otro de mayor capacidad. ¿Cómo afecta el cambio de condensador al subenfriamiento ?

Ejercicio 5-5

¿En embarcaciones, qué tipo de condensador se utiliza habitualmente?

Ejercicio 5-6

Explica el funcionamiento de un condensador, indicando cómo evoluciona la temperatura, el estado y la presión del refrigerante, desde la entrada a la salida.

Ejercicio 5-7

Explica el funcionamiento de un evaporador, indicando cómo evoluciona la temperatura, el estado y la presión del refrigerante, desde la entrada a la salida.

Ejercicio 5-8

En un evaporador se forma escarcha reduciendo su caudal de aire. Cómo afecta al flujo de calor que absorbe y a la temperatura de evaporación?

Ejercicio 5-9

Explica el funcionamiento de un tubo capilar. Indica cómo influyen sus dimensiones en la expansión.

¿En qué tipos de instalaciones se utilizan?

¿Qué hay que tener en cuenta al recargar el refrigerante en una instalación con tubo capilar?

Ejercicio 5-10

¿En una instalación se ha sustituido el tubo capilar por otro de menor diámetro. Cómo afecta al sobrecalentamiento?

Ejercicio 5-11

Explica el funcionamiento de una VET.

Ejercicio 5-12

¿Cuándo es necesario montar una VET con igualación de presión externa?

Ejercicio 5-13

¿Si el bulbo de una VET pierde su carga, cómo afecta a la instalación?

Ejercicio 5-14

¿Si el resorte de una VET deja de hacer presión sobre la membrana, cómo afecta a la instalación?

Ejercicio 5-15

¿Si se aumenta la presión del resorte de una VET, cómo afecta al sobrecalentamiento y al rendimiento del evaporador?

Ejercicio 5-16

Una VET inyecta R-134a en un evaporador, la membrana se encuentra en equilibrio ($p_b = p_E + p_r$) a una presión de evapòración de $p_E = 2,5 \text{ bar}$ un sobrecalentamiento de 15 K.

Indica la presión del refrigerante en el bulbo y la presión que ejerce el resorte.

Si se ajusta el resorte de la válvula, bajando su presión 0,5 bar, cual será el sobrecalentamiento?

Ejercicio 5-17

¿Suponiendo que el bulbo de una VET no haya sido aislado térmicamente, cómo afectaría al sobrecalentamiento y a la capacidad del evaporador?

Ejercicio 5-18

En un evaporador con VET (R-134a) de igualación de presión interna, ajustada a 10 K de sobrecalentamiento, la presión de evaporación es de $p_E = 2 \text{ bar}$. ¿Si la caída de presión en el evaporador es de 0,5 bar, cómo afecta a la potencia frigorífica y al sobrecalentamiento?

Ejercicio 5-19

Una instalación frigorífica está funcionando a temperatura de evaporación constante. A causa de una obstrucción en el paso de aire del condensador, aumenta la temperatura de condensación. Cómo afecta esta subida de temperatura al caudal de masa de refrigerante que deja pasar la válvula de expansión?

Ejercicio 5-20

En una instalación con R134a, las temperaturas son $\vartheta_e = -10^\circ\text{C}$ y $\vartheta_c = 45^\circ\text{C}$ y el subenfriamiento es de 2 K.

¿Cuál es la capacidad de un orificio 03 (ver tabla pág. 56)?

Ejercicio 5-21

En una instalación con R22, las temperaturas son $\vartheta_e = -30^\circ C$ y $\vartheta_c = 55^\circ C$ y el subenfriamiento 45 K. La potencia nominal de la planta es de 7 kW.

¿Cuál es el orificio a elegir ?

6 Componentes mecánicos del circuito

Los componentes mecánicos del circuito frigorífico, complementan a los principales comentados en los apartados anteriores, se trata de:

- Válvulas

Válvulas de bola

Estas válvulas se utilizan para cortar el paso del refrigerante manualmente. Suelen montarse a la entrada y salida de componentes del circuito, permitiendo aislar el componente para sustituir o repararlo. En instalaciones grandes con diversos evaporadores permiten cerrar el paso a partes del circuito.

Toma de Presión Tipo OBUS							
Soldar ODF	Kv m ³ /h	CÓDIGO Dafoss	MODELO	CÓDIGO	CÓDIGO Dafoss Actual	CÓDIGO Actual	Precio EUROS
1/4"	1,96	009G7050	GBC-6s	306.300.0013	009L7050	306.300.0067	81,60
3/8"	5,68	009G7051	GBC-10s	306.300.0014	009L7051	306.300.0068	85,00
1/2"	10,58	009G7052	GBC-12s	306.300.0015	009L7052	306.300.0069	87,40
5/8"	14,11	009G7053	GBC-16s	306.300.0016	009L7053	306.300.0070	91,50
3/4"	20,42	009G7054	GBC-18s	306.300.0017	009L7054	306.300.0071	115,80
7/8"	28,17	009G7055	GBC-22s	306.300.0018	009L7055	306.300.0072	115,90
1 1/8"	51,95	009G7056	GBC-28s	306.300.0019	009L7056	306.300.0073	183,30
1 3/8"	80,89	009G7057	GBC-35s	306.300.0020	009L7057	306.300.0074	293,00
1 5/8"	121,07	009G7058	GBC-42s	306.300.0021	009L7058	306.300.0075	328,00
2 1/8"	224,96	009G7059	GBC-54s	306.300.0022	009L7059	306.300.0076	517,00
2 5/8"	245,78	009G7066	GBC-67s	306.300.0023	009L7066	306.300.0077	842,00

- Válvulas de cierre manual y bidireccional
- Se utilizan en tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente, en instalaciones de refrigeración, congelación y aire acondicionado.
- Rango de temperatura: - 40°C a +150°C
- Máxima presión de trabajo: 45 bar



Válvulas de alivio de seguridad

Estas válvulas están ajustadas de fábrica a un valor de presión fijo. Se montan en el recipiente de líquido. Si la presión supera el valor de ajuste de la válvula (presión de timbre), esta abre y libera refrigerante al entorno.

Válvulas de Seguridad Paso Ángulo

Sección de paso mm ²	Capacidad descarga			Conexiones Roscar		Presión Timbre (Bar)	Refrigerante	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
	kg/aire 20°C	kg/h refrigerante T° Sat °C	100°C	Entr. NPT	Sal. SAE					
38	439	876	775	1/4" M	3/8" M	20,5	R-134A	3060/23C	307.301.0001	44,00
	511	954	829			24	R-407C		307.301.0002	44,00
	583	1311	1022			27	R-404A		307.301.0003	44,00
	885	2316	1411			43	R410A		307.301.0004	47,10
	923	1482	1065			45	R744		307.301.0005	47,10
38	481	959	849	3/8" M	1/2" M	20,5	R-134A	3060/34C	307.301.0006	49,30
	560	1044	907			24	R-407C		307.301.0007	49,30
	639	1436	1120			27	R-404A		307.301.0008	49,30
	969	2537	1545			43	R410A		307.301.0009	52,50
	1011	1623	1166			45	R744		307.301.0010	52,50
70,9	577	1152	1020	1/2" M	5/8" M	20,5	R-134A	3060/45C	307.301.0011	51,40
	672	1254	1090			24	R-407C		307.301.0012	51,40
	767	1725	1345			27	R-404A		307.301.0013	51,40
	1164	3047	1856			43	R410A		307.301.0014	54,80
	1215	1949	1401			45	R744		307.301.0015	54,80
78,5	1166	2300	2020	1/2" M	3/4" G	20,5	R-134A	3060/46C	307.301.0016	60,60
	1539	2875	2480			24	R-407C		307.301.0017	60,60
	1756	3948	3079			27,5	R-404A		307.301.0018	60,60
	2664	6972	4247			43	R410A		307.301.0019	63,80
	2779	4460	3205			45	R744		307.301.0020	63,80
113	1636	3201	2828	1/2" M	3/4" G	20,5	R-134A	3030/44C	307.301.0021	172,00
	2048	3812	3301			24	R-407C		307.301.0022	172,00
	2337	5151	4083			27,5	R-404A		307.301.0023	172,00
	3689	10160	5913			43	R410A		307.301.0024	175,00
	3689	5846	4244			45	R744			
113	1759	3523	3070	3/4" M	3/4" G	20,5	R-134A	3030/66C	307.301.0025	172,00
	2048	3812	3301			24	R-407C		307.301.0026	172,00
	2337	5151	4083			27,5	R-404A		307.301.0027	172,00
	3689	10160	5913			45	R410A		307.301.0028	175,00
	3689	5846	4244			45	R744			
298	3978	7784	6878	1" M	1 1/4" G	20,5	R-134A	3030/88C	307.301.0029	319,00
	4981	9271	8029			24	R-407C		307.301.0030	319,00
	5683	12528	9930			27,5	R-404A		307.301.0031	319,00
	8971	24709	14380			45	R410A		307.301.0032	322,00
	8971	14218	10323			45	R744			



* La rosca NPT tiene rosca cónica macho y hembra que sella con cinta de teflón o un compuesto para unir.

Válvulas de retención (antiretorno)

Estas válvulas únicamente dejan pasar el fluido en un sentido, impidiendo el retorno en sentido contrario.

VALVULAS DE RETENCIÓN

Válvula Retención Paso Ángulo

Conexiones ODS	Kv m³/h	Presión Difer. bar	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
7/8"	8,5	0,04	201020	NRV-22S	308.300.0001	164,00
7/8"		0,3	201032	NRVH-22S	308.300.0002	188,60
7/8"		0,04	201060	NRV-22S	308.300.0003	164,00
7/8"		0,3	201072	NRVH-22S	308.300.0004	188,60
1-1/8"	19	0,04	201021	NRV-28S	308.300.0005	347,00
1-1/8"		0,3	201029	NVRH-28S	308.300.0006	371,00
1-1/8"		0,04	201056	NVR-28S	308.300.0007	347,00
1-3/8"	29	0,04	201026	NRV-35S	308.300.0008	409,00
1-3/8"		0,04	201061	NRV-35S	308.300.0009	409,00
1-3/8"	19	0,3	201034	NRVH-35S	308.300.0010	472,00



Válvula Retención Paso Recto

Conexiones	Kv m³/h	Presión Difer. Bar	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
SAE	-	0,56	-	201040	NRV-6	308.300.0011 55,60
-			0,07	201010	NRV-6S	308.300.0012 55,70
3/8"	-	1,43	-	201041	NRV-10	308.300.0013 64,20
-			0,07	201011	NRV-10S	308.300.0014 64,30
-			0,3	201046	NRV-10S	308.300.0015 76,10
1/2"	-	2,05	0,05	201042	NRV-12	308.300.0016 68,60
-			0,05	201012	NRV-12S	308.300.0017 68,50
-			0,3	201039	NRVH-12S	308.300.0018 81,30
5/8"	-	3,6	0,05	201043	NRV-16	308.300.0019 82,30
-			0,05	201018	NRV-16S	308.300.0020 82,30
-			0,3	201038	NRVH-16S	308.300.0021 93,40
3/4"	-	5,5	0,05	201044	NRV-19	308.300.0022 102,50
-			0,05	201019	NRV-19S	308.300.0023 90,20
-			0,3	201023	NRVH-19 S	308.300.0024 116,90
-			0,05	201054	NRV-19	308.300.0025 90,30
-			0,3	201066	NRVH-19 S	308.300.0026 113,70

- La presión diferencial indicada es la mínima a la cual la válvula está completamente abierta.
- Los modelos NVRH con muelles más resistentes ($Ap = 0,3$ bar) se utilizan en la tubería de descarga de compresores conectados en paralelo.
- Kv = Caudal de agua m^3/h con una caída de presión en la válvula de 1 bar.

Válvulas solenoides (electroválvulas)

Las válvulas solenoides están compuestas por un cuerpo de válvula, sobre el que se monta una bobina. Al recibir tensión la bobina, crea un campo magnético que abre el paso al refrigerante a través del cuerpo de la válvula. Las válvulas se ofrecen como normalmente cerradas (NC, normally closed) o normalmente abiertas (NO, normally open). Libres de tensión, las electroválvulas NC se encuentran cerradas y las NO abiertas. Con tensión, invierten su estado → NC abiertas, NO cerradas. Si se da tensión a la bobina sin estar montada sobre la válvula, la bobina se avería por sobrecalentamiento.

Válvulas Solenoides Serie EVR/EVRH



CUERPO VÁLVULA SOLENOIDE 2 VÍAS NC (SIN BOBINAS)

Tensión Bobina	Roscar SAE	Soldar ODF	Apertura Manual	kv (m³/h)	CÓDIGO Danfoss	MODELO Válvula	CÓDIGO Danfoss Actual	MODELO Válvula Actual	CÓDIGO*	CÓDIGO Actual	Precio EUROS
c.a. / c.c.	1/2"	1/2"	No	1,9	032G1054	EVRH-10	032L1217	EVR-10	302.300.0001	302.300.0194	170,50
	5/8"	5/8"	No	2,6	032G1056	EVRH-15	032L1228	EVR-15	302.300.0002	302.300.0195	281,00
	7/8"	7/8"	No	5	032G1057	EVRH-20	032L1240	EVR-20	302.300.0003	302.300.0196	405,00

- Amplia gama de bobinas de corriente alterna (c.a.) y continua (c.c.)
- Para aplicaciones con R-410A, R-744 (CO₂), R-404A, R-407C
- Diseñadas para temperaturas del fluido de +105°C
- Máxima presión de diseño a 45,2 bar.
- Disponible con conexión alargada para soldar de hasta 7/8" y su soldadura se puede realizar sin desmontar la válvula
- (NC): Válvulas normalmente cerradas
- Selección bobina página 15.



CUERPO VÁLVULA SOLENOIDE 2 VÍAS NO (SIN BOBINA)

Tipo Bobina	Capac. Frigorífica (kW) T ^a Evaporación (-10°C)			Roscar SAE	Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO Válvula	CÓDIGO Danfoss Actual	MODELO Válvula Actual	CÓDIGO*	CÓDIGO Actual	Precio EUROS
	R-407C	R-404A	F-134a									
No usar de doble frecuencia	15,13	11,20	14,80	3/8"	-	032F8085	EVR-6	032L8085	EVR-6	302.300.0004	302.300.0197	193,90
				-	3/8"	032F1290		032L1290		302.300.0005	302.300.0198	193,90
	35,91	20,70	35,30	1/2"	-	032F8090	EVR-10	032L8090	EVR-10	302.300.0006	302.300.0199	251,00
				-	1/2"	032F1291		032L1291		302.300.0007	302.300.0200	251,00
	49,16	36,50	48,30	-	5/8"	032F1299	EVR-15	032L1299	EVR-15	302.300.0009	302.300.0201	357,00
				-	7/8"	032F3270		032L3270		302.300.0010	302.300.0202	370,00
-	94,94	70,30	92,80	-	7/8"	032F1260	EVR-20	032L1260	EVR-20	302.300.0011	302.300.0203	487,00
				-	1 1/8"	032F1269		032L1269		302.300.0012	302.300.0204	487,00
	113,74	84,30	111,00	-	1 3/8"	032F3268	EVR-22	032L3268	EVR-22	302.300.0013	302.300.0205	515,00

- Rendimientos indicados con T^o de evaporación a -10°C; T^a de líquido a +25°C • Pérdida de carga en válvula de 0,15 bar.
- (No): válvulas normalmente abiertas.
- Selección bobina página 15.



BOBINAS PARA VÁLVULA SOLENOIDES

Bobinas Corriente Alterna BE (Standard) 10W-21 bar

Tipo de Válvula	Conexión Eléctrica	Alimentación Eléctrica	CÓDIGO Danfoss	CÓDIGO	Precio EUROS
EVR-3->40 (NC)	Caja Terminal IP67	24V/50Hz	018F6707	302.300.0061	72,20
EVR-6->22 (NO) (1)		220-230V/50Hz	018F6701	302.300.0062	
EVH-3->10, EVRC(1)	Clavijas Amp + Tapa Protección IP20	24V/50Hz	018F6182	302.300.0063	46,80
EVRA, EVRAT(1), EVRS/EVRST (1)		220-230V/50Hz	018F6176	302.300.0064	
PKVD, EVM (NC)	1m CABLE de 3 hilos IP67	24V/50Hz	018F6257	302.300.0065	72,20
EVSI (1)		220-230V/50Hz	018F6251	302.300.0066	

Bobinas ATEX Modelo BV 11W

Tipo de Válvula	Conexión Eléctrica	Alimentación Eléctrica	CÓDIGO Danfoss	CÓDIGO	Precio EUROS
EVR 2 - 3 (NC)	Cable 1 mm IP-67	230VAC	018Z6122	302.300.0164	76,80
		24 VAC	018Z6120	302.300.0168	74,80



BE



BG

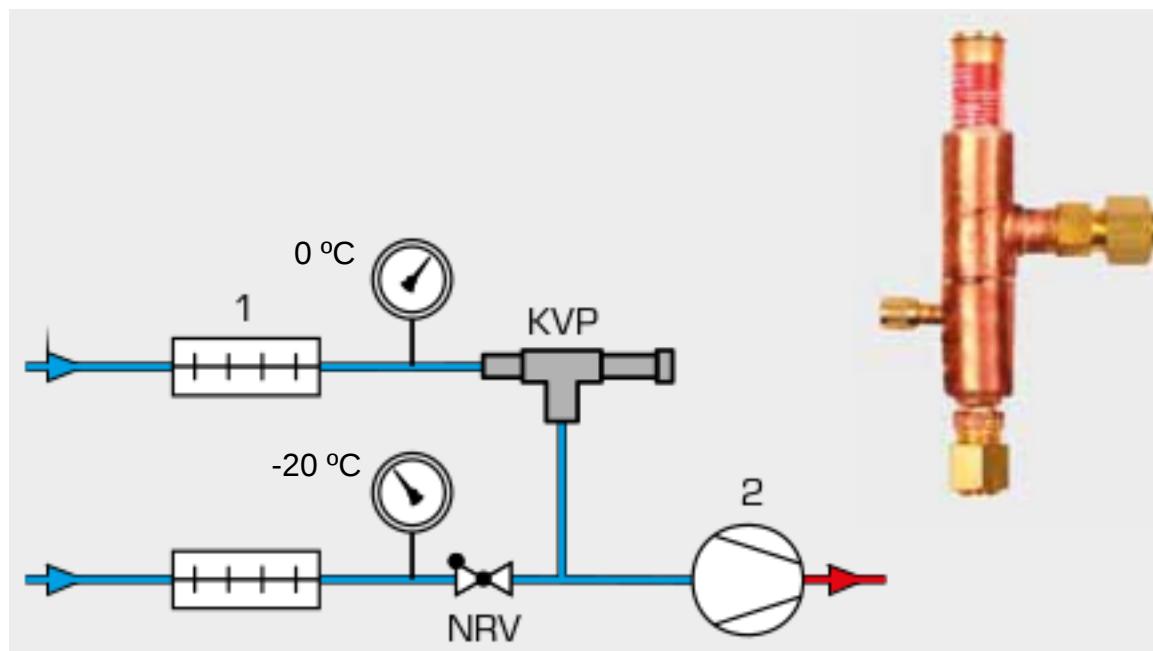


BV

- Reguladores de presión

Regulador de presión constante del evaporador (KVP)

En instalaciones en las que con un compresor se alimentan diferentes evaporadores a diferentes temperaturas de evaporación, se utilizan reguladores de presión de evaporación.



1 Evaporadores

2 Compresor

KVP regulador de presión de evaporación

NRV válvula antiretorno

Regulador de Presión Constante Evaporador

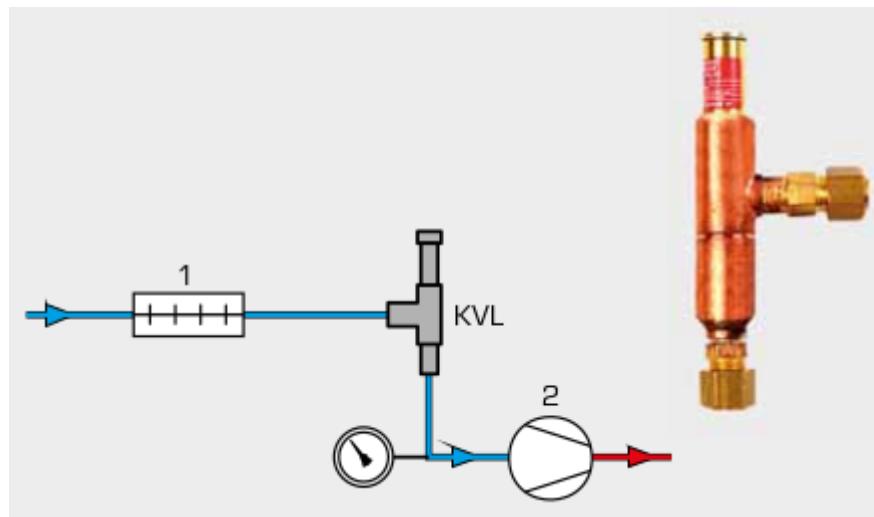
Capacidad Nominal (kW)			Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134a	R-407C	R-404A					
2,80	3,70	3,60	1/2"	034L0023	KVP-12	305.300.0001	315,00
			5/8"	034L0029	KVP-15	305.300.0002	314,00
			7/8"	034L0025	KVP-22	305.300.0003	481,00
6,10	7,90	7,70	1 1/8"	034L0026	KVP-28	305.300.0004	721,00
			1 3/8"	034L0032	KVP-35	305.300.0005	750,00

• T^a de condensación +25°C, T^a de evaporación -10°C, Pérdida de carga 0.2 bar. y desviación de 0,6 bar. Gama de regulación de 0-5,5 bar



Regulador de presión de aspiración (KVL)

El regulador de presión de aspiración, o regulador de arranque, limita la presión de aspiración del compresor. La presión máxima en la aspiración del compresor se produce en el momento de arrancar el compresor con el recinto frigorífico a una temperatura alta, o tras una fase de desescarche. El KVL se utiliza para evitar la sobrecarga del motor del compresor (tiene la misma función que la VET MOP).



Regulador de Presión Aspiración

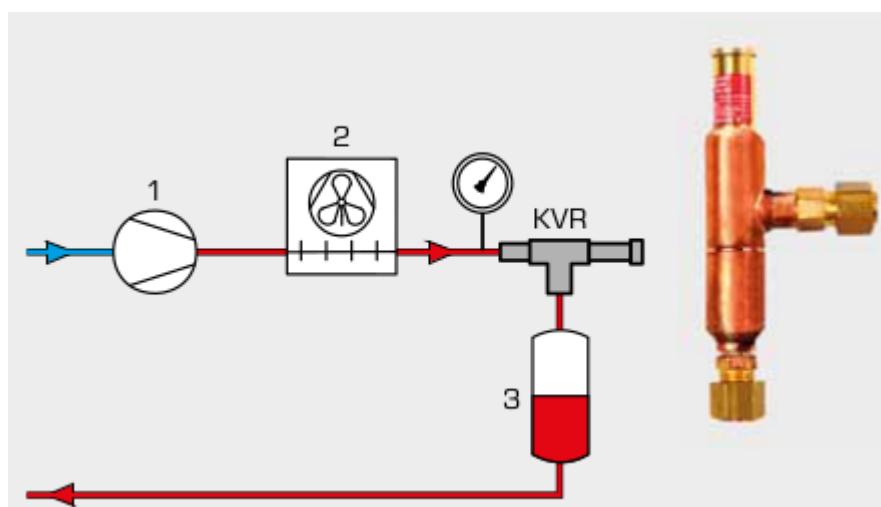
Capacidad Nominal (kW)			Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134a	R-407C	R-404A					
5,30	6,50	6,30	1/2"	034L0043	KVL-12	305.300.0006	263,00
			5/8"	034L0049	KVL-15	305.300.0007	263,00
			7/8"	034L0045	KVL-22	305.300.0008	416,00
13,20	16,40	15,90	1 1/8"	034L0046	KVL-28	305.300.0009	599,00
			1 3/8"	034L0052	KVL-35	305.300.0010	636,00



• T^a de condensación +25°C, T^a de evaporación -10°C, Pérdida de carga 0,2 bar. y desviación de 1,3 bar. Gama de regulación de 0,2-6 bar.

Regulador de presión de condensación (KVR)

El regulador de presión de condensación se utiliza en condensadores refrigerados por aire en caso de que la temperatura exterior sea muy baja caiga en exceso la presión de condensación. Si la presión de condensación cae por debajo del valor ajustado, el regulador reduce el paso de refrigerante líquido al recipiente de refrigerante, quedando inundado el condensador parcialmente con refrigerante líquido, lo que reduce su superficie de intercambio y causa un aumento de la temperatura y presión de condensación.



Regulador de Presión Condensación

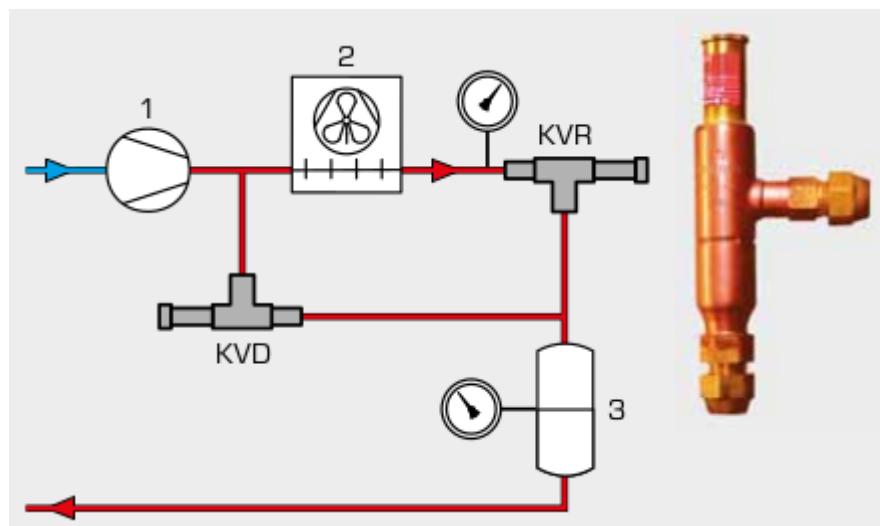
Capacidad Nominal (kW)						Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
Líquido		Gas Caliente								
R-134a	R-407C	R-404A	R-134a	R-407C	R-404A					
47,30	54,40	36,60	11,60	14,30	12,00	1/2"	034L0093	KVR-12	305.300.0011	317,00
						5/8"	034L0097	KVR-15	305.300.0012	317,00
						7/8"	034L0094	KVR-22	305.300.0013	481,00
121,00	139,30	93,70	30,60	37,70	34,90	1 1/8"	034L0095	KVR-28	305.300.0014	722,00
						1 3/8"	034L0100	KVR-35	305.300.0015	752,00
VÁLVULA DE PRESIÓN DIFERENCIAL						1/2	020 1132	NRD-12	305.300.0016	176,80



* T^a de condensación +25°C, T^a de evaporación -10°C, Pérdida de carga 0,2 bar para la capacidad de líquido y 0,4 bar para la capacidad de gas caliente y desviación de 1,5 bar. Gama de regulación 5-17,5 bar.

Regulador de presión del líquido (KVD)

El regulador de presión de líquido se utiliza en combinación con un regulador de presión de condensación KVR, para evitar que, al limitar el KVR el flujo de refrigerante al recipiente de líquido, la presión en el recipiente de líquido baje y se produzca evaporación del refrigerante. El KVD mantiene la presión en el recipiente de líquido conduciendo una pequeña cantidad de gas desde la descarga a la entrada del recipiente de líquido.



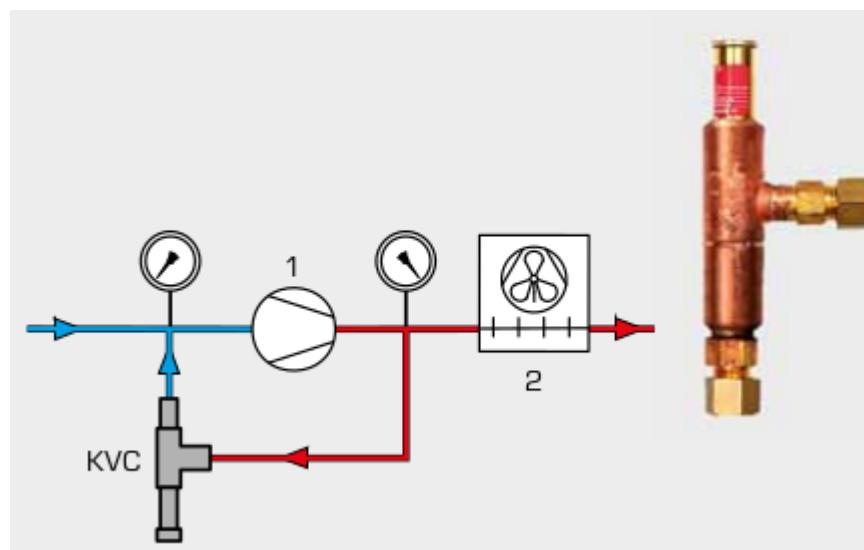
Presión de Recipiente Líquido					
Capacidad Nominal (kW)		Soldar ODF	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134A	R-404A				
1,8	3-20	1/2"	3350/4S	305.301.0019	243,00
1,8	3-20	5/8"	3350/5S	305.301.0020	243,00

Presión máxima de funcionamiento de 28 bar.



Regulador de capacidad (KVC)

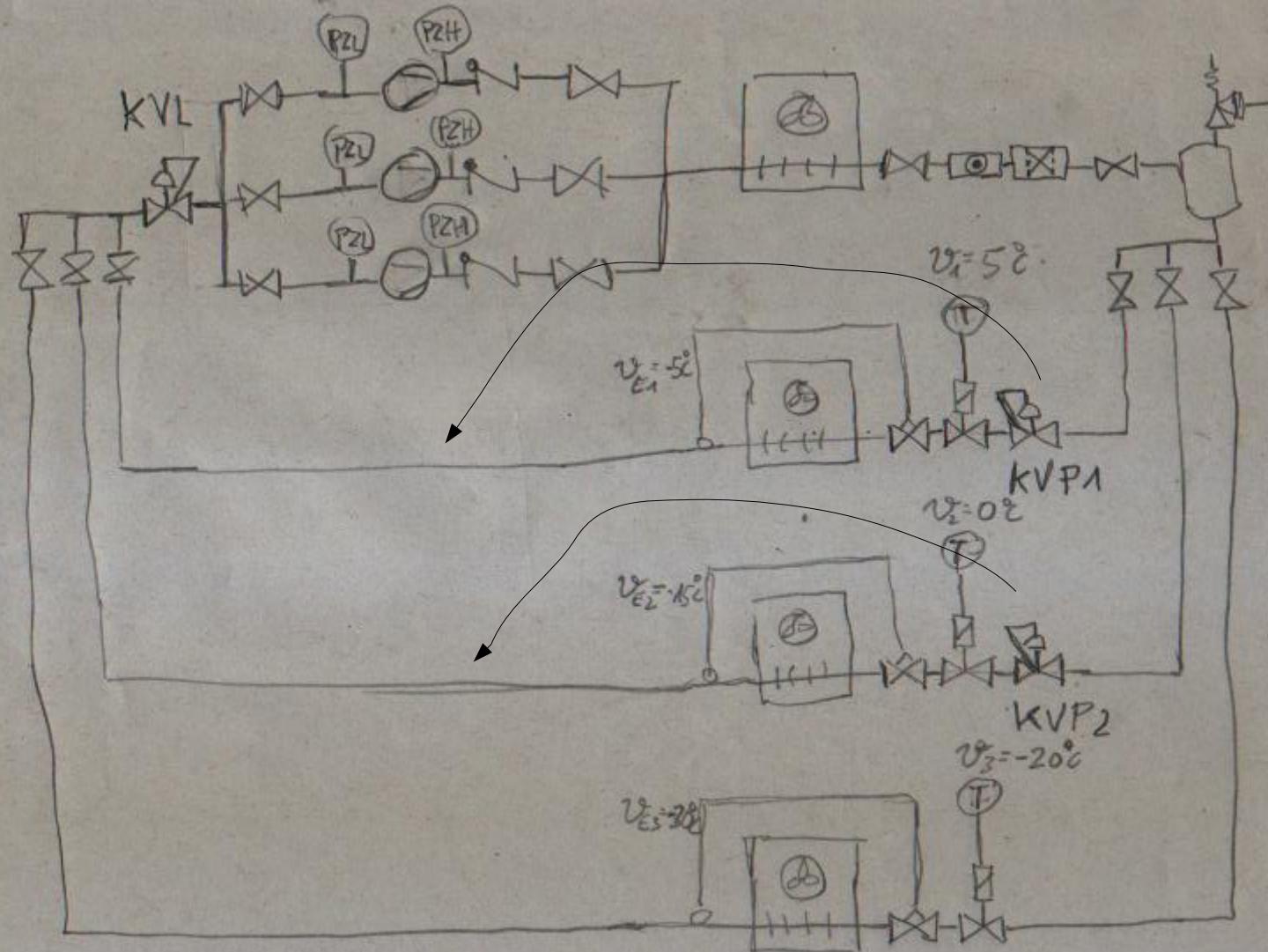
El regulador de capacidad conduce gas de la toma de descarga hacia la toma de aspiración en caso de que la presión de aspiración caiga por debajo del límite ajustado. Esta situación se produce cuando la carga de calor de la instalación es muy reducida. Sin el KVC, el presostato de mínima desconectaría al compresor, pudiendo producirse un funcionamiento intermitente en cortos intervalos de arranque parada del compresor. El KVC aumenta la presión de aspiración aumentando la duración de los intervalos de funcionamiento del compresor.



Regulador de Capacidad						
Capacidad Nominal (kW)			Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO Precio EUROS
Líquido						
R-134a	R-407C	R-404A				
4,80	8,40	6,90	1/2"	034L0143	KVC-12	305.300.0017 295,00
9,40	16,40	13,60	5/8"	034L0147	KVC-15	305.300.0018 305,00
12,00	21,00	17,40	7/8"	034L0144	KVC-22	305.300.0019 481,00

* T^a de condensación +25°C, T^a de evaporación -10°C, T^a del gas caliente +60°C y diferencial 0,7 bar.





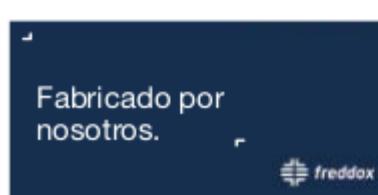
- Filtros secadores

Los filtros secadores eliminan humedad y suciedad arrastrada por el fluido refrigerante, haciéndolo pasar por un granulado.

Conexión		Ø (mm)	Long. (mm)	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
3/8"	Roscar	41,5	119	DSC033	340.310.0003	9,50
	Soldar	41,5	105	DSC033S	340.310.0004	9,50
	Roscar	63,5	130	DSC053	340.310.0007	13,25
	Soldar	63,5	116	DSC053S	340.310.0008	13,25
	Roscar	63,5	151	DSC083	340.310.0011	15,95
	Soldar	63,5	137	DSC083S	340.310.0012	15,95
	Roscar	63,5	171	DSC163	340.310.0017	16,00
	Soldar	63,5	157	DSC163S	340.310.0018	15,50
	Roscar	76	249	DSC303	340.310.0023	28,75
	Soldar	76	235	DSC303S	340.310.0024	28,75

Conexión		Ø (mm)	Long. (mm)	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
1/2"	Roscar	63,5	156	DSC084	340.310.0013	13,25
	Soldar	63,5	137	DSC084S	340.310.0014	13,25
	Roscar	63,5	176	DSC164	340.310.0019	28,80
	Soldar	63,5	157	DSC164S	340.310.0020	28,80
	Roscar	76	254	DSC304	340.310.0025	31,65
	Soldar	76	235	DSC304S	340.310.0026	31,65
	Roscar	89	257	DSC414	340.310.0032	46,00
	Soldar	89	238	DSC414S	340.310.0033	46,00

Presión máxima 47bar



- Visores

Los visores permiten observar el paso del refrigerante líquido y pueden incluir un indicador de humedad.

Visores de líquido y humedad				
Conexiones		CÓDIGO Danfoss	MODELO (*)	Precio EUROS
SAE	ODS			
1/4" M		014L0161	SGP-6	341.300.0021
1/4" H-M		014L0171		341.300.0022
	1/4"	014L0181		341.300.0023
3/8" M		014L0162	SGP-10	41,20
3/8" H-M		014L0172		341.300.0024
	3/8"	014L0182		341.300.0025
1/2" M		014L0163	SGP-12	44,80
1/2" H-M		014L0173		341.300.0027
	1/2"	014L0183		341.300.0028
5/8" M		014L0165	SGP-16	49,40
	5/8"	014L0184		341.300.0029
3/4" M		014L0166		65,90
3/4" M-H		014L0175	SGP-19	67,30
	3/4"	014L0185		341.300.0032
	7/8"	014L0186		341.300.0033
			SGP-22	86,70
				341.300.0034
				106,20

- Los visores SGI y SGP se utilizan para indicar el estado de refrigerante en la tubería del líquido de la instalación, el contenido de humedad del refrigerante y la circulación en la tubería de retorno desde el separador de aceite.
- Los visores SGI y SGP tienen un indicador que cambia de color para indicar el contenido de humedad en el refrigerante en sistemas con HFC o HCFC.
- Color VERDE: Seco (contenido de humedad bajo).
- Color AMARILLO: Húmedo (contenido de humedad alto). Se debe cambiar el filtro.
- Temperatura ambiente: -50°C hasta +80°C
- Máxima presión de trabajo en SGI = 35 bar.
- Máxima presión de trabajo en SGP = 52 bar.
- SAE: Entrada de acceso con rosca flare.
- ODS: Conexiones de diámetro de tubos de cobre.



- Recipientes de líquido

El recipiente de líquido acumula el líquido procedente del condensador. En caso de paro de la instalación sirve como depósito de refrigerante. Para acumular el refrigerante en el recipiente se cierra su válvula de salida.

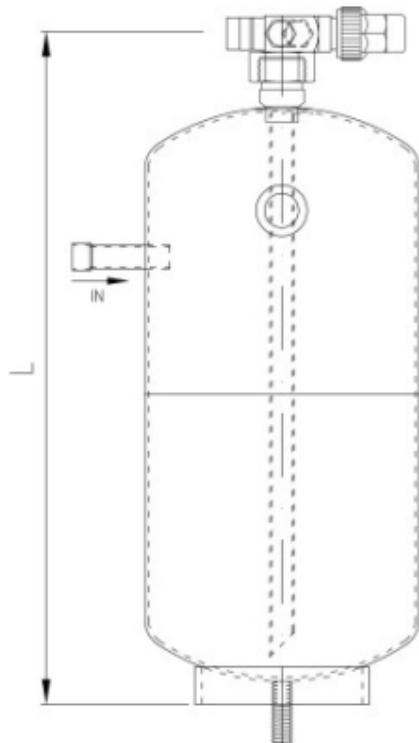
Recipientes de Líquido Verticales sin Visores

Vol. Litros	Pot. Frigorífica R-404 (W)		Dimensiones		Válvulas Rotalock Conexiones a soldar		Racor NPT VSG	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
	-5°C	-25°C	D (mm)	L (mm)	Entrada	Salida				
1,2	600	300	80	248	1/4"	1/4"	-	DVR-150-M	342.308.0001	56,40
2	700	400	110	270	3/8"	3/8"		DVR-200-M	342.308.0002	62,60
3	1.100	700	110	382	1/2"	1/2"		DVR-300-M	342.308.0003	80,30
5	1.900	1.100	150	340	1/2"	1/2"		DVR-500-M	342.308.0004	112,00
7	3.300	1.900	150	475	1/2"	1/2"	1/4"	DVR-700-M	342.308.0005	126,00
11	4.800	3.300	180	467	5/8"	1/2"		DVR-1100-M	342.308.0006	168,00
14	8.500	4.800	180	632	7/8"	7/8"		DVR-1500-M	342.308.0007	189,00
18	10.000	6.000	300	435	7/8"	7/8"	3/8"	BAV-18M	342.308.0008	538,00



Notas:

- Fabricaciones en chapa de acero AP04 NE UNE 36086.
- Código de diseño AD-Merkblatter.
- Marcado CE.
- Condiciones de funcionamiento: Presión de servicio 3MPa / Rango de temperatura -10°C a +60°C.
- Válvulas rotolock: válvulas tipo soldar de acero con revestimiento anticorrosión. Tapón de sellado de plástico de gran capacidad para evitar pérdidas de refrigerante.
- NPT: rosca de tubería diámetro interno nominal.
- Con toma para válvula de seguridad.



Fuente: Catálogo TECNAC – Recipiente de líquido DVR

- Separador de aceite

En la tubería de descarga del compresor, el gas refrigerante arrastra cierta cantidad de aceite hacia el condensador. Un separador de aceite a la salida del compresor, antes del condensador, reduce la cantidad de aceite que circula por el circuito. Del separador, una tubería de retorno devuelve el aceite al compresor.

Separadores de Aceite

Dimensiones (mm)		Capacidad Nominal kW		Conex. ODS	Volumen Litros	Tipo	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
Ø	Alto	R-134a	R-404A/-507						
102	249	4,9	7,3	1/2"	1,8	Hermético	OSH-404	351.302.0001	221,00
102	297	13,1	19,4	5/8"	2,1		OSH-405	351.302.0002	233,00
102	345	19,7	29	7/8"	2,5		OSH-407	351.302.0003	261,00
102	369	26,2	38,7	1-1/8"	2,7		OSH-409	351.302.0004	271,00
102	449	32,8	48,4	1-3/8"	3,3		OSH-411	351.302.0005	289,00
102	449	45,9	67,8	1-5/8"	3,3		OSH-413	351.302.0006	306,00
153	356	36,1	53,3	1-3/8"	5,6		OSH-611	351.302.0007	448,00
153	432	45,9	67,8	1-5/8"	6,8		OSH-613	351.302.0008	454,00
153	432	73,8	108,9	2-1/8"	6,8		OSH-617	351.302.0009	554,00
102	238	4,9	7,3	1/2"	1,6	Desmontable	OST-404	351.302.0010	310,00
102	339	13,1	19,4	5/8"	2,4		OST-405	351.302.0011	322,00
102	416	19,7	29	7/8"	3,0		OST-407	351.302.0012	349,00
102	492	26,2	38,7	1-1/8"	3,5		OST-409	351.302.0013	380,00
102	492	32,8	48,4	1-3/8"	3,5		OST-411	351.302.0014	399,00
102	492	45,9	67,4	1-5/8"	3,5		OST-413	351.302.0015	429,00
153	511	45,9	67,4	1-5/8"	7,3		OSB-613	351.302.0016	710,00
153	516	73,8	108,9	2-1/8"	7,3		OSB-617	351.302.0017	759,00

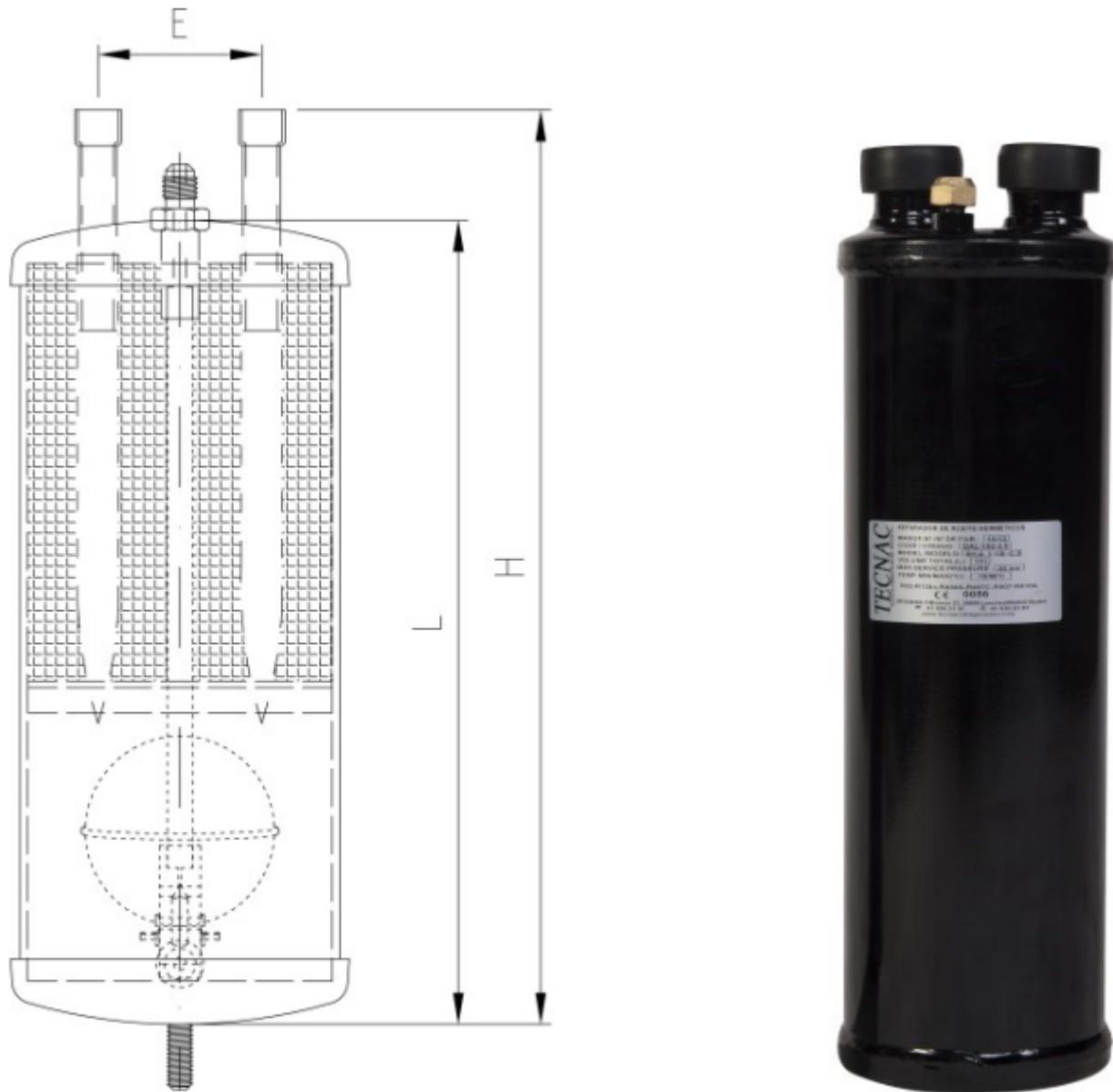
Temperatura de aspiración +4°C.

Temperatura de condensación +38°C.

Presión máxima de trabajo 31 bar.



Fuente: Catálogo Salvador Escoda



Fuente: Catálogo TECNAC separadores de aceite convencionales

- Antivibradores

Los elementos antivibradores están compuestos por tubos flexibles de acero inoxidable, cubiertos por una malla trenzada. Evitan que las vibraciones producidas por el compresor sean transmitidas a las tuberías de aspiración y descarga.

Antivibradores Flexibles

Conecciones ODS	Long (mm)	Presión max. Kg/cm	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
1/4"	230	44,8	UFI-2	371.350.0001	23,20
3/8"	230	44,8	UFI-3	371.350.0002	24,30
1/2"	230	44,8	UFI-4	371.350.0003	28,20
5/8"	255	44,8	UFI-5	371.350.0004	31,70
3/4"	255	44,8	UFI-6	371.350.0005	36,60
7/8"	290	44,8	UFI-8	371.350.0006	44,80
1-1/8"	330	41,3	UFI-9	371.350.0007	56,40
1-3/8"	375	37,9	UFI-10	371.350.0008	79,40
1-5/8"	430	35	UFI-11	371.350.0009	105,10
2-1/8"	510	27,5	UFI-82	371.350.0010	142,80
2-5/8"	690	24	UFI-83	371.350.0011	290,70

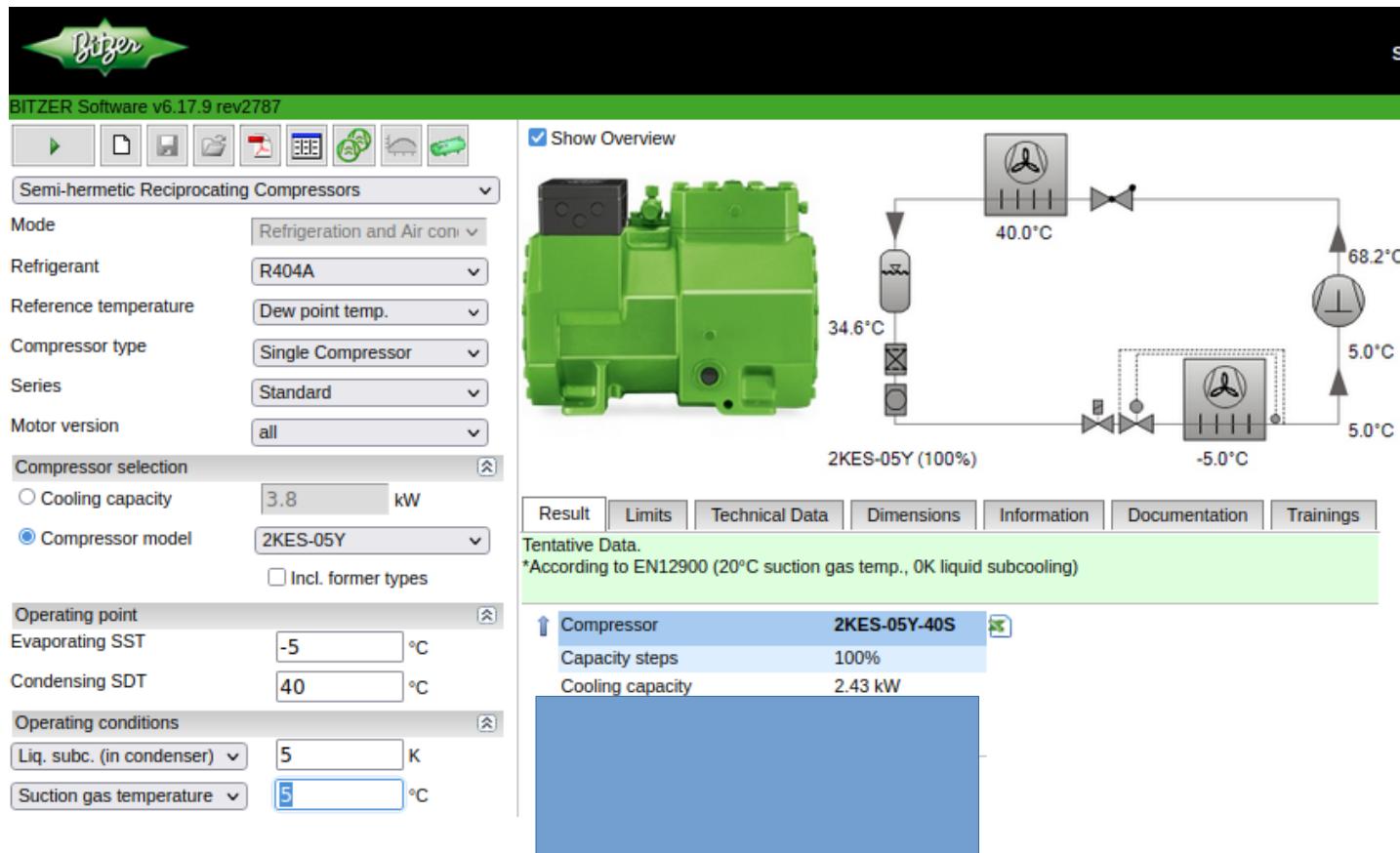
Aplicación: Líneas de aspiración, descarga y líquido. Características: Unión metálica flexible en acero inoxidable AISI 321 con trenzado en inox. AISI 304, con conexiones en cobre soldadura TIG por fusión de materiales, lo que hace, que no sea necesario enfriar en el proceso de soldadura.
 Presión nominal: 25 bar
 Temp. mim. de trabajo: -100° C
 Temp. max. de trabajo: +250° C
 ODS: conexiones de diámetros de tubo de cobre.



7 Ejercicios

Ejercicio 7-1

En la siguiente simulación, el compresor está funcionando en las condiciones de diseño de la instalación



Calcula el caudal de masa del refrigerante.

Calcula la potencia de compresión con los datos del diagrama p h.

Calcula el volumen desplazado en $\frac{m^3}{h}$, sabiendo que el compresor tiene 2 cilindros de 30 mm de diámetro y 33 mm de carrera y el cigüeñal gira a 1450 RPM.

Calcula el rendimiento volumétrico

Indica la eficiencia del ciclo.

Elige el evaporador adecuado suponiendo una temperatura media del aire en el evaporador de $\bar{\theta}_{aire} = 1^{\circ}C$.

Datos de los evaporadores SER

Modelo	Sup. (m ²)	Ventilación				Tensión (V)	Consumo máx./ud. (A)	Peso neto (Kg)	Desc. ed. (W)	Capacidad (W) Temp. evap -5°C		
		Caudal (m ³ /h)	Nº	Ø	Flecha					ΔT 6°	ΔT 7°	ΔT 10°
SR-1-6	3,7	850	1	250	3,5	230/VAC	0,43	8,5	500	577	773	1.368
SR-2-6	7,2	1.700	2	250	3,5		0,43	16	940	1.494	1.764	2.831
SR-3-6	11,5	2.550	3	250	3,5		0,43	23	1.260	2.128	2.671	4.258
SR-4-6	14,5	3.400	4	250	3,5		0,43	30	1.800	2.985	3.660	5.697

Fuente: Tarifa Salvador Escoda

$$\text{Con } \rho_{aire} = 1,3 \frac{kg}{m^3} \text{ y } c_{p-aire} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

Calcula la temperatura de entrada y salida del aire del evaporador.

Elige el condensador adecuado para la instalación


SALVADOR ESCODA S.A.
www.salvadorescoda.com

TARIFA DE PRECIOS
I.V.A. no incl. Consulte posibles actualizaciones

CONDENSADORES DE AIRE FORZADO




B

Código	Modelo	Tubos	Dimensiones (mm)			Ptos. (W) At = 15°C	Sup. m²	€	Ventiladores (OPCIONAL)		
			A	B	C				Nº	Cód. pala	Cód. moto
MF 05 200	CA 16	8 x 2	87	270	230	600	1,1	47,66	1	WE04415	410
MF 05 201	CA 24	8 x 3	112	270	230	820	1,6	63,04			360
MF 05 202	CA 32	8 x 4	132	270	230	1000	2,15	78,38			345
MF 05 203	CA 18	9 x 2	85	300	278	810	1,35	56,70			550
MF 05 204	CA 27	9 x 3	130	300	278	100	2	73,66			500
MF 05 205	CA 36	9 x 4	150	300	278	1350	2,7	93,82			460
MF 05 206	CA 45	9 x 5	152	300	278	1600	3,37	133,41			400
MF 05 207	CA 54	9 x 6	172	300	278	1920	4	160,08			480
MF 05 208	CA 30	10 x 3	130	300	278	1200	2,25	77,18			500
MF 05 209	CA 40	10 x 4	150	300	278	1420	3	102,80			470
MF 05 210	CA 44	11 x 4	132	300	292	1510	3,3	109,25	2	WE04417	485
MF 05 211	CA 55	11 x 5	152	300	292	1890	4,12	136,50			606
MF 05 212	CA 48	12 x 4	128	350	330	2820	4,25	162,76			1030
MF 05 213	CA 56	14 x 4	156	375	365	3000	5,36	149,68			1075
MF 05 230	CD 24	8 x 3	110	470	230	1532	2,96	135,15			WE04406 700
MF 05 231	CD 30	10 x 3	110	600	278	2158	4,77	161,84	WE04417	WE04407	950
MF 05 232	CD 36	9 x 4	130	600	278	2700	5,72	194,45			900
MF 05 233	CD 40	10 x 4	130	600	278	3207	6,35	237,52			1100
MF 05 234	CD 50	10 x 5	150	600	278	4036	7,95	266,93			1100
MF 05 235	CD 48	12 x 4	130	700	330	5440	8,94	316,09	WE04418	WE04408	2000
MF 05 236	CD 56	14 x 4	155	700	365	5707	10,43	363,29			2000
MF 05 237	CD 60	12 x 5	162	700	330	6629	11,18	393,37			1925

Fuente: Tarifa Salvador Escoda

$$\text{Con } \rho_{\text{aire}} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ y } c_{p-\text{aire}} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calcula la temperatura de entrada y salida del aire del evaporador.

Elige una VET (cuerpo de válvula y orificio) con MOP +15 °C, igualación externa de presión y conexión abocardar x abocardar.

Datos técnicos y pedidos

Elemento termostático con abrazadera de sensor, sin: orificio, cono de filtro y tuercas

Conexión abocardar x abocardar

Refrigerante	Tipo de válvula	Igualación de presión Abocardar	Tubo capilar	Conexión		Código ¹⁾					
				Entrada x Salida		Gama N -40 a +10°C		Gama NM -40 a -5°C	Gama NL -40 a -15°C		
				m	in. x in.	mm x mm	Sin MOP	MOP +15°C	MOP 0°C		
R22	TX 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3206	068Z3208	068Z3224	068Z3226	068Z3207	068Z3228
	TEX 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3209	068Z3211	068Z3225	068Z3227	068Z3210	068Z3229
R407C	TZ 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3496	068Z3516				
	TEZ 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3501	068Z3517				
R134a	TN 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3346	068Z3347	068Z3393	068Z3369		
	TEN 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3348	068Z3349	068Z3392	068Z3370		
R404A/R507	TS 2	-	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3400	068Z3402	068Z3406	068Z3408	068Z3401	068Z3410
	TES 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3403	068Z3405	068Z3407	068Z3409	068Z3404	068Z3411

Elemento termostático con abrazadera de sensor, sin: orificio, cono de filtro y tuercas

Conexión abocardar x soldar

Refrigerante	Tipo de válvula	Igualación de presión Soldar	Tubo capilar	Conexión		Código ¹⁾				
				Entrada abocardar	Salida soldar ODF	Gama N -40 a +10°C		Gama NL -40 a -15°C	Gama B -60 a -25°C	
						Sin MOP	MOP +15°C	MOP -10°C	Sin MOP	MOP -20°C
R22	TX 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3281	068Z3287		068Z3357	068Z3319
	TX 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3302	068Z3308	068Z3366	068Z3361	068Z3276
R407C	TEX 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3284	068Z3290		068Z3359	068Z3220
	TEX 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3305	068Z3311	068Z3367	068Z3363	068Z3277
R407C	TZ 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3502	068Z3329			
	TZ 2	-	1.5	10 mm	12 mm		068Z3514			
R134a	TEZ 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3446	068Z3447			
	TEZ 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3503	068Z3515			
R134a	TN 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3383	068Z3387			
	TN 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3384	068Z3388			
R404A/R507	TEN 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3385	068Z3389			
	TEN 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3386	068Z3390			
R404A/R507	TS 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3414	068Z3416	068Z3429	068Z3418	068Z3420
	TS 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3435	068Z3423	068Z3436	068Z3425	068Z3427
R404A/R507	TES 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3415	068Z3417	068Z3430	068Z3419	068Z3421
	TES 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3422	068Z3424	068Z3437	068Z3426	068Z3428

Conjunto de orificio

Nº orificio	Gama N: -40 a +10°C						Gama B: -60 a -25°C			Código ⁶⁾		
	Capacidad nominal en toneladas (TR)			Capacidad nominal en kW			Capacidad nominal en toneladas (TR)	Capacidad nominal en kW	R22	R404A R507	Versión abocardar x abocardar ²⁾	Versión para adaptador soldar ²⁾
	R22	R407C	R134a	R404A R507	R22	R407C	R134a	R404A R507	R22	R404A R507		
0X	0.15	0.16	0.11	0.11	0.50	0.50	0.40	0.38	0.15	0.11	0.50	0.38
00	0.30	0.30	0.25	0.21	1.0	1.1	0.90	0.70	0.20	0.21	0.70	0.70
01	0.70	0.80	0.50	0.45	2.5	2.7	1.8	1.6	0.30	0.45	1.0	1.6
02	1.0	1.1	0.80	0.60	3.5	3.8	2.6	2.1	0.60	0.60	2.1	2.1
03	1.5	1.6	1.3	1.2	5.2	5.6	4.6	4.2	0.80	1.0	2.8	3.5
04	2.3	2.5	1.9	1.7	8.0	8.6	6.7	6.0	1.2	1.4	4.2	4.9
05	3.0	3.2	2.5	2.2	10.5	11.3	8.6	7.7	1.5	1.7	5.2	6.0
06	4.5	4.9	3.0	2.6	15.5	16.7	10.5	9.1	2.0	1.9	7.0	6.6

La capacidad nominal está basada en: Temperatura de evaporação te = +5°C para rango N y te = -30°C para rango B, Temperatura de condensación tc = +32°C, y temperatura de refrigerante líquido delante de la válvula tl = +28°C.

Adaptador soldar cobre sin conjunto de orificio

Conexión - soldador ODF	Código ¹⁾
1/4 in.	068-2062
6 mm	068-2063
6 mm	068-4101²⁾
7/8 in.	068-2060
10 mm	068-2061
10 mm	068-4100²⁾

¹⁾ Códigos en negrita ofrecen habitualmente plazos de entrega más cortos

²⁾ Incluido el filtro

Filtro

Tipo de filtro	Código ¹⁾
Para conexión abocardar	068-0003
Para adaptador soldar cobre	068-0015

El orificio estándar (aboc. x aboc.) de las T2 y TE2 puede utilizarse con el adaptador soldar cobre cuando se cambia el filtro de la válvula de expansión por otro filtro pedido por separado. Sólo de esta manera se cumplen los requisitos DIN 8964. No se puede utilizar el adaptador de soldar cobre (FSA) en la entrada de la T2.

Capacidades

Tipo de válvula/ Orificio	Temp. cond. ¹⁾ [°C]	R22					R134a					R404A/R507					R407C				
		Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]				
		Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]				
T2 / 0K	25	-35	-30	-10	0	5	-30	-10	-5	0	5	-40	-35	-30	-10	0	-10	-5	0	5	10
		0.49	0.51	0.55	0.54	0.51	0.35	0.40	0.41	0.41	0.40	0.33	0.35	0.37	0.42	0.41	0.59	0.59	0.59	0.58	0.55
		0.95	1.00	1.1	1.1	1.1	0.61	0.73	0.75	0.77	0.77	0.61	0.66	0.70	0.85	0.88	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2
		1.6	1.7	2.4	2.7	2.7	0.88	1.3	1.5	1.6	1.6	0.96	1.1	1.2	1.8	2.1	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2
		2.2	2.5	3.5	3.9	3.9	1.2	1.9	2.0	2.1	2.2	1.3	1.5	1.7	2.6	3.0	3.7	4.0	4.3	4.5	4.6
		3.9	4.3	6.2	6.9	7.0	2.2	3.3	3.6	3.8	4.0	2.4	2.7	3.1	4.7	5.4	6.6	7.1	7.6	8.1	8.3
		5.7	6.4	9.1	10.2	10.5	3.2	4.8	5.2	5.6	5.9	3.5	4.0	4.6	7.0	8.0	9.8	10.6	11.4	12.0	12.5
T2 / 00	35	7.3	8.0	11.6	13.0	13.3	4.0	6.1	6.6	7.1	7.5	4.5	5.1	5.8	8.9	10.2	12.4	13.4	14.4	15.2	15.7
T2 / 01		8.9	9.8	14.1	15.9	16.3	4.9	7.5	8.2	8.7	9.1	5.5	6.2	7.1	10.8	12.4	15.1	16.4	17.6	18.6	19.2
T2 / 02		0.53	0.55	0.60	0.61	0.60	0.37	0.44	0.45	0.45	0.46	0.32	0.34	0.36	0.42	0.43	0.61	0.62	0.63	0.63	0.62
T2 / 03		1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	0.64	0.79	0.83	0.86	0.88	0.59	0.64	0.69	0.86	0.92	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
T2 / 04		1.7	1.8	2.6	3.0	3.2	0.93	1.4	1.6	1.7	1.9	0.92	1.1	1.2	1.8	2.2	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5
T2 / 05		2.3	2.6	3.8	4.4	4.7	1.3	2.0	2.2	2.4	2.6	1.2	1.4	1.7	2.7	3.2	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
T2 / 06		4.1	4.6	6.8	7.9	8.4	2.3	3.6	4.0	4.4	4.7	2.2	2.6	3.0	4.8	5.7	7.0	7.6	8.3	8.9	9.4
T2 / 0X	45	6.1	6.8	10.1	11.8	12.5	3.4	5.3	5.8	6.4	6.9	3.3	3.9	4.5	7.1	8.5	10.3	11.3	12.3	13.3	14.2
T2 / 00		7.7	8.6	12.8	14.9	15.8	4.2	6.7	7.4	8.1	8.8	4.3	4.9	5.6	9.0	10.7	13.0	14.3	15.6	16.7	17.8
T2 / 01		9.5	10.5	15.6	18.2	19.3	5.2	8.2	9.1	9.9	10.7	5.2	6.0	6.9	11.0	13.1	15.9	17.4	19.0	20	22
T2 / 02		0.55	0.57	0.64	0.65	0.64	0.38	0.45	0.47	0.48	0.49	0.29	0.31	0.33	0.40	0.42	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64
T2 / 03		1.0	1.1	1.3	1.4	1.4	0.65	0.82	0.86	0.90	0.94	0.55	0.60	0.64	0.83	0.90	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
T2 / 04		1.7	1.9	2.8	3.2	3.4	0.96	1.5	1.7	1.8	2.0	0.85	0.98	1.1	1.8	2.1	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7
T2 / 05		2.4	2.7	4.0	4.8	5.1	1.3	2.1	2.4	2.6	2.8	1.1	1.3	1.5	2.6	3.2	3.9	4.3	4.7	5.2	5.6
T2 / 06		4.3	4.8	7.2	8.5	9.2	2.3	3.8	4.2	4.7	5.1	1.9	2.3	2.7	4.6	5.7	7.0	7.7	8.5	9.2	9.9
T2 / 0X	55	6.3	7.1	10.7	12.7	13.7	3.4	5.6	6.2	6.9	7.6	3.0	3.5	4.1	6.9	8.4	10.4	11.5	12.6	13.8	14.9
T2 / 00		8.0	9.0	13.6	16.1	17.3	4.3	7.0	7.8	8.7	9.6	3.8	4.4	5.2	8.7	10.6	13.2	14.5	15.9	17.3	18.7
T2 / 01		9.8	11.0	16.6	19.6	21	5.3	8.6	9.6	10.7	11.7	4.7	5.5	6.4	10.6	12.9	16.0	17.7	19.4	21	23
T2 / 02		0.56	0.58	0.65	0.67	0.67	0.38	0.45	0.47	0.49	0.50	0.26	0.28	0.30	0.37	0.39	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63
T2 / 03		1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	0.63	0.81	0.86	0.90	0.95	0.48	0.53	0.57	0.75	0.82	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
T2 / 04		1.7	1.9	2.8	3.3	3.6	0.95	1.5	1.7	1.9	2.0	0.74	0.86	1.0	1.7	2.0	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6
T2 / 05		2.3	2.6	4.1	5.0	5.4	1.2	2.1	2.4	2.7	2.9	0.82	1.0	1.3	2.4	2.9	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6
T2 / 06		4.3	4.8	7.4	8.9	9.6	2.2	3.8	4.3	4.8	5.3	1.5	1.8	2.2	4.2	5.3	6.8	7.5	8.3	9.1	9.9
T2 / 0X		6.4	7.2	11.0	13.3	14.4	3.4	5.7	6.4	7.2	7.9	2.4	2.9	3.5	6.3	7.8	10.1	11.3	12.4	13.7	14.9
T2 / 00		8.1	9.1	14.0	16.7	18.1	4.2	7.0	8.0	9.0	10.0	3.0	3.7	4.4	7.9	9.9	12.8	14.2	15.7	17.2	18.7
T2 / 01		9.9	11.1	17.0	20	22	5.2	8.7	9.8	11.0	12.1	3.8	4.6	5.4	9.7	12.1	15.6	17.3	19.1	21	23

¹⁾ Temp. de condensación en el punto de burbuja.

Factor de corrección

Refrigerante	Subenfriamiento [K]										
	2	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
R22	0.98	1	1.06	1.11	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.39	1.44
R134a	0.98	1	1.08	1.13	1.19	1.25	1.31	1.37	1.42	1.48	1.54
R404A/R507	0.96	1	1.10	1.20	1.29	1.37	1.46	1.54	1.63	1.70	1.78
R407C	0.97	1	1.08	1.14	1.21	1.27	1.33	1.39	1.45	1.51	1.57

<p>Cuando el subenfriamiento ≠ 4 K entonces:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor de tabla × Factor = Capacidad de planta 2. Capacidad de planta : Factor = Valor de tabla <p>Ejemplo: Refrigerante = R407C $Q_{nom} = 10 \text{ kW}$ $t_e = 0^\circ\text{C}$ $t_c = 55^\circ\text{C}$ $\Delta t_{sub} = 25 \text{ K}$</p> <p>Selección:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $T_2, \text{Orificio } 04 = 12.4 \text{ kW} \times 1.27 = 15.75 \text{ kW} \rightarrow \text{Válvula muy grande}$ <p>Selección correcta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. $10 \text{ kW} / 1.27 = 7.9 \text{ kW} \rightarrow T_2, \text{Orificio } 03$ 	<p>Elemento termostatico + Válvula + Orificio</p>
--	---

Ejercicio 7-2

En un condensador el refrigerante R-134a entra con una temperatura de 60 °C, condensa a una temperatura de 50 °C y es subenfriado 10 K.

Obten del diagrama p h:

- a) Calor específico sensible cedido antes de iniciarse la condensación
- b) Calor específico latente cedido durante la condensación
- c) Calor específico sensible cedido durante el subenfriamiento

Ejercicio 7-3

En un evaporador el refrigerante R-22 entra con una temperatura de 0 °C y un 80% de refrigerante líquido. El sobrecalentamiento es de 10 K.

Obten del diagrama p h:

- a) Calor específico latente absorbido durante la evaporación
- b) Calor específico sensible absorbido durante el sobrecalentamiento

https://www.gunt.de/images/download/primary-and-secondary-controllers_german.pdf

<https://www.gunt.de/de/produkte/kaeltetechnik/prinzipien-der-kaelteerzeugung/glct-1:pa-119:ca-116>

<https://www.danfoss.com/en-us/service-and-support/case-stories/dcs/how-thermostatic-expansion-valves-work/>

Suministro industrial refrigeración en Mallorca

Disco Palma de Mallorca - C/ Gremio Herreros,48; - <https://www.grupodisco.com/productos/>

Balear de suministros frigoríficos - Carrer del Gremi de Saboners, 19,

BEIJER ECR IBERICA, S.L. - Gremi Sucrers i Candelers, 46, - <https://beijer.es/>

NORD ARBONA SL - 16 DE JULIO, 89 - <https://www.arbonapiza.com/>

Pecomark Mallorca - <https://www.pecomark.com/es/delegaciones/ES-PM>