

Table of Contents

2 Componentes de las instalaciones frigoríficas.....	3
2.1 Compresores.....	3
2.1.1 Clasificación de compresores por su integración en el circuito frigorífico.....	6
2.1.1.1 Compresores herméticos.....	6
2.1.1.2 Compresores semiherméticos.....	12
2.1.1.3 Compresores abiertos.....	13
2.1.2 Clasificación de compresores por su técnica de compresión.....	14
2.1.2.1 Compresores alternativos de pistón (piston reciprocating copressor).....	14
2.1.2.1.1 Proceso de compresión en compresores de pistón alternativo.....	15
2.1.2.1.2 Número y disposición de los cilindros.....	17
2.1.2.1.3 Transformación del movimiento rotativo en movimiento alternativo.....	17
2.1.2.1.4 Válvulas de aspiración y descarga.....	18
2.1.2.1.5 Dispositivos de lubricación.....	19
2.1.2.2 Compresores alternativos de pistón – ejemplos de cálculo.....	20
2.1.2.3 Compresores rotativos de pistón rodante y paletas.....	33
2.1.2.3.1 Compresor de pistón rodante (rolling piston compressor).....	33
2.1.2.3.2 Compresor de paletas (vane compressor).....	42
2.1.2.3.3 Compresor rotativo de tronillo.....	43
2.1.2.3.4 Compresor rotativo de espiral (scroll).....	47
2.2 Ejercicios compresores.....	50
2.3 Condensadores.....	55
2.3.1 Capacidad de un condensador.....	56
2.3.1.1 Efecto de la variación de la temperatura del medio portador de calor (mpc) en la temperatura de condensación.....	58
2.3.1.2 Aprovechamiento de la capacidad de un condensador.....	60
2.3.2 Clasificación de condensadores.....	63
2.3.2.1 Condensadores enfriados por aire.....	63
2.3.2.2 Condensadores enfriados por agua.....	67
2.3.2.2.1 Condensadores coaxiales a contracorriente (pipe coil condenser).....	67
2.3.2.2.2 Condensadores multitubulares horizontales (shell and tube condenser).....	72
2.3.2.2.3 Condensadores enfriados por agua de mar.....	75
2.4 Ejercicios condensadores.....	77
2.5 Evaporadores.....	81
2.5.1 Capacidad de un evaporador.....	82
2.5.2 Evaporadores calentados por aire.....	84
2.5.2.1 Evaporadores de tubos aleteados (finned evaporators).....	84
2.5.3 Evaporadores calentados por agua.....	88
2.5.3.1 Evaporador de placas (plate type evaporator).....	88
2.5.3.2 Evaporadores coaxiales (pipe coil evaporator).....	89
2.5.3.3 Evaporadores multitubulares (shell and tube evaporator).....	91
2.6 Dispositivos de expansión.....	92
2.6.1 Tubos capilares.....	92
2.6.2 Válvulas de expansión termostáticas (VET).....	95
2.6.2.1 Ajuste del sobrecalentamiento.....	101
2.6.2.2 Montaje y posición del bulbo de la válvula termostática.....	103
2.6.2.3 Válvula termostática con igualación externa de presión.....	104

2.6.2.4 Válvula termostática con limitación de presión (MOP).....	106
2.6.2.5 Selección de la válvula termostática.....	107
2.7 Ejercicios.....	115
2.8 Componentes mecánicos del circuito.....	118
2.9 Ejercicios.....	133
2.10 Soluciones ejercicios.....	139

2 Componentes de las instalaciones frigoríficas

Los componentes principales de una instalación frigorífica son:

- Compresor
- Condensador
- Dispositivo de expansión
- Evaporador

2.1 Compresores

La misión del compresor es hacer circular el refrigerante en la instalación frigorífica. Lo aspira en estado de gas procedente del evaporador y lo transporta, manteniendo el estado de gas, al condensador. En el compresor el gas es comprimido. Esto hace que disminuya su volumen específico, aumente la presión hasta alcanzar la de condensación y aumente también la temperatura del gas, ya que absorbe el trabajo de compresión.

La temperatura de evaporación es la que determina principalmente las condiciones de funcionamiento del compresor. A mayor temperatura de evaporación, mayor será la presión en la toma de aspiración y menor el volumen específico del gas aspirado.

La relación de compresión (R_C) es la relación entre la presión absoluta del lado de alta presión (p_C) y la presión absoluta del lado de baja presión (p_E):

$$R_C = \frac{p_C}{p_E}$$

Cuando la relación de compresión sube demasiado, por encima de aproximadamente 12:1, para un compresor alternativo hermético, la temperatura del gas refrigerante se eleva hasta tal punto que el aceite utilizado para la lubricación se podría descomponer y generar ácido en el sistema. Una compresión en dos etapas permite reducir la relación de compresión.

Para alargar la vida de un compresor, se debe mantener la temperatura de descarga tan baja como sea posible. Una temperatura de descarga alta también puede provocar fallos en la válvula de descarga.

Un condensador sucio o con problemas en su ventilador, da lugar a una temperatura de condensación alta, que a su vez eleva la temperatura de descarga.

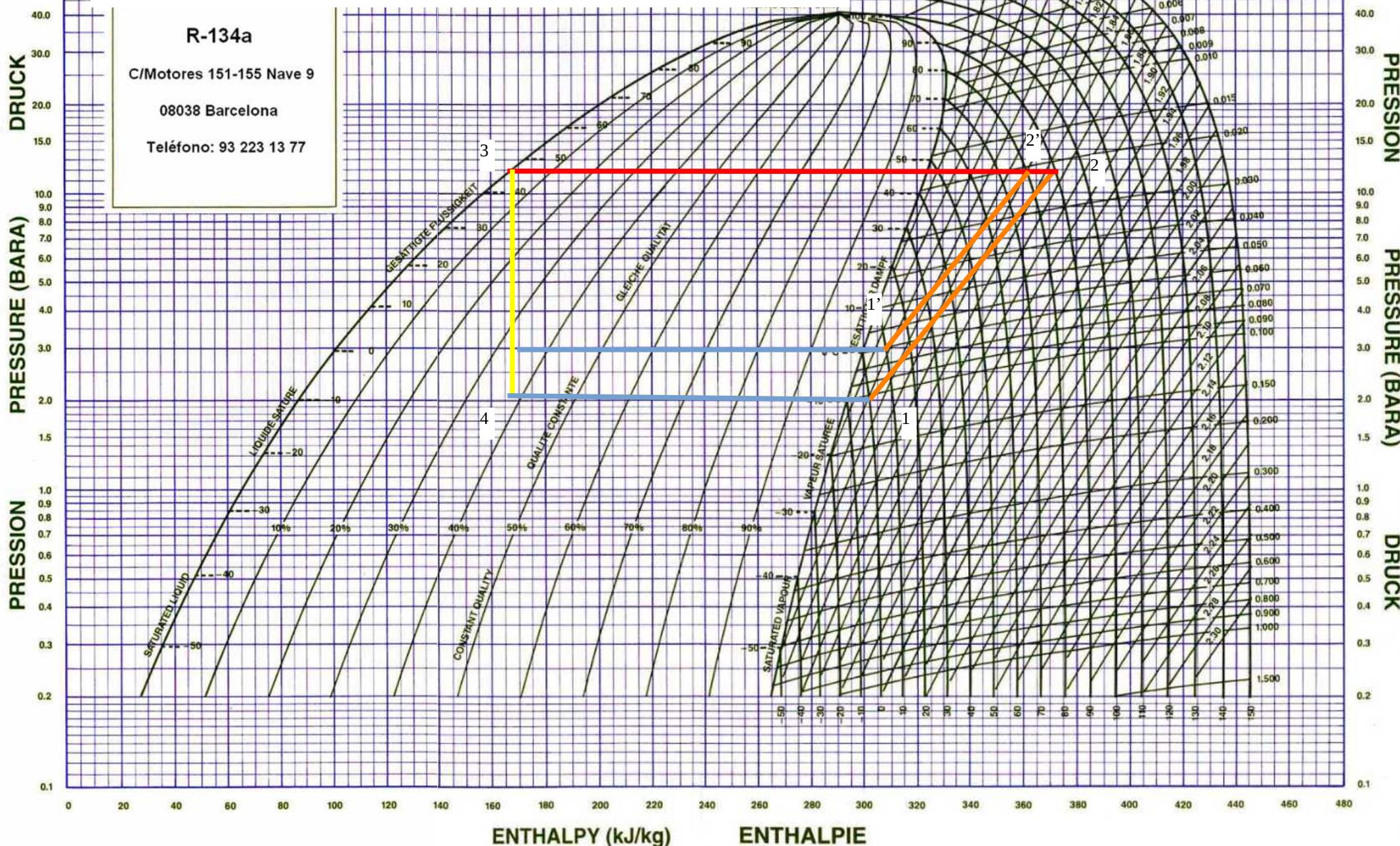
Una temperatura de evaporación baja (volumen específico alto, densidad baja), además de aumentar la relación de compresión, provoca un aumento en la temperatura de descarga, ya que el trabajo de compresión es absorbido por una masa de gas menor. Esto sucede cuando la temperatura de un compartimento refrigerado desciende por debajo de la de diseño.

Al aumentar la temperatura de evaporación, disminuye la relación de compresión.

Además, disminuye el volumen específico, por tanto, se comprime mayor masa de refrigerante por unidad de volumen, aumentando el caudal de masa. La temperatura de descarga se reduce al ser absorbido el trabajo del compresor por una mayor masa de refrigerante.

El aumento de la temperatura de evaporación de -10°C a 0°C , manteniéndose un sobrecalentamiento constante de 10 K, provoca una reducción del volumen específico de $0,11 \text{ m}^3/\text{kg}$ a $0,71 \text{ m}^3/\text{kg}$ (*aumenta la densidad del gas*).

La temperatura de descarga disminuye de 90°C a 80°C , por una doble causa. El trabajo de compresión de 1' a 2' es menor que el de 1 a 2 y la masa de gas contenida en el cilindro, que absorbe ese trabajo, es mayor por la mayor densidad del gas.



2.1.1 Clasificación de compresores por su integración en el circuito frigorífico

Por integración del motor del compresor en el circuito, se diferencia entre:

2.1.1.1 Compresores herméticos

En los compresores herméticos, motor eléctrico y compresor forman una unidad, protegida del exterior por una carcasa. Ni el motor, ni el compresor son accesibles. En caso de avería, se sustituye el conjunto hermético. Se utilizan en instalaciones de pequeña potencia, su precio es relativamente bajo.



SALVADOR ESCODA S.A.
www.salvadorescoda.com

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

COMPRESORES

Alta y Media temperatura «R134a»

MONOFÁSICOS 220V - 50Hz

Código	Modelo	Potencia CV	Cil. cm ³	Rendimientos (W)				Tipo motor	€
				0°C	-5°C	-10°C	-15°C		
MF 40 013	GQR80TG	1/4	8	680	550	420	324	CSIR	105,00
MF 40 014	GQR90TG	1/3	9,1	768	621	474	365	CSIR	110,00
MF 40 015	GQR12TG	3/8	12,8	981	793	606	467	CSIR	120,00
MF 40 016	GQR14TG	1/2	14,2	1.108	896	685	527	CSIR	125,00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Modelo	GQR80TG	GQR90TG	GQR12TG	GQR14TG
Rango t ^a evaporación (°C)	-15°C/+10°C	-15°C/+10°C	-15°C/+10°C	-15°C/+10°C
Viscosidad aceite cSt 40°C	32	32	32	32
Peso (kg)	9,3	9,8	10	10
LRA (A)	7,3	9,4	9,88	10,5
Protección térmica (°C)	Abre 120 / Cierra 61	Abre 125 / Cierra 61	Abre 125 / Cierra 61	Abre 125 / Cierra 61
Relé de arranque	QL2-4,95 / PO-230	QL2-4,95 / PO-230	QL2-4,95 / PO-230	QL2-4,95 / PO-230
Condensador arranque	CD60 50 µF	CD60 50 µF	CD60 50 µF	CD60 50 µF



www.salvadorescoda.com

TARIFA DE PRECIOS

I.V.A. no incl. Consulte posibles actualizaciones

A

COMPRESORES HERMÉTICOS «R-134a»



SERIE EMT



SERIE NEU/NEK



SERIE NJ



SERIE NT

Baja temperatura (LST)

Código	Modelo	HP	Ref. Comp.	Cil. cm³	Motor	Altura mm	CAPACIDAD EN WATIOS				€
							-30°C	-20°C	-15°C	-10°C	
MONOFÁSICOS 220V 50Hz											
MF 11 184	EMY-3109Z	1/10	C	3,97	RSIR	166	74	130	169	215	101,00
MF 11 185	EMY-3111Z	1/8	C	4,85	RSIR	166	87	157	202	257	103,50
MF 11 164	EMT-49HLP	1/6	C	5,56	RSIR	166	101	178	230	290	108,50
MF 11 151	EMY-3115Z	1/6	C	6,09	RSIR	171	131	233	298	374	116,00
MF 11 166	NEK-2116-Z	1/10	S	7,37	CSIR	200	95	184	241	305	135,50
MF 11 154	NEK-1116-Z	1/5	S	7,37	RSIR/RSCR	187	125	232	302	385	129,50
MF 11 155	NEK-1118-Z	1/4	S	8,39	RSIR	187	148	268	347	441	132,50
MF 11 157	NE-2121-Z	1/3	F	9,26	CSIR	200	166	302	392	498	172,50
MF 11 158	NE-2130-Z	1/3	F	12,11	CSIR	200	238	411	526	662	183,00
MF 11 192	NE-2134-Z	1/3	F	14,28	CSIR	200	–	433	559	707	185,00
MF 11 168	NEK-2140-Z	1/2	F	16,8	CSIR	200	240	419	544	688	189,50

Rendimientos indicados: Temperatura condensación 54°C

Temperatura ambiente máx. 43°C

Alta temperatura (HBP)

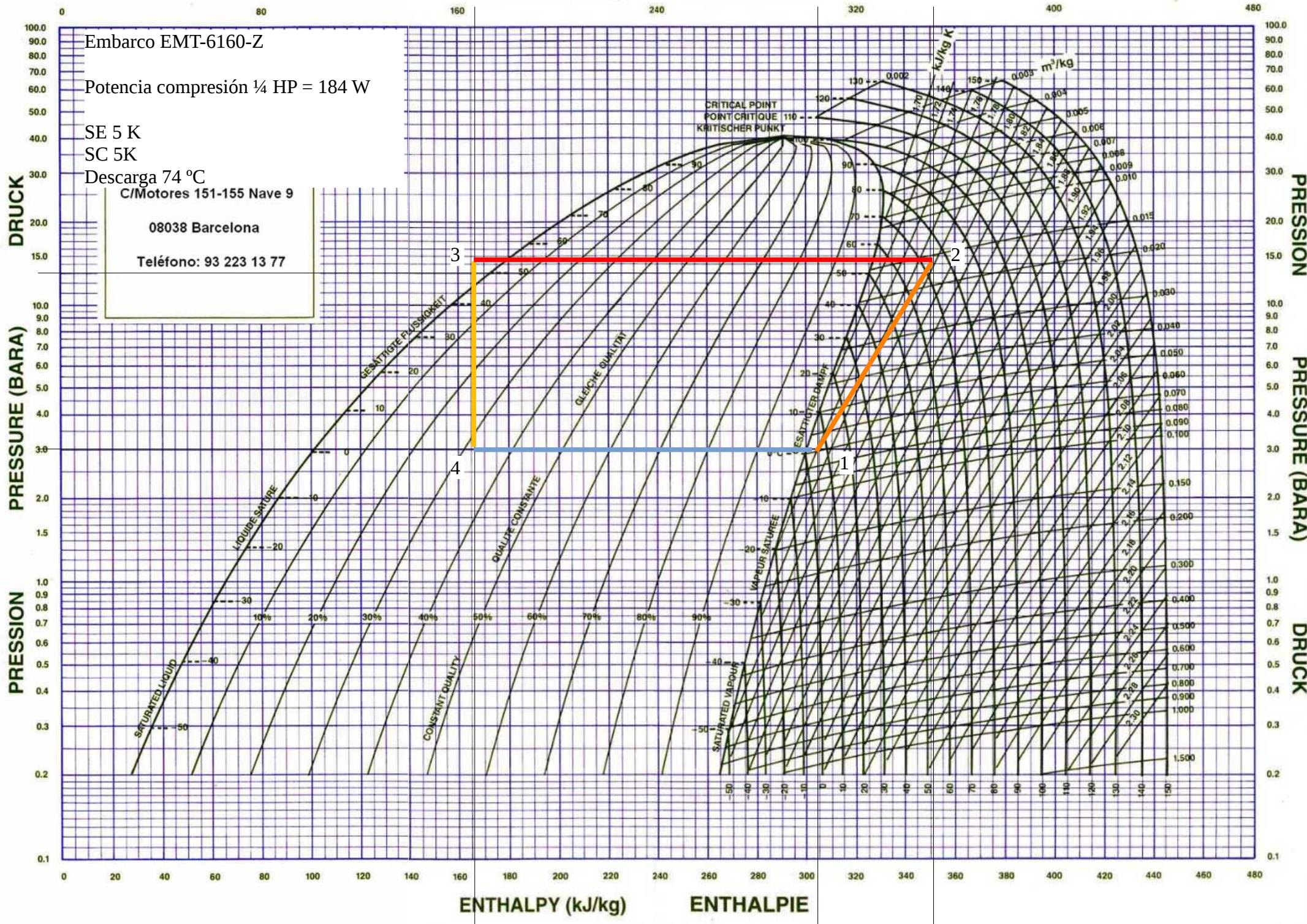
Código	Modelo	HP	Ref. Comp.	Cil. cm³	Motor	Altura mm	CAPACIDAD EN WATIOS			€
							-10°C	0°C	+5°C	
MONOFÁSICOS 220V 50Hz										
MF 11 131	EMT-37HDP	1/8	S	3,40	RSIR	166	170	269	328	112,50
MF 11 186	EMT-45HDR	1/8	S	3,97	CSIR	166	207	314	383	120,50
MF 11 132	EMT-50HDP	1/6	F	4,50	RSIR	166	226	355	435	119,50
MF 11 191	EMT-6144-Z	1/5	F	5,19	CSIR	166	278	432	528	123,50
MF 11 135	EMT-6160-Z	1/4	F	6,76	CSIR	166	358	551	669	126,50
MF 11 136	EMT-6170-Z	1/3	F	7,69	CSIR	166	398	662	739	134,00
MF 11 145	NEU-6187-Z*	1/3	F	10	CSIR	200	561	752	920	155,00
MF 11 137	NEU-6210-Z*	1/2	F	12,11	CSIR	200	579	917	1.129	165,50
MF 11 144	NEU-6212-Z*	1/2	F	14,28	CSIR	206	669	1.060	1.303	171,50
MF 11 138	NEK-6214-Z*	1/2	F	16,8	CSIR	206	789	1.228	1.496	189,50
MF 11 142	NT6217-Z	3/4	F	20,44	CSIR	220	879	1.374	1.695	271,50
MF 11 140	NJ-6220-Z	1	F	26,11	CSIR	265	1.104	1.886	2.336	348,00
MF 11 141	NJ-6226-Z	1-1/4	F	34,38	CSIR	265	1.136	2.209	2.711	381,00
TRIFÁSICOS 380V 50Hz										
MF 11 181	NJ-6220-ZX	1	S	26,11	3-FASE	265	1.104	1.886	2.336	361,50
MF 11 182	NJ-6226-ZX	+1	F	34,38	3-FASE	265	1.350	2.231	2.739	423,50

Rendimientos indicados: Temperatura condensación 54°C

Temperatura ambiente máx. 43°C

ENTHALPY (kJ/kg)

ENTHALPIE



Ejemplo 2.1.1.1-1

Compresor EMT-6160-Z

R-134a

$$\vartheta_E = 0^\circ C \rightarrow p_E = 3 \text{ bar}$$

$$\vartheta_C = 54^\circ C \rightarrow p_C = 14,5 \text{ bar}$$

$$R_C = \frac{p_C}{P_E} = \frac{14,5 \text{ bar}}{3 \text{ bar}} = 4,8 \text{ bar}$$

$\dot{Q}_E = 0,551 \text{ kW}$ información procedente de la tabla de datos

$V_{cilindro} 6,76 \text{ cm}^3$ y 2800 RPM (velocidad de giro del cigüeñal) →

$$\dot{V}_{teorico} = V_{cilindro} \cdot \frac{2800 \text{ RPM}}{60 \text{ s}} = 0,00000676 \text{ m}^3 \cdot \frac{46,7}{\text{s}} = 0,00032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{Caudal volumétrico teórico}$$

Caudal de masa teórico

SC = 5 K

$$\rho_{aspiracion} = \frac{1}{0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 14,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \dot{m}_{teorico} = \rho_{aspiracion} \cdot \dot{V}_{teorico} = 14,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,00032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,0045 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Caudal de masa real obtenido del diagrama p h

SC = 5 K valor estimado

SE = 5 K valor estimado

$$h_1 = 305 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_{3/4} = 165 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m}_{real} = \frac{\dot{Q}_E}{(h_1 - h_4)} = \frac{0,551 \text{ kW}}{140 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,0039 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Caudal volumétrico real

$$\dot{V}_{real} = \frac{\dot{m}_{real}}{\rho_{aspiracion}} = 0,0039 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 0,000273 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Rendimiento volumétrico

$$\eta_{volumetrico} = \frac{\dot{V}_{real}}{\dot{V}_{teorico}} = \frac{0,000273 \frac{m^3}{s}}{0,00032 \frac{m^3}{s}} = 85\%$$

Potencia del compresor 0,25 HP = 0,184 kW

$$W_c = \frac{P_{comp}}{\dot{m}_{real}} = \frac{0,184 \text{ kW}}{0,0039 \frac{kg}{s}} = 47,2 \frac{kJ}{kg} \rightarrow h_2 = h_1 + W_c = 305 \frac{kJ}{kg} + 47,2 \frac{kJ}{kg} = 352 \frac{kJ}{kg}$$

$$\rightarrow \vartheta_{descarga} = 74^\circ C$$

2.1.1.2 Compresores semiherméticos

El eje del motor es prolongación del cigüeñal del compresor y ambos están en una misma carcasa accesible desde el exterior. Su carcasa está compuesta por elementos desmontable, permitiendo reparar averías en su interior. El fluido refrigerante a baja presión fluye alrededor del motor refrigerándolo.

Se utilizan en instalaciones de mediana potencia.



2.1.1.3 Compresores abiertos

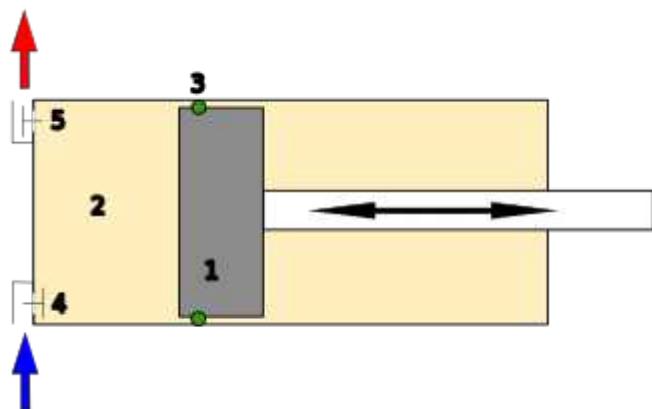
El cigüeñal es accionado por un motor externo al compresor. El motor se encuentra fuera del circuito refrigerante. El paso del cigüeñal a través de la carcasa del compresor requiere un elemento que garantice la estaqueidad. Es este uno de los puntos débiles del compresor abierto. Se utilizan para instalaciones de pequeña y mediana potencia.



2.1.2 Clasificación de compresores por su técnica de compresión

2.1.2.1 Compresores alternativos de pistón (*piston reciprocating compressor*)

Se basan en la transformación de un movimiento rotativo en otro alternativo, semejante a los motores de combustión interna pero en sentido inverso. Están formados por una cámara de compresión en forma de cilindro (3) y por un pistón que se desliza por dentro del cilindro. El pistón (1) está unido a través de una biela de transmisión a un motor accionador. Al girar el motor, la biela hace un movimiento ascendente y descendente, succionando el gas de entrada a través de la válvula de admisión (4) cuando retrocede el pistón, comprimiendo el gas cuando avanza el pistón y expulsando el gas a través de la válvula de escape (5) cuando el pistón llega al final de su recorrido.



Los segmentos colocados en el pistón aseguran la estanquidad entre este y el cilindro, separando la alta presión (interior del cilindro) de la parte de baja presión (cárter). En los compresores pequeños en lugar de segmentos se utilizan pistones con ranuras, que aseguran la estanquidad.



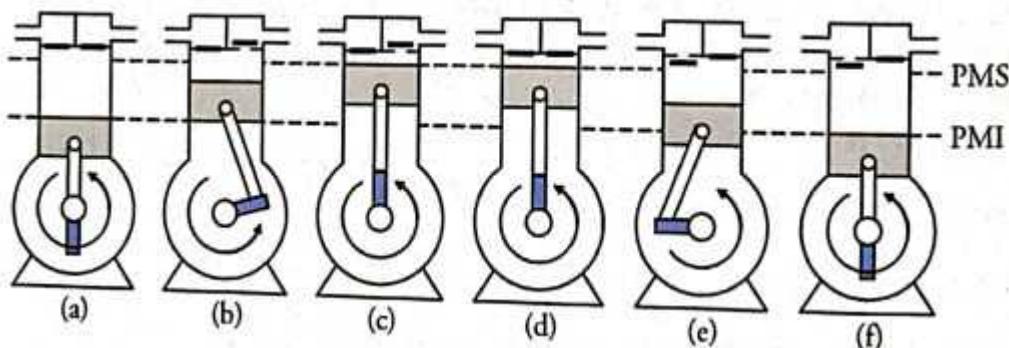
Paulino Posada



p. 14 de 179

2.1.2.1.1 Proceso de compresión en compresores de pistón alternativo

El proceso completo de compresión comprende dos carreras del pistón con un giro del eje de rotación. La siguiente imagen muestra el movimiento del pistón en sus 2 fases o carreras.



Compresión.

Las válvulas están cerradas y el gas está dentro del cilindro (a). El émbolo inicia su movimiento desde la posición de máximo volumen PMI (punto muerto inferior) hasta que se alcanza una presión determinada que abre la válvula de descarga (b).

Descarga.

La válvula de descarga está abierta. El émbolo prosigue su movimiento hasta la posición de mínimo volumen punto muerto superior (PMS) (c).

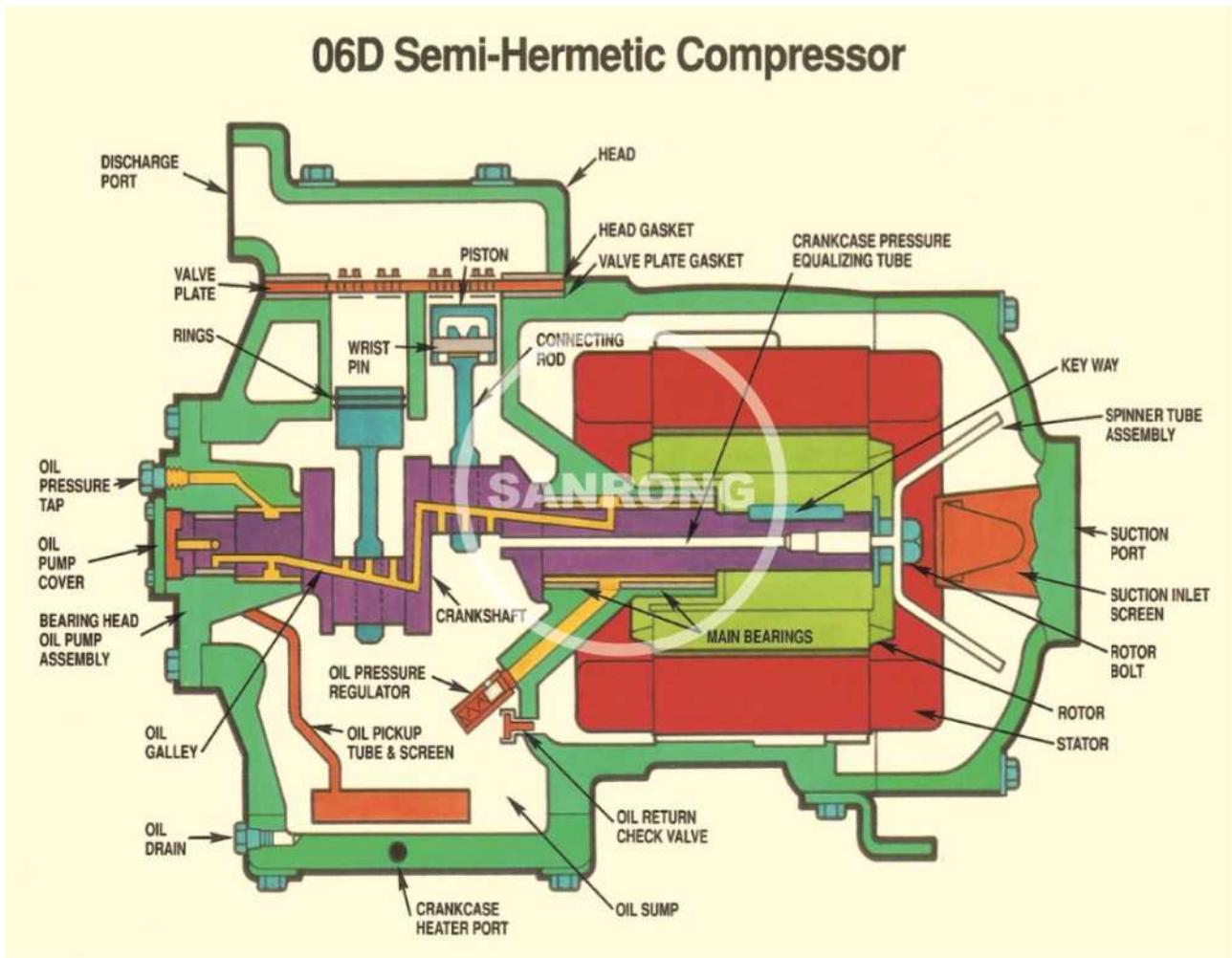
Reexpansión.

Con las válvulas cerradas, el émbolo inicia su movimiento de el PMS (d) hasta el momento que la baja presión abre la válvula de aspiración (e).

Aspiración.

La válvula de aspiración está abierta. Entra gas en el cilindro, desplazándose el émbolo hacia el punto muerto inferior (PMI) (f). A partir de aquí se inicia un nuevo ciclo.

Para evitar que el pistón choque contra la placa de la válvula cuando se encuentra en la parte superior, los compresores alternativos se diseñan con un pequeño espacio (muerto) entre la parte superior del pistón (PMS) y la placa de la válvula. El espacio muerto reduce el rendimiento del compresor, al matener una pequeña cantidad de gas en su interior. El gas retenido en el espacio muerto, reduce el caudal volumétrico del compresor.



2.1.2.1.2 Número y disposición de los cilindros.

El número de cilindros varía de 1 a 16. Para compresores de 2 y 3 cilindros, están dispuestos en línea. Cuando se tienen 4 o más cilindros, generalmente se emplean arreglos radiales (para formar una V o W), reduciéndose así el tamaño del compresor (ejemplo en V).

2.1.2.1.3 Transformación del movimiento rotativo en movimiento alternativo

Esta transformación se obtiene con el sistema mecánico de biela-eje. Los ejes cigüeñales se construyen de acero forjado y algunas veces de fundición. Las bielas aseguran la unión entre los cuellos del cigüeñal y los pistones. Deben ser ligeras y resistentes, ya que han de soportar la fuerza desarrollada sobre la cabeza del pistón por la presión del fluido frigorífico. Los pistones deben ser ligeros (hierro fundido o aluminio), y hallarse ajustados a los cilindros para evitar pérdidas por fugas de fluido entre el pistón y el cilindro. En compresores grandes se debe reducir la fuerza de rozamiento, reduciendo la superficie de contacto, mediante segmentos elásticos.

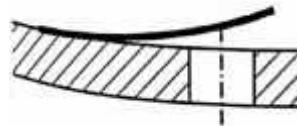
El eje del pistón actúa de unión entre el pie de la biela y el pistón, por cuya razón se denomina muchas veces eje de pie de biela. Se trata de un eje hueco que unas veces va fijo sobre el pie de la biela, y otras sobre el pistón, quedando libre una de las dos partes siempre para poder producir el movimiento querido.



2.1.2.1.4 Válvulas de aspiración y descarga

El conjunto de válvulas de aspiración y de descarga están emplazadas a uno y otro lado de una placa conocida por plato de válvulas. En este caso, la corriente de gas no pasa por el cárter y los riesgos de arrastre de aceite son menores.

El trabajo de las válvulas se hace siempre metal contra metal, por lo que es indispensable que las superficies de contacto sean planas conservando siempre su forma original: deben ser robustas y poco frágiles. En los compresores que giran a velocidad elevada, las válvulas se abren y cierran con gran rapidez, lo que implica la necesidad de que estas válvulas sean también ligeras. En este caso, se utilizan válvulas del tipo laminar flexible, que nos permitan hacer el movimiento ilustrado en la imagen.



2.1.2.1.5 Dispositivos de lubricación

El engrase puede lograrse por: barboteo o bomba de aceite a presión.

El sistema de barboteo se utiliza en compresores de baja potencia que giran a velocidad moderada. Se mantiene un nivel de aceite en el cárter que permita a las cabezas de las bielas hallarse por debajo de dicho nivel durante parte de su movimiento de rotación; el aceite, se proyecta a continuación hacia el interior del cárter llegando hasta los ejes del pistón.

El sistema de lubricación forzada consiste en una bomba de aceite montada en el extremo del eje del compresor, y accionada por el eje, que lubrica bajo presión todos los órganos en movimiento. La distribución del aceite se efectúa por medio de conductos a todas las partes fijas (como cilindros) y además, otro conducto taladrado en el interior del cigüeñal permite, a partir de los cuellos del mismo, engrasar las manivelas y los ejes del pistón. El aceite retorna por gravedad al fondo del cárter de donde es aspirado a través de un filtro de la bomba de aceite.

2.1.2.2 Compresores alternativos de pistón – ejemplos de cálculo

SALVADOR ESCODA S.A.
www.salvadorescoda.com

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

COMPRESORES SEMIHERMÉTICOS

GEL GELPHA
Gelphamatic

A

MODELO K
BÁSICO

MODELO LG
CON ASPIRACIÓN POR CULATA

MODELO MR
CON BOMBA DE ACEITE

MODELO VR
CON REGULACIÓN DE CAPACIDAD

COMPRESIÓN

A-38

A**COMPRESORES SEMIHERMÉTICOS****Alta / Media temperatura. Para gas R134A/R-404A/R-507**

Código	Modelo	Motor HP	Desplaz. m³/h	Línea		Nº cilindros	PDA	CAPACIDAD EN WATIOS					€
				Asp.	Desc.			+5°C	0°C	-10°C	-25°C	-35°C	
MF 18 101	07K3,2X	0,75	2,91	1/2"	3/8"	2	NO	2.442	2.030	1.362	668	355	1.270,00
MF 18 103	1K5,2X	1	4,92	5/8"	1/2"	2	NO	4.245	3.540	2.392	1.208	672	1.299,00
MF 18 105	1,5K7,2X	1,5	6,43	5/8"	1/2"	2	NO	5.748	4.798	3.248	1.655	948	1.338,00
MF 18 109	2L9,2	2	9,06	7/8"	1/2"	2	NO	8.068	6.665	4.450	2.035	875	1.837,00
MF 18 111	3L13,2X	3	12,87	7/8"	5/8"	2	NO	11.915	9.845	6.602	3.118	1.458	1.991,00
MF 18 114	4L17,2X	4	17,14	7/8"	5/8"	2	NO	16.768	13.925	9.428	4.598	2.340	2.104,00
MF 18 117	5L23,2X	5	22,52	1-1/8"	5/8"	2	NO	21.815	18.085	12.075	6.265	3.518	2.273,00
MF 18 139	7MR27,2X	7,5	26,65	1-3/8"	1-1/8"	2	SI	24.715	20.582	13.818	6.775	3.605	3.540,00
MF 18 141	9MR32,2X	10	32	1-3/8"	1-1/8"	2	SI	29.088	24.238	16.298	8.025	4.290	3.677,00
MF 18 143	8GR31,3X	7,5	31,08	1-3/8"	1-1/8"	2	SI	28.555	23.780	15.998	7.878	4.218	4.012,00
MF 18 145	10GR39,3X	10	39,02	1-3/8"	1-1/8"	3	SI	35.630	29.785	20.245	10.285	5.775	4.076,00
MF 18 147	15GR50,3X	15	49,88	1-5/8"	1-1/8"	3	SI	45.145	37.818	25.865	13.395	7.748	4.349,00
MF 18 149	18GR60,3	18	60,28	1-5/8"	1-1/8"	3	SI	54.805	45.950	31.498	16.408	9.560	4.899,00

Media / Baja temperatura. Para gas R-404A/R-507/R-449A

Código	Modelo	Motor HP	Desplaz. m³/h	Línea		Nº cilindros	PDA	CAPACIDAD EN WATIOS				€
				Asp.	Desc.			-10°C	-20°C	-30°C	-40°C	
MF 18 102	07K5,2X	0,75	4,92	5/8	3/8	2	NO	–	1.542	910	460	1.270,00
MF 18 104	1K7,2X	1	6,43	5/8	1/2	2	NO	–	2.172	1.265	660	1.299,00
MF 18 106	1,5K8,2X	1,5	7,43	5/8	1/2	2	NO	–	2.435	1.482	800	1.338,00
MF 18 107	1,5K9,2X	1,5	9,06	5/8	1/2	2	NO	–	3.158	1.808	975	1.338,00
MF 18 108	2K9,2K	2	9,06	5/8	1/2	2	NO	4.648	3.015	1.844	998	1.496,00
MF 18 110	2L13,2X	2	12,87	7/8	1/2	2	NO	–	3.845	2.148	865	1.915,00
MF 18 112	3L17,2X	3	17,14	7/8	5/8	2	NO	8.615	5.910	3.355	1.408	1.991,00
MF 18 113	3L19,2X	3	19,43	1-1/8	5/8	2	NO	–	7.138	4.250	2.065	1.991,00
MF 18 115	4L19,2X	4	19,43	1-1/8	5/8	2	NO	10.745	6.870	4.008	1.880	2.104,00
MF 18 116	4L23,2X	4	22,52	1-1/8	5/8	2	NO	–	8.260	5.030	2.622	2.104,00
MF 18 134	4LR23,2X	4	22,52	1-1/8	5/8	2	SI	–	7.110	4.890	2.565	2.687,00
MF 18 135	5LR23,2X	5	22,52	1-1/8	5/8	2	SI	11.842	7.835	4.658	2.305	2.826,00
MF 18 138	6MR27,2X	5	26,65	1-3/8	7/8	2	SI	13.950	9.025	5.420	2.840	3.435,00
MF 18 140	7MR32,2X	7,5	32	1-3/8	1-1/8	2	SI	–	10.352	6.000	3.498	3.540,00
MF 18 142	6GR31,3X	5	31,08	1-3/8	7/8	3	SI	–	9.800	5.942	3.192	3.935,00
MF 18 144	8GR39,3X	7,5	39,02	1-3/8	1-1/8	3	SI	–	12.668	7.668	4.098	4.012,00
MF 18 146	10GR50,3X	10	49,88	1-3/8	1-1/8	3	SI	–	16.750	10.478	5.995	4.076,00
MF 18 148	12GR60,3X	12,5	60,28	1-3/8	1-1/8	3	SI	–	20.250	12.668	7.252	4.495,00

Datos cálculo: Temperatura condensación 45°C; Temperatura gas aspiración 25°C; Sin subenfriamiento líquido

[https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Compresion Tarifa PVP SalvadorEscoda.pdf](https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Compresion_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf)

Ejemplo 2.1.2.2-1:

Código MF18108

Modelo 2K9, 2K

Precio: 1496 euros

<https://www.gelpha.com/es/compresores/compresor-semihermetico-2k9-2x-r-404-r507/>

$$P_{electrica} = 1,83 \text{ kW}$$

Refrigerante R-404a

$$\text{Motor 2 HP} \rightarrow 2 \text{ HP} \cdot 745,7 \frac{\text{W}}{\text{HP}} = 1491,4 \text{ W} \quad \text{potencia mecánica de compresión}$$

$$\text{subenfriamiento 0 K} \rightarrow h_{3/4} = 170 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$v_C = 45^\circ\text{C} \rightarrow p_C = 20,5 \text{ bar}$$

$$v_E = -10^\circ\text{C} \rightarrow p_E = 4,5 \text{ bar}$$

$$R_C = \frac{p_C}{P_E} = \frac{20,5 \text{ bar}}{4,5 \text{ bar}} = 4,6$$

$$v_{aspiración} = 25^\circ\text{C} \rightarrow h_1 = 293 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Caudal volumétrico en la aspiración (sobrecaleamiento 35 K, aspiración 25 °C)

$$\dot{V}_{aspiracion-teorico} = 9,06 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,00252 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (\text{teórico, leido de la tabla de datos})$$

$$\frac{1}{\rho_{aspiracion}} = 0,54 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \rightarrow \rho_{aspiracion} = 18,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m}_{teorico} = \dot{V}_{teorico} \cdot \rho_{aspiracion} = 0,00252 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 18,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,047 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Calor absorbido y potencia frigorífica

$$Q_E = h_1 - h_4 = 293 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 170 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 123 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{sobrecaleamiento 35 K, aspiración 25 °C})$$

$$\dot{Q}_{E-teorico} = Q_E \cdot \dot{m}_{teorico} = 123 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,047 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 5,8 \text{ kW}$$

Potencia frigorífica tomada de la tabla $\dot{Q}_{E-real} = 4,648 \text{ kW}$

$$Q_E \cdot \dot{m}_{real} = \dot{Q}_{E-real}$$

$$Q_E \cdot \dot{m}_{teorico} = \dot{Q}_{E-teorico}$$

$$\rightarrow \frac{\dot{m}_{real}}{\dot{m}_{teorico}} = \frac{\dot{V}_{real}}{\dot{V}_{teorico}} = \frac{\dot{Q}_{E-real}}{\dot{Q}_{E-teorico}} = \frac{4,65 \text{ kW}}{5,8 \text{ kW}} = 0,802 \quad \text{rendimiento volumétrico } 80\%$$

Cálculo de \dot{m}_{real}

$$\dot{m}_{real} = 0,802 \cdot \dot{m}_{teorico} = 0,802 \cdot 0,047 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,0377 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Cálculo de W_C con la potencia del compresor de 2 HP:

$$W_C = \frac{P_{compresor}}{\dot{m}_{real}} = \frac{1491,4 \text{ W}}{0,0377 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 39,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\rightarrow h_2 = h_1 + W_C = 293 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 39,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 332,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Caudales volumétricos reales en descarga y aspiración

$$\frac{1}{\rho_{descarga}} = 0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \rightarrow \rho_{descarga} = 76,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{V}_{descarga} = \frac{\dot{m}_{real}}{\rho_{descarga}} = \frac{0,0377 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{76,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,00049 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\frac{1}{\rho_{aspiracion}} = 0,54 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \rightarrow \rho_{aspiracion} = 18,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{V}_{aspiracion} = \frac{\dot{m}_{real}}{\rho_{aspiracion}} = \frac{0,0377 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{18,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Toma aspiración 5/8" - diámetro interior 14,35 mm

Toma descarga 1/2" - diámetro interior 11,18 mm

Velocidad del refrigerante en la aspiración

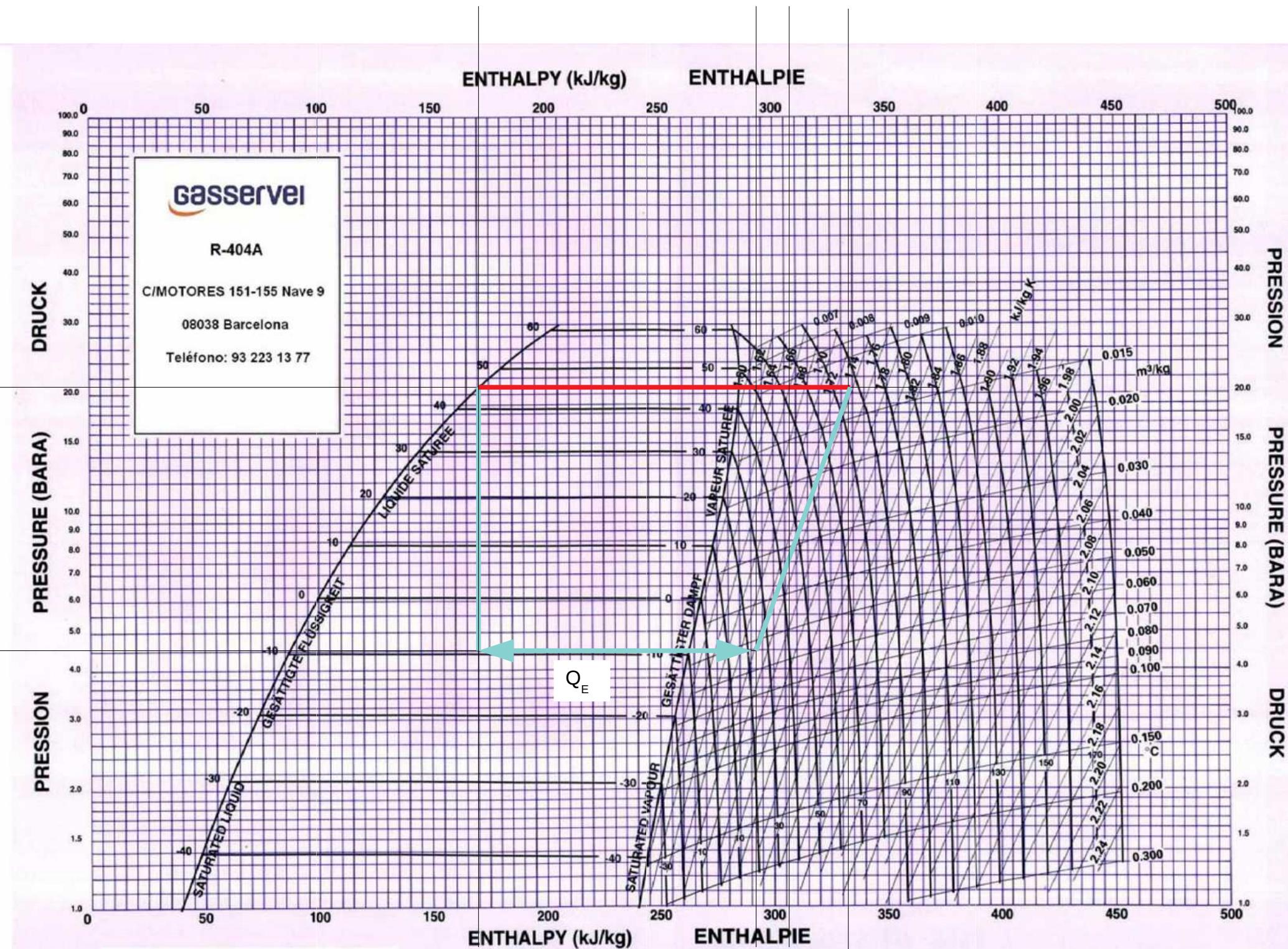
$$A = 3,14 \cdot \left(\frac{14,35 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 161,6 \text{ mm}^2 = 0,0001616 \text{ m}^2$$

$$v_{aspiracion} = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0001616 \text{ m}^2} = 12,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad del refrigerante en la descarga

$$A = 3,14 \cdot \left(\frac{11,18 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 98,11 \text{ mm}^2 = 0,00009811 \text{ m}^2$$

$$v_{descarga} = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,00049 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,00009811 \text{ m}^2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Ejemplo 2.1.2.2-2:

Bitzer ECOLINE

Modelo 2FES-2(Y)

Precio 1141,00 euros + IVA

<https://www.frigopack.com/Articulo~x~Compresor-semihermetico-bitzer-ecoline-2fes2y~IDArticulo~5081.html>

[https://bitzer-compressors.com/ecoline-2FES-2\(Y\).php](https://bitzer-compressors.com/ecoline-2FES-2(Y).php)

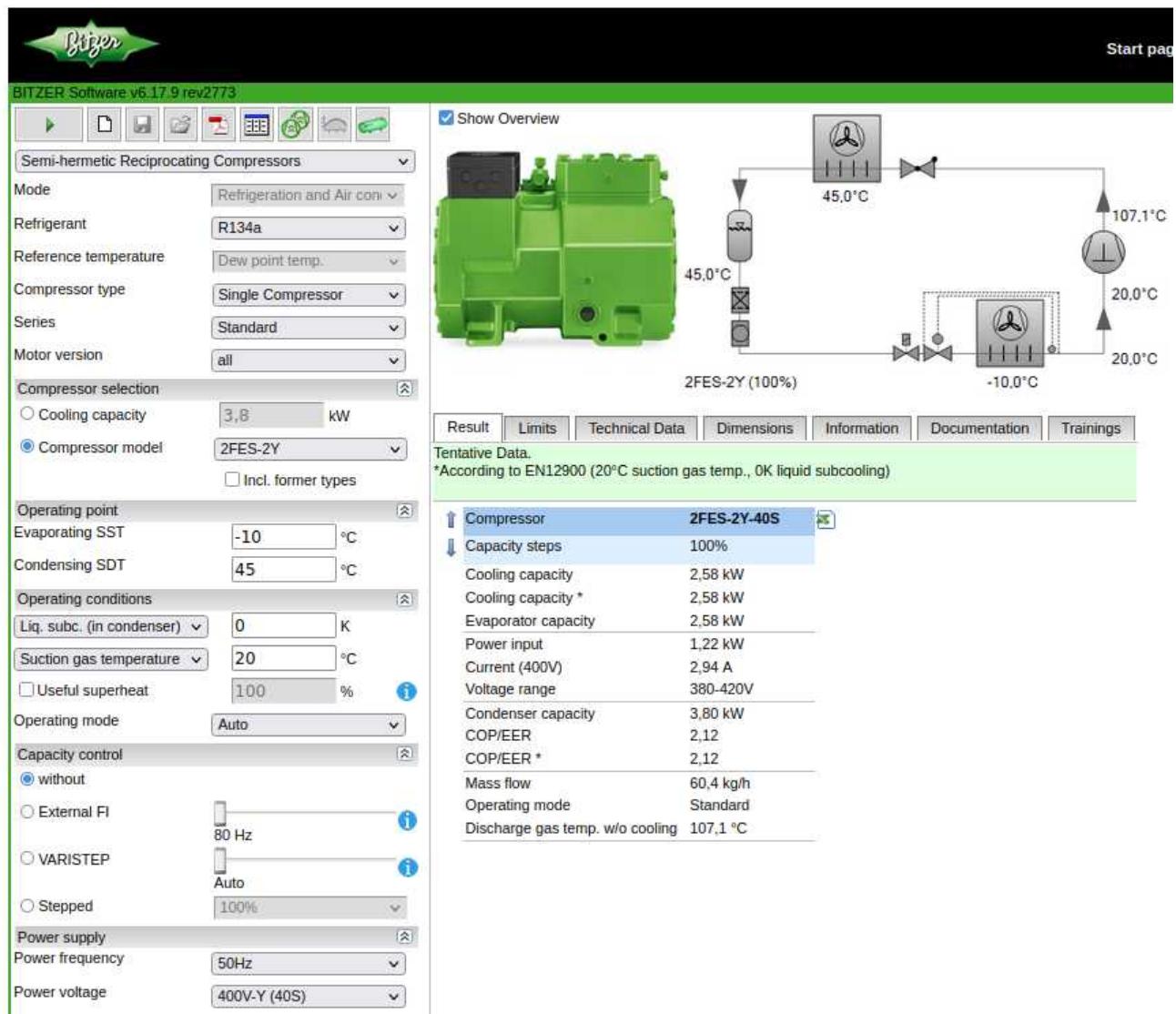
<https://www.bitzer.de/websoftware/Calculate.aspx?cid=1666281140526>

**Technical Data: ECOLINE single compressors**

Compressor model	Housing size	Motor version	Displacement at 1450 min ⁻¹	Number of cylinders	Refrigerating capacity Q ₀				Oil charge	Weight	Maximum operating current ①	Maximum power consumption ②
					R1234yf		R454C					
					t _b / t _c 5°C / 50°C W	t _b / t _c -10°C / 45°C W	t _b / t _c -10°C / 45°C W	t _b / t _c -35°C / 40°C W	dm ³	kg	A	kW
2KES-05(Y)	1	1	4.06	2	1870	1030	1500	310	1.0	46	4.9 / 2.8	1.5
2JES-07(Y)	1	1	5.21	2	2390	1320	2020	480	1.0	47	6.4 / 3.7	1.9
2HES-1(Y)	1	2	6.51	2	3160	1840	2600	640	1.0	47	6.6 / 3.8	2.0
2HES-2(Y)	1	1	6.51	2	3140	1830	2600	640	1.0	49	7.8 / 4.5	2.4
2GES-2(Y)	1	1	7.58	2	3690	2170	3060	780	1.0	49	8.7 / 5.0	2.7
2FES-2(Y)	1	2	9.54	2	4470	2590	3880	1000	1.0	49	9.2 / 5.3	2.9
2FES-3(Y)	1	1	9.54	2	4550	2690	3880	1000	1.0	50	10.6 / 6.1	3.4
Δ / Y												

TECHNICAL AND PERFORMANCE DATA

Compressor type	Motor version	Displacement at 1450 min ⁻¹	Number of cylinders	Refrigerating capacity Q ₀				Oil charge	Weight	Pipe connections		Motor	Max. operating current	Max. power consumption	I/F 70 Hz
				Q ₀		R134a R404A				DL	SL				
				W	W	W	W			dm ³	kg	mm	mm	②	A
2FES-2(Y)	2	9,54	2	4820	2680	4380	1360	1,0	45	12	16	Δ/Y	9,2/5,3	2,9	-



BITZER Software v6.17.9 rev2773

Mostrar Información general

Compresores de Pistones Semi-herméticos

Modo: Refrigeración y Aire acon

Refrigerante: R134a

Temperatura de referencia: Temp. en el punto de roci

Tipo de compresor: Compresor sólo

Serie: Estándar

Versión del motor: todo

Selección del compresor:

- Potencia frigorífica: 16 kW
- Modelo de compresor: 2FES-2Y
- Incluir modelos anteriores

Punto de funcionamiento:

- Temp. de evaporación: -10 °C
- Temp. de condensación: 45 °C
- Líquido subenfriado (des): 0 K
- Temperatura de gas aspir: 20 °C
- Recalentamiento útil: 100 %
- Modo de funcionamiento: Auto
- Regulación de capacidad: sin

Datos técnicos: 2FES-2Y

Informaciones técnicas	
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	9,54 m³/h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	11,51 m³/h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	2 x 46 mm x 33 mm
Peso	49 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32bar
Conexión linea aspiración	16 mm - 5/8"
Conexión linea descarga	12 mm - 1/2"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F BSE32(Standard) R134a tc>70°C: BSE55 (Option)	
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)
Aceite para R1234yf	BSE32 (Standard) R1234yf tc>70°C : BSE55 (Option)
Aceite para R1234ze	BSE55 (Standard) to>15°C: BSE85K (Option) tc>70°C: BSE85K (Option)
Aceite para R454C/R455A	BSE32 (Standard)
Aceite para R515B	BSE55 (Standard) to>15°C: BSE85K (Option) tc>70°C: BSE85K (Option)

Refrigerante R-134a

2 cilindros de 46 mm de diámetro y 33 mm de carrera a 50 Hz → 1450 RPM

$$v_C = 45^\circ C \rightarrow T_C = 318 K \rightarrow p_C = 12 bar$$

$$v_E = -10^\circ C \rightarrow T_E = 263 K \rightarrow p_E = 2 bar$$

$$R_C = \frac{p_C}{P_E} = \frac{12 bar}{2 bar} = 6$$

$$v_{aspiración} = 20^\circ C$$

$$v_{descarga} = 107^\circ C$$

Toma aspiración 5/8"- diámetro interior 14,35 mm – diámetro exterior 16 mm

Toma descarga 1/2" - diámetro interior 11,18 mm – diámetro exterior 12 mm

$$\dot{V}_{aspiracion} = 9,54 \frac{m^3}{h} = 0,00265 \frac{m^3}{s} \text{ indicado en simulación}$$

$$\frac{1}{\rho_{aspiracion}} = 0,12 \frac{m^3}{kg} \rightarrow \rho_{aspiracion} = 8,3 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{diagrama} = \dot{V}_{aspiracion} \cdot \rho_{aspiracion} = 0,00265 \frac{m^3}{s} \cdot 8,3 \frac{kg}{m^3} = 0,022 \frac{kg}{s} \text{ (diagrama p h)}$$

$$\dot{m}_{simulacion} = 60,04 \frac{kg}{h} = 0,0167 \frac{kg}{s} \text{ (simulación)}$$

$$\dot{m}_{simulacion} = \frac{\dot{Q}_E}{Q_E} = \frac{2,58 kW}{154 \frac{kJ}{kg}} = 0,0168 \frac{kg}{s} \text{ calculado con los valores del diagrama p h}$$

$$h_1 = 320 \frac{kJ}{kg} \text{ (tomada del diagrama en el punto 1)}$$

$$h_2 = 388 \frac{kJ}{kg} \text{ (tomada del diagrama en el punto 2)}$$

$$h_3 = h_4 = 166 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_E = h_1 - h_4 = 320 \frac{kJ}{kg} - 166 \frac{kJ}{kg} = 154 \frac{kJ}{kg} \rightarrow \dot{Q}_E = Q_E \cdot \dot{m} = 154 \frac{kJ}{kg} \cdot 0,022 \frac{kg}{s} = 3,38 kW$$

$$W_C = h_2 - h_1 = 388 \frac{kJ}{kg} - 320 \frac{kJ}{kg} = 68 \frac{kJ}{kg} \rightarrow P_{comp} = W_C \cdot \dot{m} = 68 \frac{kJ}{kg} \cdot 0,022 \frac{kg}{s} = 1,5 kW$$

$$EER_{ciclo} = \frac{Q_E}{W_C} = \frac{154 \frac{kJ}{kg}}{68 \frac{kJ}{kg}} = 2,26$$

Velocidad del refrigerante en la aspiración

$$A = 3,14 \cdot \left(\frac{14,35 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 161,6 \text{ mm}^2 = 0,0001616 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,00265 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0001616 \text{ m}^2} = 16,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal volumétrico en la descarga (sobrecalentamiento 30 K, aspiración 20 °C)

$$\frac{1}{\rho_{descarga}} = 0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \rightarrow \rho_{descarga} = 41,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m} = \dot{V}_{aspiracion} \cdot \rho_{aspiracion} = \dot{V}_{descarga} \cdot \rho_{descarga} \rightarrow$$

$$\dot{V}_{descarga} = \dot{V}_{aspiracion} \cdot \frac{\rho_{aspiracion}}{\rho_{descarga}} = 0,00265 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{8,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{41,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,00053 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Velocidad del refrigerante en la descarga

$$A = 3,14 \cdot \left(\frac{11,18 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 98,11 \text{ mm}^2 = 0,00009811 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,00053 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,00009811 \text{ m}^2} = 5,37 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cálculo del caudal volumétrico teórico en la aspiración

2 cilindros de 46 mm de diámetro y 33 mm de carrera a 50 Hz → 1450 RPM

$$\dot{V} = A \cdot s \cdot N \cdot \frac{RPM}{60}$$

A sección del cilindro en m^2

s carrera del pistón

N número de cilindros

RPM revoluciones por minuto

$$A = 3,14 \cdot (0,023 m)^2 = 0,00166 m^2$$

$$\dot{V}_{teorico} = A \cdot s \cdot N \cdot \frac{RPM}{60} = 0,00166 m^2 \cdot 0,033 m \cdot 2 \cdot 1450 \frac{1}{min} \cdot 60 \frac{min}{h} = 9,53 m^3/h$$

El caudal volumétrico real es menor, debido a las perdidas por el espacio muerto y las restisencias al paso del gas en las válvulas.

Caudal volumétrico calculado con el caudal másico indicado en la simulación

$$\dot{m}_{simulacion} = 60,04 \frac{kg}{h} = 0,0167 \frac{kg}{s} \quad \text{con} \quad \frac{1}{\rho_{aspiracion}} = 0,12 \frac{m^3}{kg} \rightarrow$$

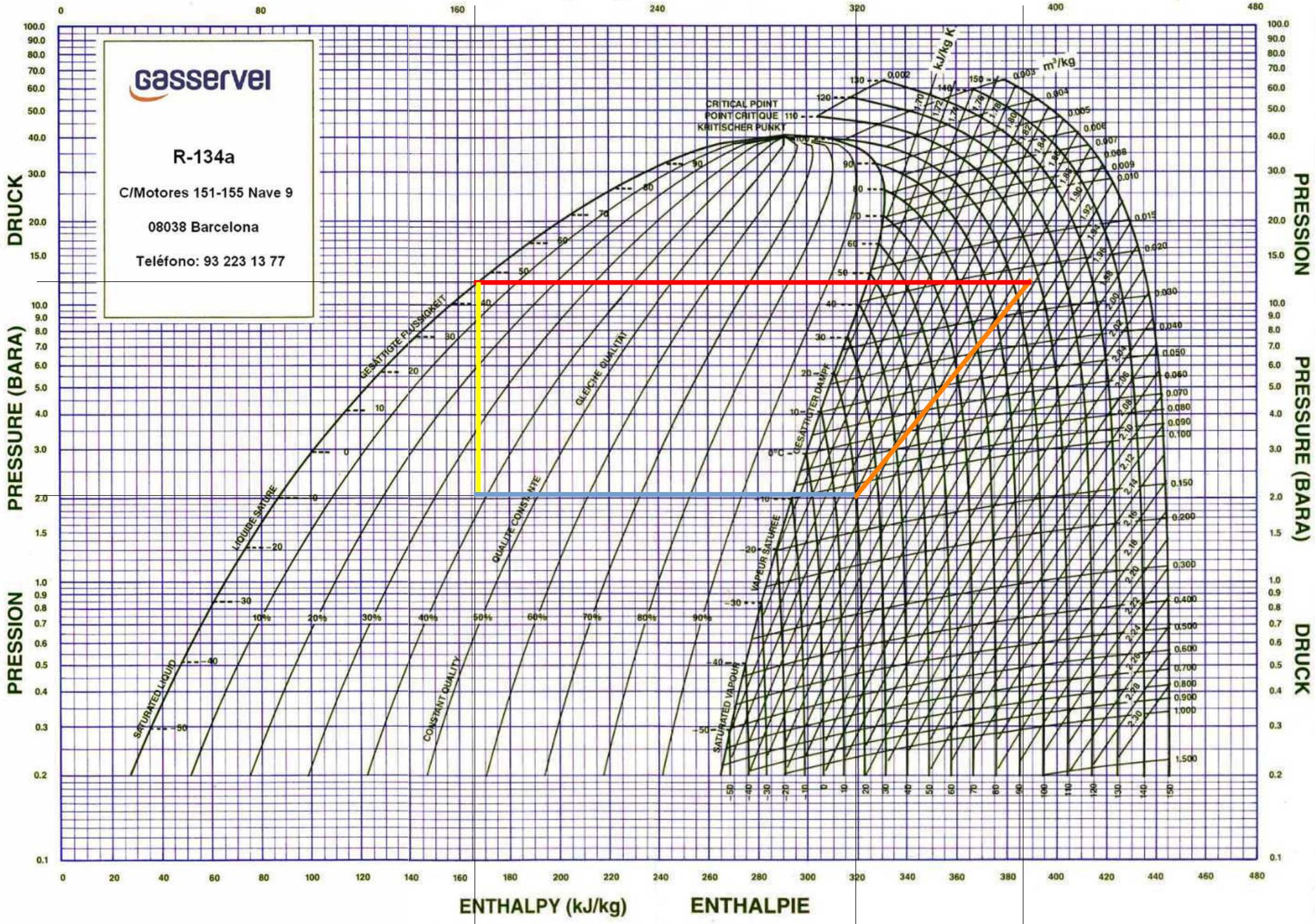
$$\dot{V}_{simulacion} = \frac{\dot{m}}{\rho_{descarga}} = 0,0167 \frac{kg}{s} \cdot 0,12 \frac{m^3}{kg} = 0,002 \frac{m^3}{s} = 7,2 \frac{m^3}{s}$$

Rendimiento volumétrico

$$\eta_{volumetrico} = \frac{\dot{V}_{simulacion}}{\dot{V}_{teorico}} = \frac{7,2 \frac{m^3}{s}}{9,53 \frac{m^3}{s}} = 0,76 = 76\%$$

ENTHALPY (kJ/kg)

ENTHALPIE



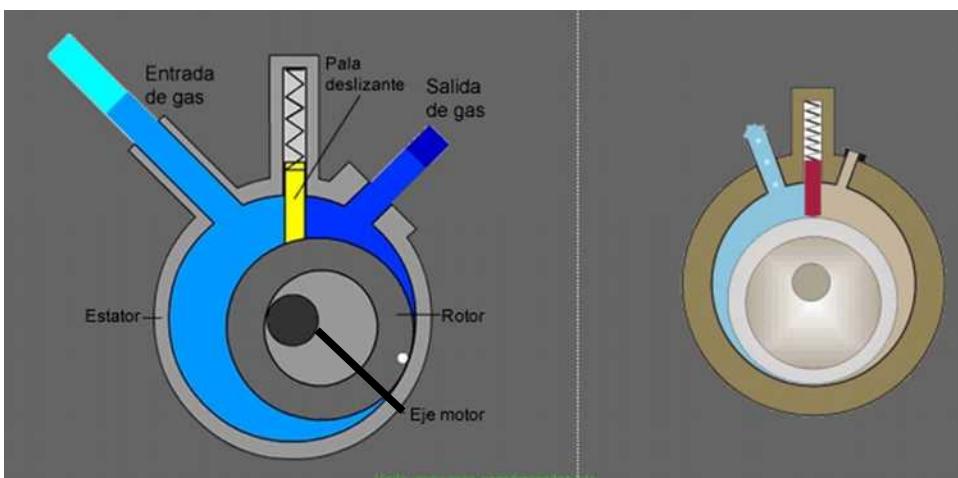
2.1.2.3 Compresores rotativos de pistón rodante y paletas

Los compresores rotativos no presentan un espacio muerto, por tanto su rendimiento volumétrico es mayor al de los alternativos. Tampoco precisan válvulas, ni bielas ni cigüeñal. Comparados con compresores alternativos equivalentes son ligeros, compactos, más sencillos en su construcción, producen menos vibraciones y su potencia es regulable de forma continua con la velocidad del motor.

2.1.2.3.1 Compresor de pistón rodante (rolling piston compressor)

En los compresores de pistón rodante, el eje motor y el eje estator son concéntricos mientras que el eje del rotor es excéntrico una distancia respecto a ellos. Al deslizar el rotor sobre el estator, se establece entre ellos un contacto. La pala deslizante, alojada en el estator, se aprieta y ajusta contra el rotor mediante un muelle.

La admisión de vapor se efectúa a través de la lumbreña de aspiración. El vapor aspirado por el compresor, llena el espacio comprendido entre el rotor y el estator. Este volumen se reduce a medida que el rotor gira, comprimiendo el gas atrapado, hasta que al completar un giro, es expulsado por la lumbreña de descarga.



vídeo compresor de pistón rodante

<https://www.youtube.com/watch?v=NIBvf75GAO8>

A

COMPRESOR HERMÉTICO ROTATIVO PARA AIRE ACONDICIONADO



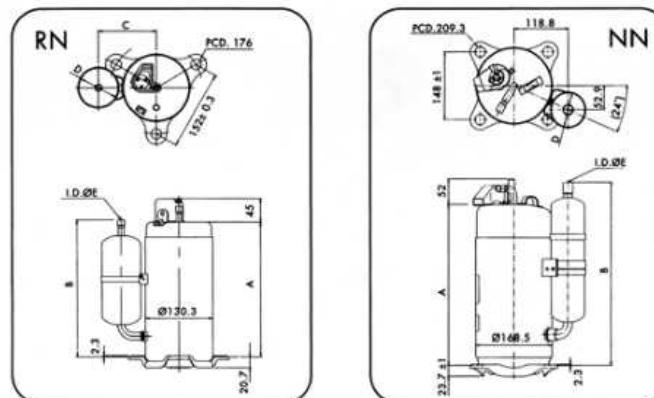
SIAM COMPRESSOR INDUSTRY
MITSUBISHI ELECTRIC GROUP

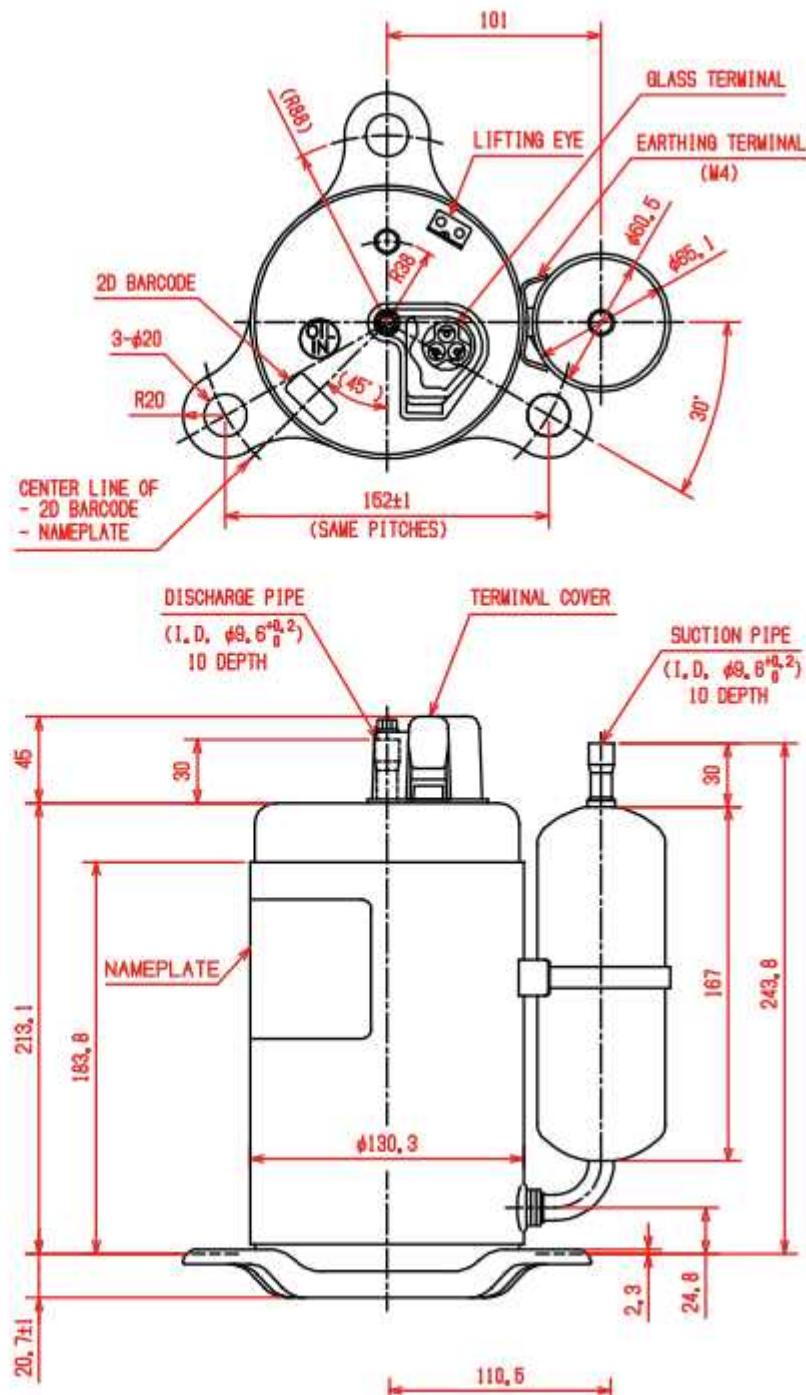


«R-410A»

Código	Modelo	Condensador mF	BTU	Rend. (Kcal/h)	€
MOTOR MONOFÁSICO 220 V II 50Hz					
MF 15 101	RN092VHSMT	20	7.643	1.926	240,00
MF 15 103	RN099VHSMT	25	8.155	2.055	243,00
MF 15 104	RN104VHSMT	25	8.564	2.159	247,00
MF 15 107	RN125VHSMT	25	10.407	2.623	300,00
MF 15 109	RN135VHSMT	30	11.225	2.829	283,00
MF 15 111	RN145VHSMT	30	12.181	3.070	311,00
MF 15 113	RN165VHSMT	30	13.887	3.500	297,00
MF 15 115	RN196VHSMT	40	16.378	4.128	326,00
MF 15 116	RN220VHSMT	40	18.700	4.713	335,00
MF 15 135	NN25VBAMT	50	19.790	4.988	509,00
MF 15 121	NN29VAAMT	55	25.249	6.364	553,00
MF 15 123	NN33VAAMT	55	28.968	7.301	588,00
MF 15 124	NN37VAAMT	60	32.073	8.084	588,00
MF 15 125	NN40VAAMT	60	34.802	8.772	580,00

Modelo	Entrada		Entrada nominal		Capacidad	Peso	Aceite	Dimensiones (mm)				
	Watios	Amp.	HP	kW				A	B	C	D	E
RN092VHSMT	770	3,6	0,80	0,60	20/370	13,6	300	213,1	243,8	101,0	60,5	9,6
RN099VHSMT	820	3,8	0,87	0,65	25/370	13,6	300	213,1	243,8	101,0	60,5	9,6
RN104VHSMT	865	4,0	0,94	0,70	25/370	13,6	300	213,1	243,8	101,0	60,5	9,6
RN125VHSMT	1.050	4,9	1,07	0,80	25/370	13,6	300	213,1	243,8	101,0	60,5	9,6
RN135VHSMT	1.120	5,2	1,21	0,90	30/370	15,7	520	257,5	260,5	110,5	74,0	12,7
RN145VHSMT	1.220	5,8	1,34	1,00	30/370	15,7	520	257,5	260,5	110,5	74,0	12,7
RN165VHSMT	1.410	6,6	1,47	1,10	30/400	15,7	520	257,5	260,5	110,5	74,0	12,7
RN196VHSMT	1.680	7,9	1,74	1,30	40/370	15,7	520	257,5	260,5	110,5	74,0	12,7
NN23VBAMT	1.950	9,2	2,01	1,50	50/400	29,2	1.200	327,8	318,6	–	74,0	16,0
NN29VAAMT	2.440	11,2	2,55	1,90	55/400	30,4	1.200	342,8	393,6	–	74,0	16,0
NN33VAAMT	2.800	13,1	2,95	2,20	55/420	31,9	1.300	342,8	393,6	–	74,0	16,0
NN37VAAMT	3.130	14,7	3,35	2,50	60/420	31,9	1.300	342,8	393,6	–	74,0	19,1
NN40VAAMT	3.430	16,1	3,62	2,70	60/420	31,9	1.300	342,8	393,6	–	74,0	19,1




RN/RNT Fixed Speed Rotary Compressor for R-410A

Models	Capacity		Input		Nominal Output		COP. (W/W)	EER. (Btu/hr * w)	Run Cap. (mF/VAC)	Weight (kgs.)	Oil (cc.)	Drawing Number
	W	Kcal/hr	Btu/hr	Watt	Amps	HP	KW.					
a) Electrical 50 Hz : 220 – 240 Volt : 1 Phase												
RN092VHSMT	2,240	1,926	7,643	770	3.60	0.8	0.60	2.91	9.93	20/370	13.8	300
RN096VHSMT	2,340	2,012	7,984	805	3.70	0.9	0.65	2.91	9.92	20/370	13.8	300
RN099VHSMT	2,390	2,055	8,155	820	3.80	0.9	0.65	2.91	9.94	25/370	13.7	300
RN104VHSMT	2,510	2,158	8,564	865	4.00	0.9	0.70	2.90	9.90	25/370	13.8	300



Ejemplo 2.1.2.3.1-1

Compresor rotativo SIAM Compresor RN104VHSMT

R410A → sustituye R22 → R-32 + R-125

Precio 247 euros.

<https://www.siamcompressor.com/siamcompressor/assets/file/SCI%20rotary%20catalogue%20English.pdf>

Conversión $\frac{kcal}{h}$ a W:

1 kcal = 4,19 kJ es la energía calorífica necesaria para aumentar la temperatura de 1 kg de agua 1 K.

BTU (British Thermal Unit) 1 BTU = 1055 J

Potencia frigorífica según tabla $8564 \frac{BTU}{h} \rightarrow 8564 \frac{BTU}{h} \cdot 1,055 \frac{kJ}{BTU} = 9030 \frac{kJ}{h} = 2,51 kW$

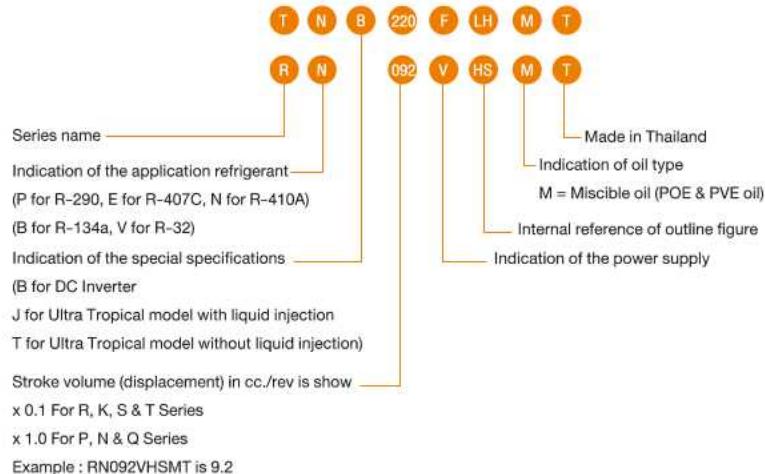
$$1 \frac{kcal}{h} = 4,19 \frac{kJ}{h} = 4190 \frac{J}{3600} s = 1,16 W$$

$$\text{Potencia frigorífica } 2159 \frac{kcal}{h} = 2513 W$$



Rotary Compressor

General Information SCI R-410A, R-134a, R-32, R-407C, R-290, Ultra Tropical



Power Supply Symbol

Symbol	Phase	Rated Voltage (V)	Rated Frequency (Hz)	Note
N	1	208 - 230	60	-
V	1	220 - 240	50	-
W	1	115 - 120	60	A
C	1	200 - 220	50	A
H	1	265 - 277	60	A
T	3	200/200 - 230	50/60	B
Y	3	380 - 415/400(460)	50/60	B
F	3	Inverter	Variable	-

Note : A = Available in some model of R series

B = Available in some model of N series

RN104VHSMT

R → serie

N → R-410A

104 → $V_{compresion} = 10,4 \text{ cm}^3$

V → 220-240 V, 50 Hz

M → aceite

T → Fabricado en Tailandia

Cálculo de $\dot{V}_{teorico}$ frecuencia 50 Hz → $2880 \text{ RPM} = \frac{48}{s}$

$$\dot{V}_{1-teorico} = 2880 \text{ RPM} \cdot V_{compresion} = \frac{48}{s} \cdot 10,4 \text{ cm}^3 = 499 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Condiciones de trabajo ASHRAE

Testing Condition

ASRE-T Testing Condition : Evaporating Temp. 7.2°C (45°F), Return Gas Temp. 35°C (95°F), Condensing Temp. 54.4°C (130°F), Liquid Temp. 46°C (155°F), Ambient Temp. 35°C (95°F)

ARI Testing Condition : Evaporating Temp. 7.2°C (45°F), Return Gas Temp. 18.3°C (65°F), Condensing Temp. 54.4°C (130°F), Liquid Temp. 46°C (115°F), Ambient Temp. 35°C (95°F)

$$v_C = 54,4^\circ C \rightarrow T_C = 327,4 K \rightarrow p_C = 34 \text{ bar}$$

$$v_E = 7,2^\circ C \rightarrow T_E = 280,2 K \rightarrow p_E = 9,8 \text{ bar}$$

$$R_C = \frac{p_C}{P_E} = \frac{34 \text{ bar}}{9,8 \text{ bar}} = 3,5$$

$$v_{aspiración} = 35^\circ C \rightarrow h_1 = 350 \frac{kJ}{kg} \rightarrow \frac{1}{\rho_{aspiracion}} = 0,032 \frac{m^3}{kg} \rightarrow \rho_{aspiracion} = 31,3 \frac{kg}{m^3}$$

$$v_3 = 46^\circ C \rightarrow h_{3/4} = 178 \frac{kJ}{kg}$$

$$\text{Obtención de } Q_E = h_1 - h_4 = 350 \frac{kJ}{kg} - 178 \frac{kJ}{kg} = 172 \frac{kJ}{kg}$$

Cálculo $\dot{m}_{teorico}$

$$\dot{m}_{teorico} = \dot{V}_{1-teorico} \cdot \rho_{aspiracion} = 0,0005 \frac{m^3}{s} \cdot 31,3 \frac{kg}{m^3} = 0,0157 \frac{kg}{s}$$

Cálculo de $\dot{Q}_{E-teorico}$

$$\dot{Q}_{E-teorico} = Q_E \cdot \dot{m}_{teorico} = 172 \frac{kJ}{kg} \cdot 0,0157 \frac{kg}{s} = 2,7 \text{ kW}$$

Cálculo de \dot{m}_{real}

$$\dot{m}_{real} = \dot{m}_{teorico} \cdot \frac{\dot{Q}_{real}}{\dot{Q}_{teorico}} = 0,0157 \frac{kg}{s} \cdot \frac{2,51 \text{ kW}}{2,7 \text{ kW}} = 0,0146 \frac{kg}{s}$$

Cálculo de

$$\dot{V}_{1-real} = \frac{\dot{m}_{real}}{\rho_{aspiracion}} = \frac{0,0146 \frac{kg}{s}}{31,3 \frac{kg}{m^3}} = 0,00047 \frac{m^3}{s}$$

Rendimiento volumétrico

$$\eta_{volumetrico} = \frac{\dot{V}_{1-real}}{\dot{V}_{1-teorico}} = \frac{0,00047 \frac{m^3}{s}}{0,0005 \frac{m^3}{s}} = 94\%$$

Potencia del compresor $P_{comp} = 0,7 \text{ kW}$ obtenida de la tabla de datos

Cálculo de $W_C = \frac{P_{comp}}{\dot{m}_{real}} = \frac{0,7 \text{ kW}}{0,0146 \frac{kg}{s}} = 47,9 \frac{kJ}{kg}$

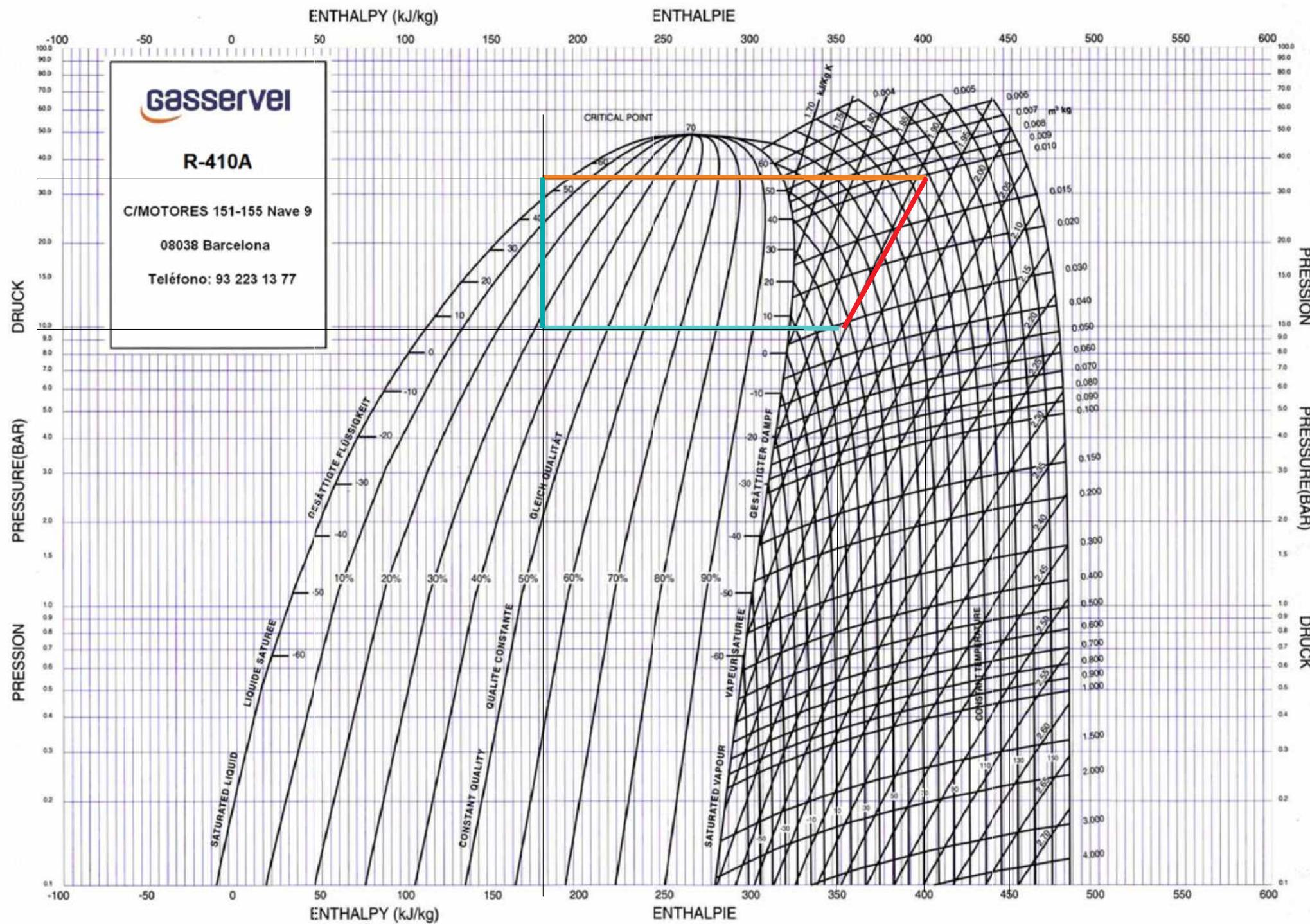
$$\rightarrow h_2 = h_1 + W_C = 350 \frac{kJ}{kg} + 47,9 \frac{kJ}{kg} = 397,9 \frac{kJ}{kg}$$

→ Temperatura de descarga $v_C = 109 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$EER_{ciclo} = \frac{\dot{Q}_E}{P_{comp}} = \frac{2,51 \text{ kW}}{0,7 \text{ kW}} = 3,6$$

Toma aspiración 5/8" - diámetro interior 14,35 mm – diámetro exterior 16 mm

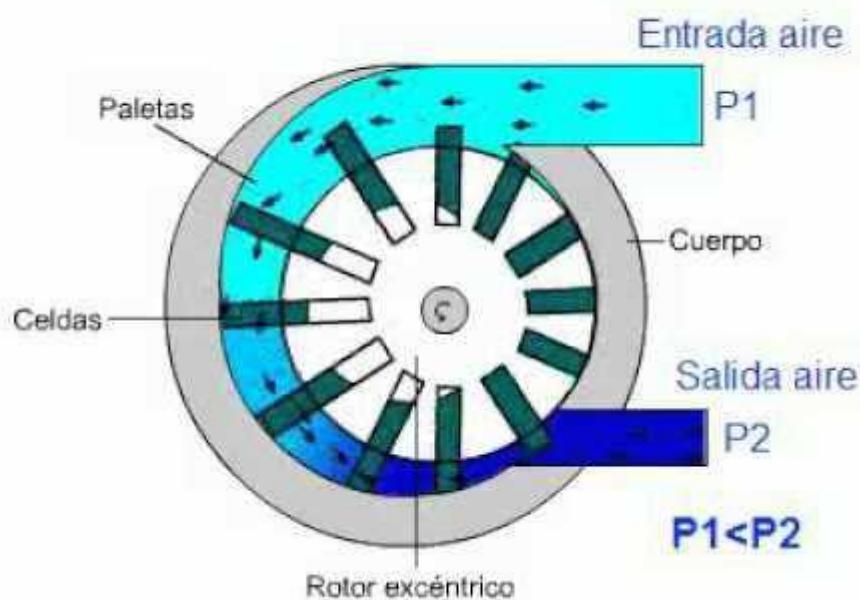
Toma descarga 3/8" - diámetro interior 8 mm – diámetro exterior 9,52 mm



2.1.2.3.2 Compresor de paletas (vane compressor)

Este tipo de compresor emplea una serie de paletas equidistantes, montadas en el perímetro de un rotor ranurado. El eje motor es excéntrico respecto al eje del estator y concéntrico respecto al eje del rotor. El rotor gira deslizando sobre el estator en forma excéntrica respecto a la superficie del cilíndrica interior del estator. El rotor es un cilindro con ranuras radiales en las que las palas están sujetas a un movimiento de vaivén, a medida que estas siguen el contorno de la pared del cilindro. Las palas aprietan y ajustan sus extremos libres deslizantes a la superficie interior del estator, mientras se desplazan sus extremos interiores.

Desde la lumbrera de admisión, el vapor llena el espacio comprendido entre dos palas vecinas y las superficies correspondientes del estator y del rotor, formando una celda. El volumen de la celda se reduce durante el giro del rotor hasta alcanzar un valor mínimo, y ser expulsado el gas comprimido por la lumbrera de descarga.



Vídeo compresor de paletas

<https://www.youtube.com/watch?v=5UuYFwYMTG8>

2.1.2.3.3 Compresor rotativo de tronillo

El compresor de tornillo utiliza dos rotores, uno macho (lóbulos) y otro hembra (alveolos). El rotor hembra es accionado por el rotor macho, siendo los sentidos de giro opuestos. El gas queda prisionero entre los espacios de los rotores, siendo transportado de un extremo al otro del engranaje, donde se hallan la admisión y el escape.

Cada una de las cámaras de trabajo se comporta de forma similar a un cilindro, donde cada lóbulo del rotor conductor hace de pistón, que primero cierra y después comprime el volumen atrapado. A diferencia del compressor alternativo, se han eliminado el cigüeñal, el espacio residual y las válvulas de admisión y escape.

Como inconveniente presenta la presencia de aceite a lo largo de su ciclo de trabajo para mejorar la estanqueidad del refrigerante comprimido. Por lo tanto se hace necesario un separador de aceite en la salida del compresor.

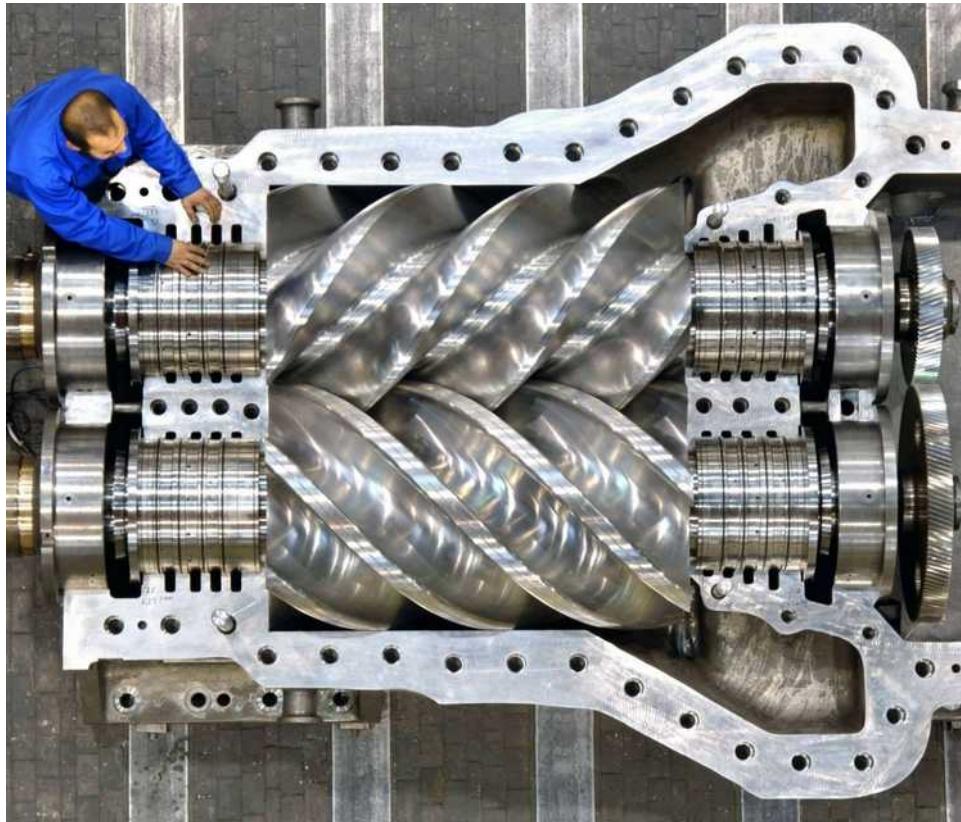
Componentes:

- Conjunto de rotores o tornillos.
- Motor de accionamiento principal. Habitualmente suele ser eléctrico (trifásico o monofásico).
- Sistema de regulación de la aspiración. Permite regular el caudal volumétrico del compresor.

Sistema de lubricación general del equipo completo. Los compresores llevan instalado un circuito cerrado que incluye el sistema de filtrado y refrigeración del aceite.

- Sistema de refrigeración del lubricante. Mantiene el lubricante a la temperatura óptima de trabajo.
- Sistema de enfriamiento del refrigerante.
- Sistema de filtrado. Indispensable para eliminar partículas.





Vídeo compresor espiral

<https://youtu.be/Ov6yGngTzhc>

<https://youtu.be/wqNTYLIDaxs>



Technical Data

Model	Motor version	Displacement 50/60 Hz ② m³/h	Cooling capacity Q _o			Capacity steps nominal ③ %	Weight ⑤ kg	Motor connection ⑥	Max. operating current ⑦ A	Max. power consumption ⑦ kW
			R134a t _o / t _c 5°C/50°C kW	R448A R449A t _o / t _c -10°C/45°C kW	R448A R449A t _o / t _c -35°C/40°C with ECO kW					
HSK5343-30	1	84/101	46.4	40.8	–	100/90/70	170		52	33
HSN5343-20	1	–	–	–	21.7	100/90/55	166		48	29
HSK5353-35	1	100/121	56.7	49.3	–	100/85/60	178		58	37
HSN5353-25	1	–	–	–	25.6	100/80/50	169		52	33
HSK5363-40	1	118/142	67.2	58.7	–	100/80/55	183		66	42
HSN5363-30	1	–	–	29.9	–	100/75/45	174		58	37

BITZER Software v6.17.9 rev2773

Start page

Semi-hermetic Screw Compressors HS

Series: all

Refrigerant: R404A

Reference temperature: Dew point temp.

Compressor selection:

- Cooling capacity: 10 kW
- Compressor model: HSK5343-30

Operating point:

- Evaporating SST: -10 °C
- Condensing SDT: 45 °C

Operating conditions:

- with Economiser
- Liq. subc. (in condenser): 0 K
- Suct. gas superheat: 10 K
- Useful superheat: 100 %
- Additional cooling: Automatic
- Max. discharge gas temp.: Auto
- Capacity control:

 - without
 - External FI: Auto

Power supply:

- Power frequency: 50Hz
- Power voltage: 400V-PW (40P)

Result

Show Overview

HSK5343-30 (100%)

Additional cooling/ Limitations (see Limits)!

*According to EN12900 (10K suction gas superheat, OK liquid subcooling)

Compressor: HSK5343-30-40P

Capacity steps	100%
Cooling capacity	41.0 kW
Cooling capacity *	41.0 kW
Evaporator capacity	41.0 kW
Power input	23.8 kW
Current (400V)	37.2 A
Voltage range	380-415V
Condenser capacity	64.3 kW
COP/EER	1.72
COP/EER *	1.72
Mass flow LP	1454 kg/h
Mass flow HP	1454 kg/h
Operating mode	Standard
Liquid temp.	44.7 °C
Oil volume flow	1.01 m³/h
Cooling method	External
Oil cooler outlet	79.1 °C
Oil cooler load	0.49 kW
Discharge gas temp. w/o cooling	81.0 °C

01/11/2022 19:52:21

Result	Limits	Technical Data	Dimensions	Information	Documentation	Tr
Technical Data		HSK5343-30	▼			
Technical Data						
Displacement (2900 RPM 50 Hz)		84 m³/h				
Displacement (3500 RPM 60 Hz)		101 m³/h				
Weight		170 kg				
Max. pressure (LP/HP)		19 / 28 bar				
Connection suction line		54 mm - 2 1/8"				
Connection discharge line		42 mm - 1 5/8"				
Adapter/shut-off valve for ECO		22 mm - 7/8" (Option)				
Adapter for liquid injection		16 mm - 5/8" (Option)				
Oil type R22		B150SH, B100 (Option)				
Oil type R134a/R404A/R507A/R407A/R407F		BSE170				
Oil type R448A/R449A/R454C		BSE170				
Motor data						
Motor version		1				
Motor voltage (more on request)		380-415V PW-3-50Hz				
Max operating current		52.0 A				
Starting current (Rotor locked)		126.0 A D / 218.0 A DD				
Max. Power input		33.1 kW				
Extent of delivery (Standard)						
Discharge gas temperature sensor		Standard				
Start unloading		Standard				
Oil flow control		SE-B3 (Standard)				
Motor protection		SE-E1 (Standard), SE-E3 (Standard for 660-690V)				
Suction shut-off valve		Standard				
Capacity control		100-90-70% (Standard)				
Enclosure class		IP54				
Available Options						
Oil flow control		OFC (Option)				
Discharge shut-off valve		Option				
ECO connection with shut-off valve		Option				

2.1.2.3.4 Compresor rotativo de espiral (scroll)

El compresor de espiral utiliza dos piezas en forma de espiral, una fija y la otra móvil accionada por el eje del motor.

Entre ambas piezas (espiral fija y móvil) van creando desde la toma de aspiración y de manera continua, una cámara de compresión de volumen decreciente, por lo que la presión va aumentando. Al final del recorrido y cuando el volumen de la cámara de compresión es mínima, el gas es expulsado por la toma de descarga. En la descarga existe una válvula de retención que evita el retorno de gas a alta presión hacia la parte de baja presión cuando el compresor para.

Ventajas del compresor SCROLL:

- Excelente rendimiento volumétrico, debido a la inexistencia de espacio muerto.
- Ausencia de válvulas de admisión.
- Elevada fiabilidad de funcionamiento.
- Funcionamiento extremadamente silencioso.

Inconvenientes del compresor SCROLL:

- Precio superior a compresor alternativo equivalente.
- Reparación complicada en caso de avería.

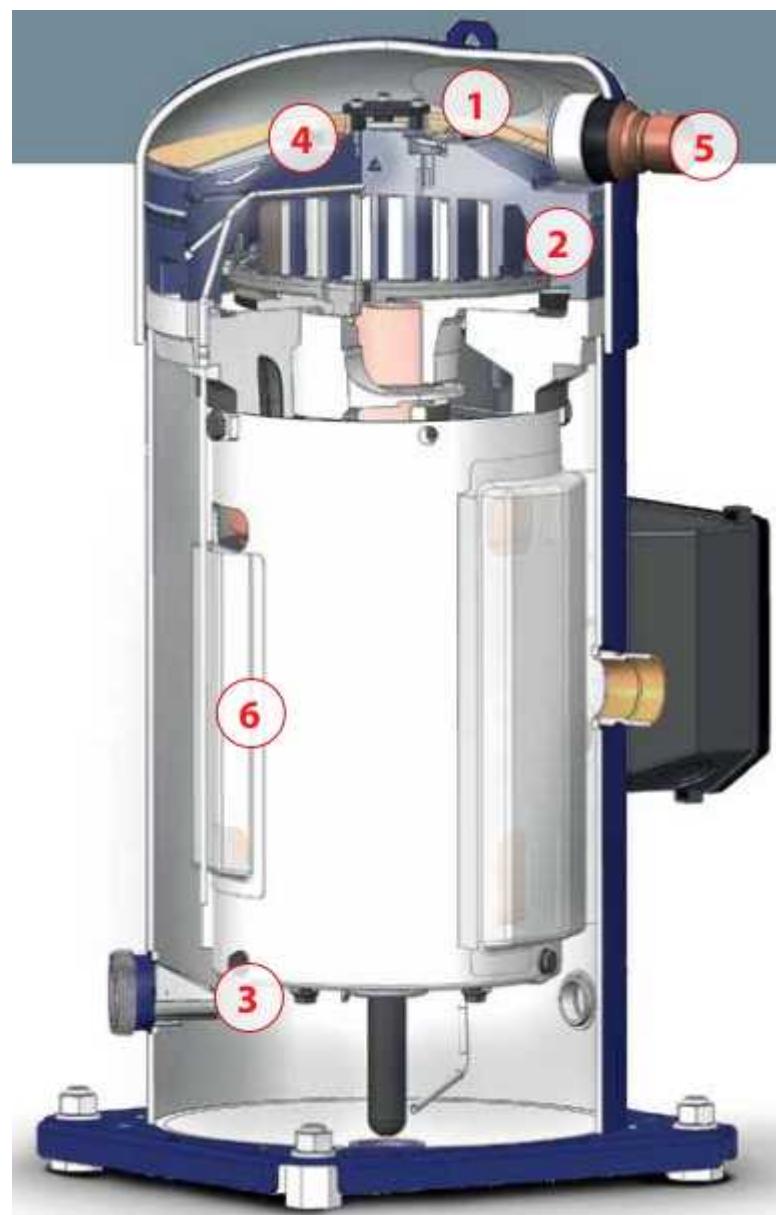
Imagen espirales

https://en.wikipedia.org/wiki/Scroll_compressor#/media/File:Two_moving_spirals_scroll_pump.gif



Danfoss scroll compressors

https://store.danfoss.com/us/en_US/Climate-Solutions-for-cooling/Compressors/Compressors-for-heating/Scroll-compressors/Scroll-compressor%2C-HRP040T4LP6/p/120U1016



Compresor de espiral

Fuente danfoss_comercial_ac.pdf

COMPRESORES HERMÉTICOS SCROLL PARA AIRE ACONDICIONADO

Panasonic

Para gas R407C - Bomba de calor Trifásicos



Código	Modelo	HP	Cilind. cm³	Capacidad (kW)		€
				Frío	Calor	
MOTOR TRIFÁSICO 380/415V						
MF 61 321	C-SBS120H38Q EVI	3,5	55,7	9,6	11,1	1.321,00
MF 61 322	C-SBS145H38Q EVI	4	66,8	11,6	13,3	1.434,00
MF 61 323	C-SBS180H38Q EVI	5	83,2	14,5	16,8	1.595,00
MF 61 324	C-SBS205H38Q EVI	6	96,2	17,5	16,9	1.800,00
MF 61 325	C-SCS295H38Q EVI	8	137	24,5	27,6	3.491,00
MF 61 326	C-SCS370H38Q EVI	10	171,2	29,9	33,7	3.612,00
MF 61 327	C-SCS435H38Q EVI	12	205,4	35,2	35	3.548,00

INVERTER para gas R410A

Código	Modelo	HP	Cilind. cm³	Capacidad (kW)	€
TRIFÁSICO 380/415V					
MF 61 352	C-SDP205H02B	6	42,3	13,9	2.351,00

Pot. Frigorífica:

Condiciones ARI: T^a evaporación: 7,2°C - T^a condensación: 54,4°C - T^a líquido: 46,1°C - T^a retorno gas: 18,3°C - T^a ambiente: 35°C.

COMPRESORES HERMÉTICOS SCROLL PARA REFRIGERACIÓN

Para gas R404A - Trifásicos BAJA



Código	Modelo	HP	Cilind. cm³	Capacidad (kW)	€
MOTOR TRIFÁSICO 380-415V - 50Hz					
MF 61 401	C-SBN303L8A	4	66,8	5,3	1.391,00
MF 61 402	C-SBN373L8A	5	83,2	6,8	1.455,00
MF 61 403	C-SCN453L8H	6	104	8,1	4.213,00
MF 61 404	C-SCN523L8H	7	120	9,25	4.287,00
MF 61 405	C-SCN603L8H	8	137	10,5	4.362,00
MF 61 406	C-SCN753L8H	10	171,2	13,05	4.495,00

https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Compresion_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf

2.2 Ejercicios compresores

Ejercicio 2.2-1

¿De qué dependen principalmente las presiones en el condensador y el evaporador?

Explica como influye la temperatura de evaporación en el funcionamiento del compresor y en la eficiencia de la instalación.

¿Cómo afecta a la temperatura de evaporación una subida de la temperatura del recinto refrigerado?

Ejercicio 2.2-2

Qué problemas causa una temperatura de descarga excesiva?

Cual es aproximadamente la temperatura de descarga, que un compresor no debe superar?

A qué se puede deber un aumento de la presión de condensación?

Ejercicio 2.2-3

¿Qué ventajas y desventajas tienen los compresores rotativos respecto a los alternativos de pistón?

Ejercicio 2.2-4

BITZER Software v6.17.9 rev2773

The software interface includes a toolbar at the top with icons for file operations, search, and help. The main left panel shows the configuration for a scroll compressor. The right panel displays a piping diagram with a green scroll compressor model GSD60120VA (100%) and various temperature points: 45.0°C, 44.9°C, -10.0°C, 0.0°C, and 96.3°C.

Configuration Panel:

- Mode:** Refrigeration and Air cond.
- Refrigerant:** R410A
- Reference temperature:** Dew point temp.
- Compressor type:** Single Compressor
- Series:** ORBIT
- Compressor selection:**
 - Cooling capacity: 3 kW
 - Compressor model:** GSD60120VA
 - Incl. former types
- Operating point:**
 - Evaporating SST: -10 °C
 - Condensing SDT: 45 °C
- Operating conditions:**
 - Liq. subc. (in condenser): 0 K
 - Suct. gas superheat: 10 K
 - Useful superheat: 100 %
- Capacity control:**
 - without
 - External FI
- Power supply:**
 - Power frequency: 50Hz
 - Power voltage: 400V-Y (4)

Tentative Data: *according to EN12900 (10K suction gas superheat, OK liquid subcooling)

Technical Data for GSD60120VA_4:

Capacity steps	100%
Cooling capacity	16.22 kW
Cooling capacity *	16.22 kW
Evaporator capacity	16.22 kW
Power input	7.17 kW
Current (400V)	12.65 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	23.4 kW
COP/EER	2.26
COP/EER *	2.26
Mass flow	383 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	96.3 °C

Technical Data for GSD60120VA:

Technical Data

Displacement (2900 RPM 50 Hz)	19,8 m³/h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	23,9 m³/h
Weight	82 kg
Max. pressure (LP/HP)	33 / 45 bar
Connection suction line	
Direct brazing connection	1 3/8 (Standard)
Connection discharge line	
Direct brazing connection	7/8 (Standard "B" version)
Oil type R410A	BVC32 (Standard)

Motor data

Motor voltage (more on request)	380-420V Y-3-50Hz
Max operating current	21.3 A
Starting current (Rotor locked)	123.0 A
Max. Power input	12.3 kW

Extent of delivery (Standard)

Oil charge	2,7 dm³
Motor protection	SE-B3
Enclosure class	IP54

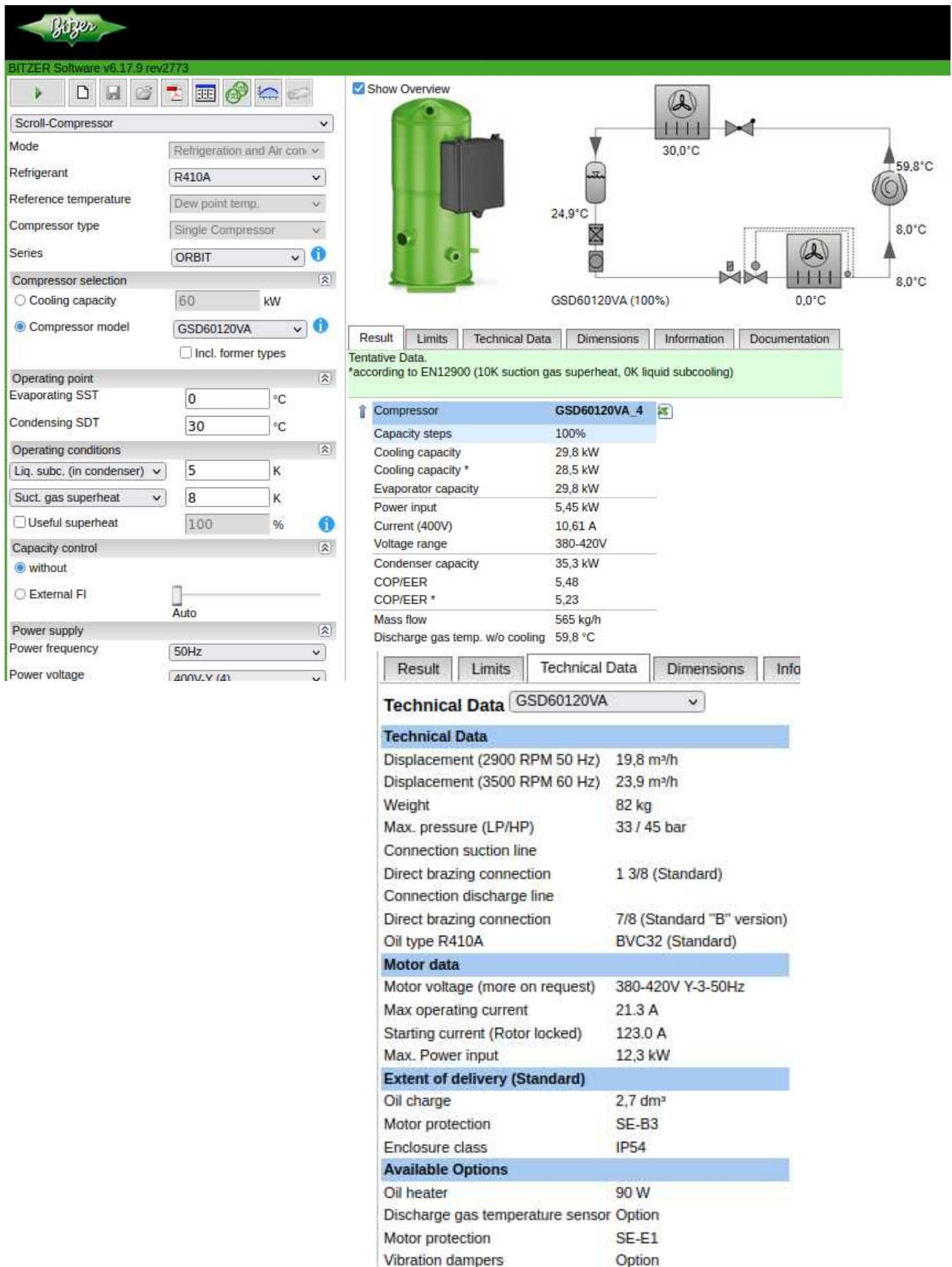
Available Options

Oil heater	90 W
Discharge gas temperature sensor	Option
Motor protection	SE-E1
Vibration dampers	Option

Para el compresor cuyos datos técnicos aparecen en la página anterior, indica:

- a) Tipo de compresor
- b) Fabricante y modelo
- c) Refrigerante
- d) Temperaturas, presiones de evaporación y condensación, relación de compresión
- e) Subenfriamiento y sobrecalentamiento
- f) Potencia frigorífica y potencia de compresión
- g) Representa el ciclo frigorífico en el diagrama p h
- h) Volumen desplazado a 2900 RPM
- i) Caudal de masa teórico y caudal de masa real
- j) Rendimiento volumétrico
- k) EER
- l) Temperatura de descarga

Ejercicio 2.2-5



Para el compresor cuyos datos técnicos aparecen en la página anterior, indica:

- a) Tipo de compresor
- b) Fabricante y modelo
- c) Refrigerante
- d) Temperaturas, presiones de evaporación y condensación, relación de compresión
- e) Subenfriamiento y sobrecalentamiento
- f) Potencia frigorífica y potencia de compresión
- g) Representa el ciclo frigorífico en el diagrama p h
- h) Volumen desplazado a 2900 RPM
- i) Caudal de masa teórico y caudal de masa real
- j) Rendimiento volumétrico
- k) EER
- l) Temperatura de descarga

Ejercicio 2.2-6

Compara las potències frigorífiques i rendiments del funcionament dels compresors en els exercicis 1 y 2.

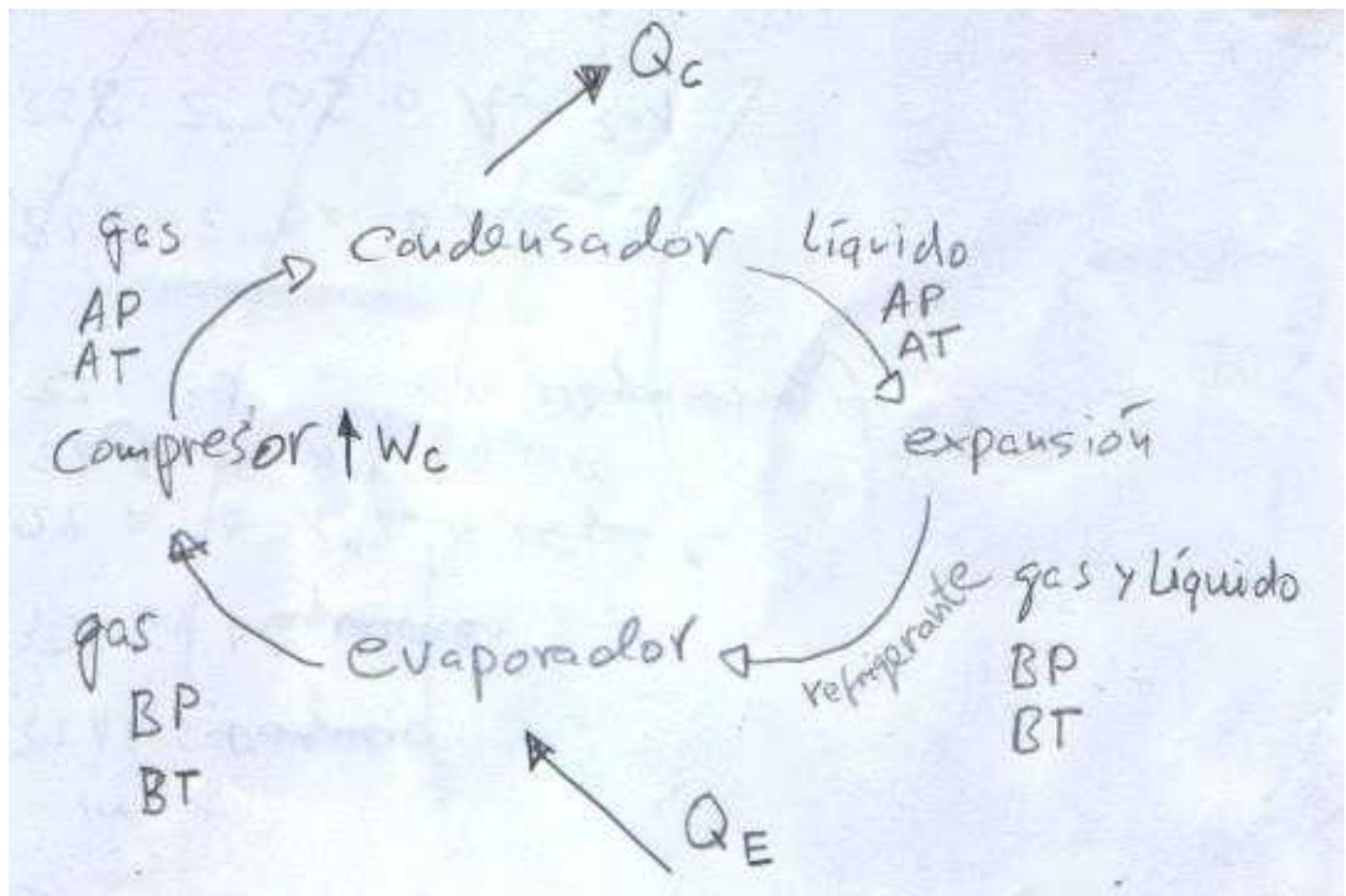
¿Quines diferències hi ha i com es poden explicar?

2.3 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.

2.3.1 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.

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

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

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

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

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 $\bar{\vartheta}_{mpc}$.

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

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

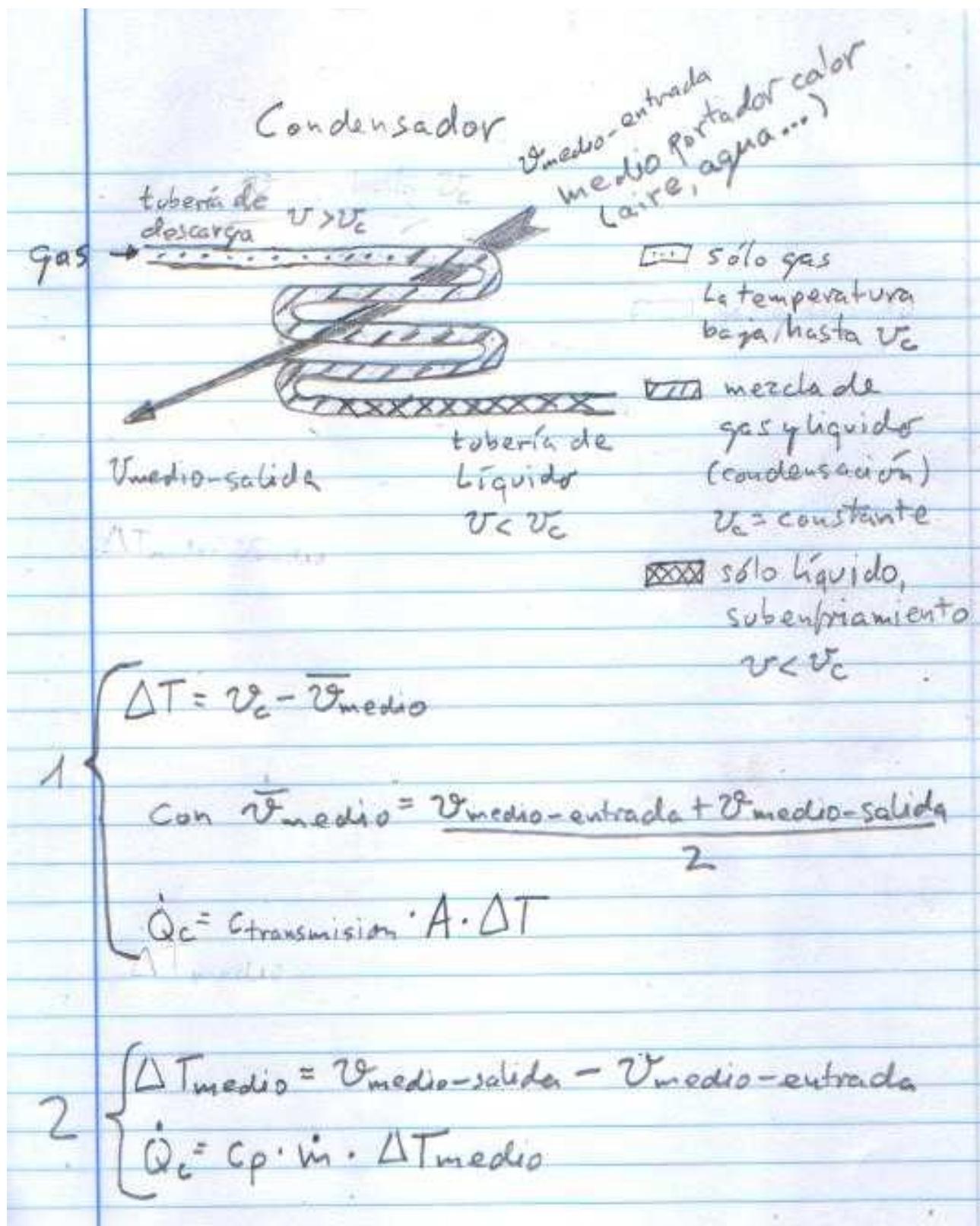
La capacidad del condensador también se puede calcular con los datos del medio calentado

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

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

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

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



2.3.1.1 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 .

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

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

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

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

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire al que el condensador cede el calor sería de aproximadamente calor de $\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc} = 10 K$

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

→ la presión del refrigerante causada por la temperatura ambiente es de $p_C = 7,7 b\ ar$

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

La diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire al que el condensador cede el calor sería de aproximadamente calor de $\Delta T = \vartheta_C - \bar{\vartheta}_{mpc} = 10 K$

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.

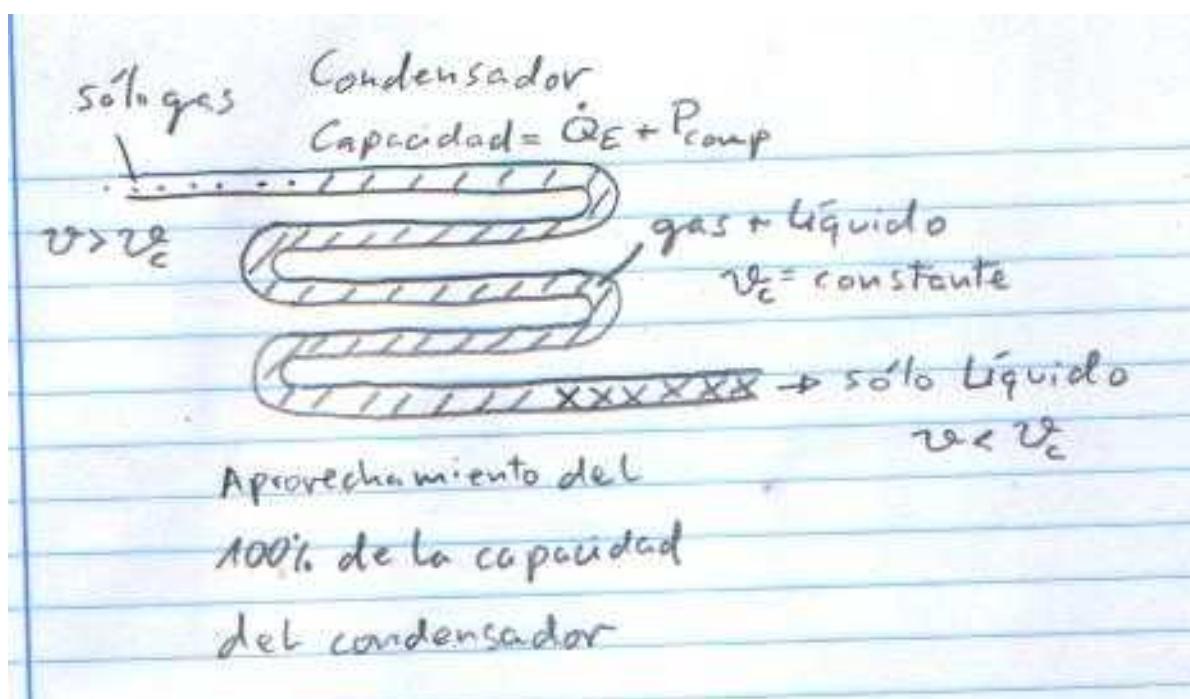
2.3.1.2 Aprovechamiento de la capacidad de un condensador

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

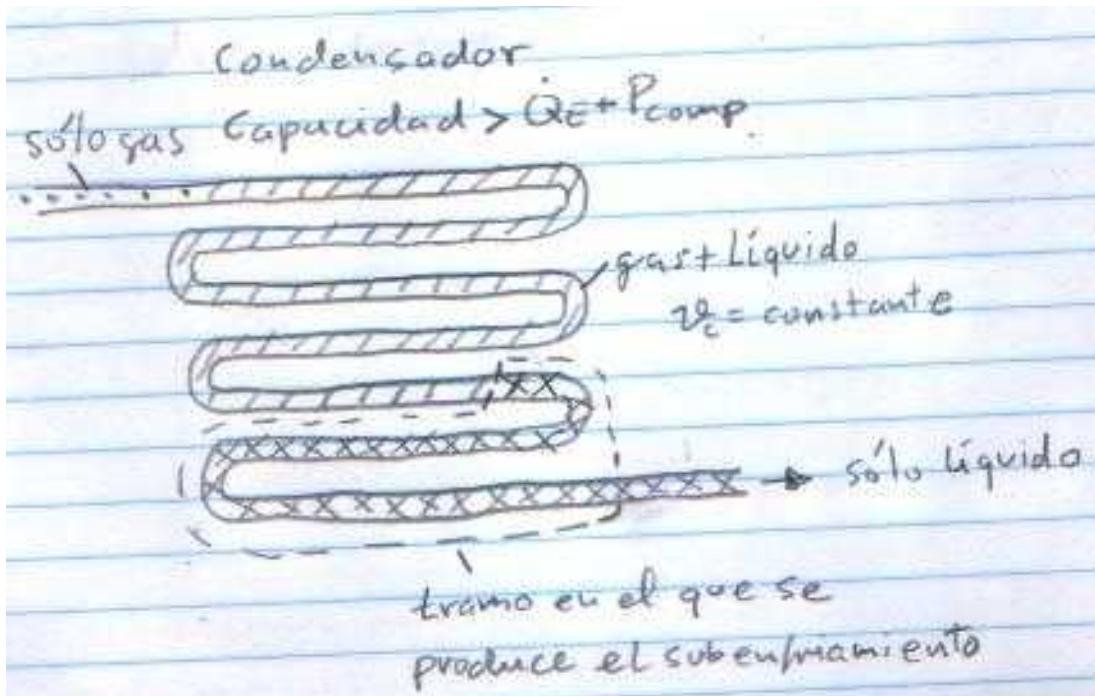
condensador en una unidad de potencia (W , $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$ o $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$) en relación a una diferencia de temperatura entre refrigerante y el mpc ($\Delta T = \vartheta_c - \vartheta_{mpc}$).

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.

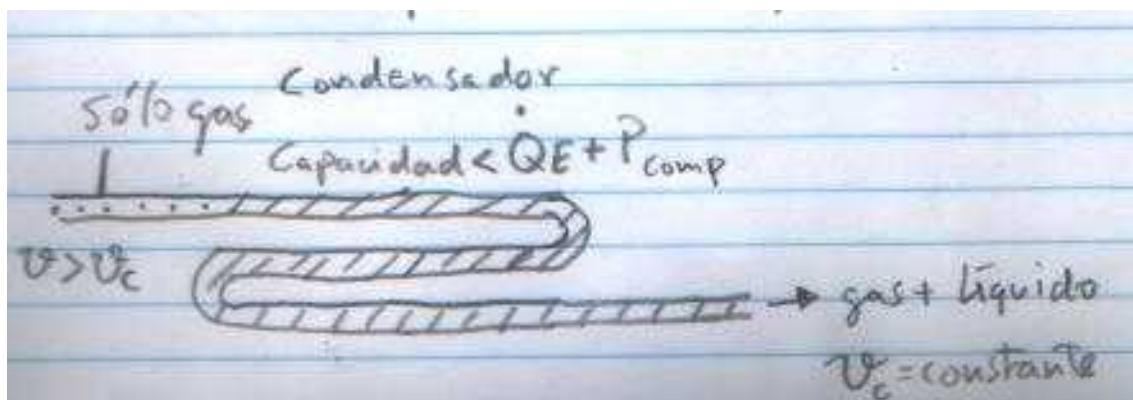
En el caso $\text{Capacidad} = \dot{Q}_E + P_{comp}$, el refrigerante entra en el condensador como gas a la temperatura de condensación y va condensando durante la mayor parte del recorrido (mezcla de gas y líquido), saliendo del condensador refrigerante líquido a la temperatura de condensación.



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. El refrigerante sale del condensador como mezcla de gas y líquido a la temperatura de condensación. La proporción de gas tras la expansión aumenta y se reduce la capacidad de absorción de calor del evaporador. El condensador limita la potencia frigorífica de la instalación.



Laa capacidades de condensadores del mismo tipo están deteminadas 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 $\dot{Q}_E + P_{comp}$.

2.3.2 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).

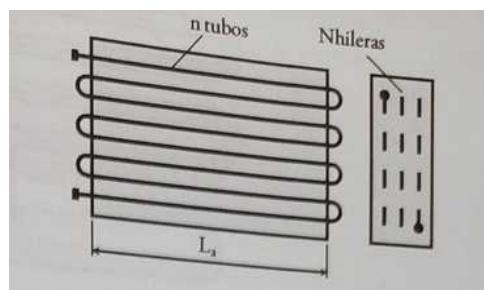
2.3.2.1 Condensadores enfriados por aire

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 gratuidad. 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 ($c_{p\text{aire}} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$) comparada con la del agua.





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

CONDENSADORES DE AIRE FORZADO

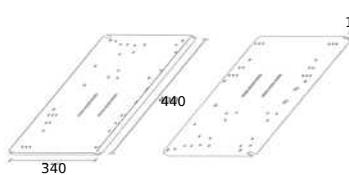


B

Código	Modelo	Tubos	Dimensiones (mm)			Rtos. (W)	Sup. m²	€	Ventiladores (OPCIONAL)			
			A	B	C				Nº	Cód. pala	Cód. motor	m³/h
MF 05 200	CA 16	8 x 2	87	270	230	600	1,1	47,66	1	WE04415	WE04406	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		WE04407	WE04407	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	1	WE04417	WE04417	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				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		WE04408	WE04408	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	2	WE04406	WE04406	700
MF 05 231	CD 30	10 x 3	110	600	278	2158	4,77	161,84				950
MF 05 232	CD 36	9 x 4	130	600	278	2700	5,72	194,45		WE04417	WE04417	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		WE04408	WE04408	1100
MF 05 235	CD 48	12 x 4	130	700	330	5440	8,94	316,09				2000
MF 05 236	CD 56	14 x 4	155	700	365	5707	10,43	363,29	1	WE04418	WE04418	2000
MF 05 237	CD 60	12 x 5	162	700	330	6629	11,18	393,37				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 mm Ø12 mm/Cable L. 1000 mm	330	62,50

Paulino Pe

Ejemplo 2.3.2.1-1

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 $\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$.

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

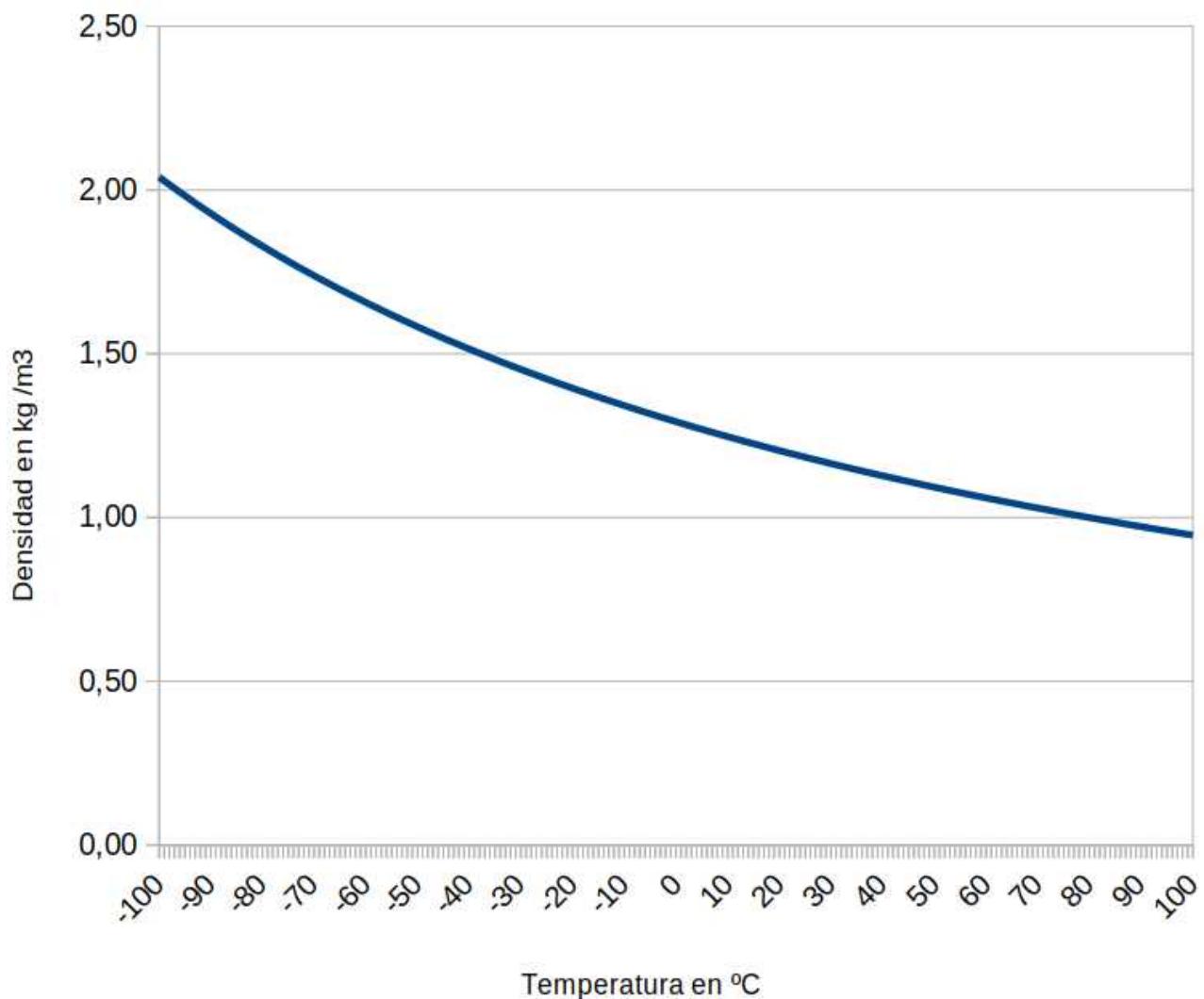
$$\dot{Q}_C = c_p \cdot \dot{m}_{aire} \cdot (\vartheta_{aire-salida} - \vartheta_{aire-entrada}) , \text{ con } c_{p-air} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

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

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

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

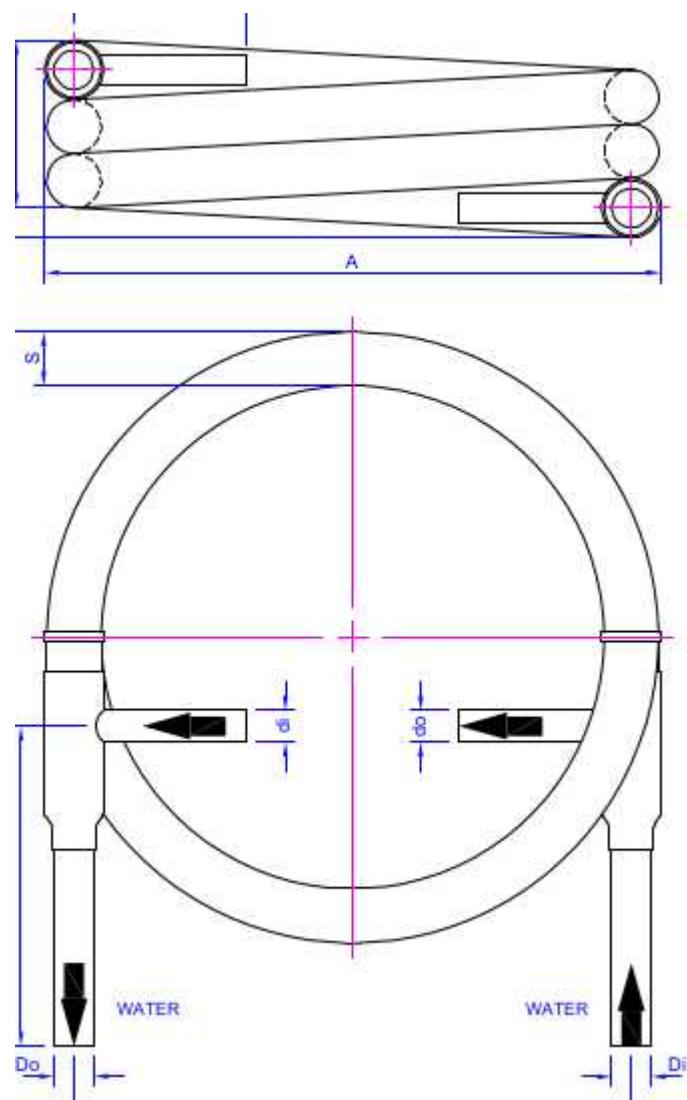
2.3.2.2 Condensadores enfriados por agua

Al tener el agua un calor específico mayor que el del aire ($c_{p\text{ agua}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$), 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.

2.3.2.2.1 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»

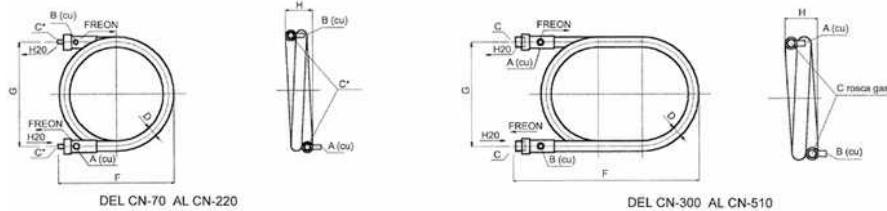
TECNAC



B

Código	Modelo	Potencia Disipación kW	Caudal m ³ /h	Δp carga	Salida ga (A)	Entrada ga (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 ThermalS

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

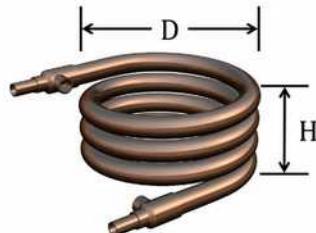
Notes regarding the software: → Calculation WKE and WKC

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="–"/> <input type="button" value="+"/>
Fouling factor (inside)	0.000044	m ² K/W

WKC10



Refrigerant (outside)	R134a	<input type="button" value="–"/> <input type="button" value="+"/>
Fouling factor (outside)	0	m ² K/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
Superheated vapor temperature	42.76	°C
Subcooling	5.00	K

Precio aproximado 270 euros

Ejemplo 2.3.2.2.1-1

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/>

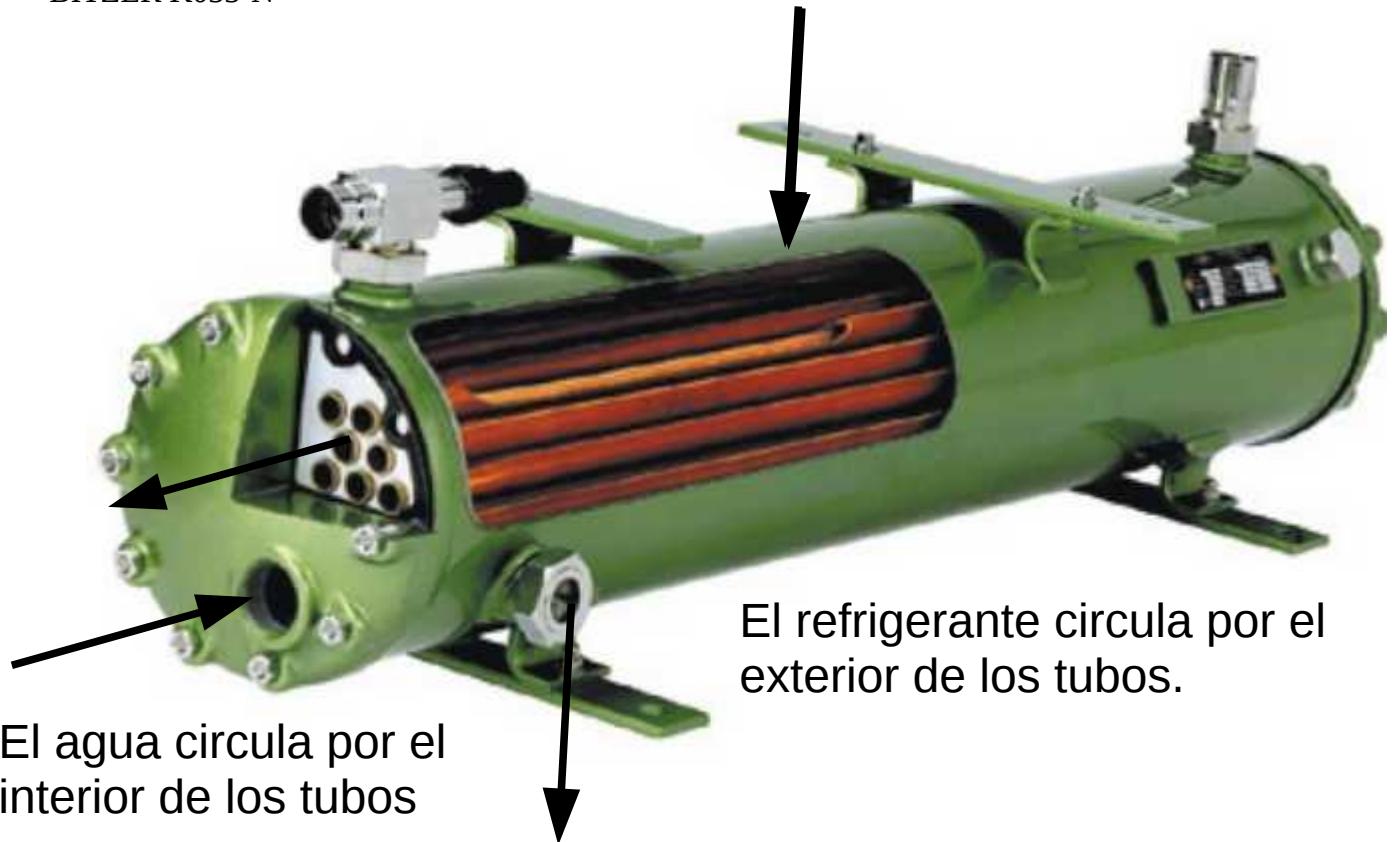
<https://www.refrigeracionzelsio.es/98-condensadores-coaxiales-de-agua-a-contracorriente>

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

2.3.2.2.2 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 m²K/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 2.3.2.2-1

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.

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

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

Cálculo de la temperatura media del agua en el condensador

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

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

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

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

2.3.2.2.3 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 salda es altamente corrosiva. Además contiene microorganismos y moluscos. Esto provoca corrosión e incrustaciones en el interior del condensador, que puede acabar obstruyéndose.

En el calculo 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.



or Open Cooling

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/>

2.4 Ejercicios condensadores

Ejercicio 2.4-1

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

La densidad del aire a $30\text{ }^\circ\text{C}$ 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 condensador $c_{transmision}$ en $\frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Ejercicio 2.4-2

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 m ³ /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	1.400	H8-48	220.250.0008	227,00
2.265	3.395	610x150x285	9x40	2x250	1.700	H10-36 D	220.250.0009	266,00
2.440	3.655	610x150x285	10x40	2x250	1.700	H11-40 D	220.250.0010	283,00
3.045	4.570	670x150x290	11x40	2x300	2.000	H12-44 D	220.250.0011	350,00
3.315	4.970	770x150x365	12x40	2x300	2.700	H13-48 D	220.250.0012	417,00

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

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

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 2.4-3

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

Potencia (W)		Dimensiones (mm)	Código Ventiladores normalmente usados	Ventiladores	Caudal m³/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 $\vartheta_C=45^{\circ}\text{C}$ se deduce que la temperatura media del aire en el condensador será de $\bar{\vartheta}_{aire} = \vartheta_C - \Delta T = 45^{\circ}\text{C} - 15 K = 30^{\circ}\text{C}$..

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

Ejercicio 2.4-4

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
A	B	C	GAS	AGUA					
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

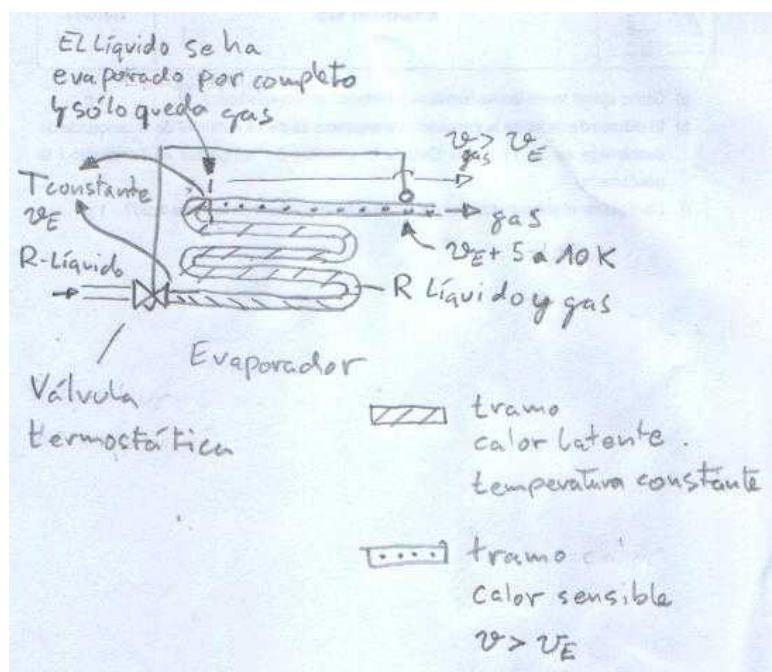
2.5 Evaporadores

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.



2.5.1 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 $\bar{\vartheta}_{med}$.

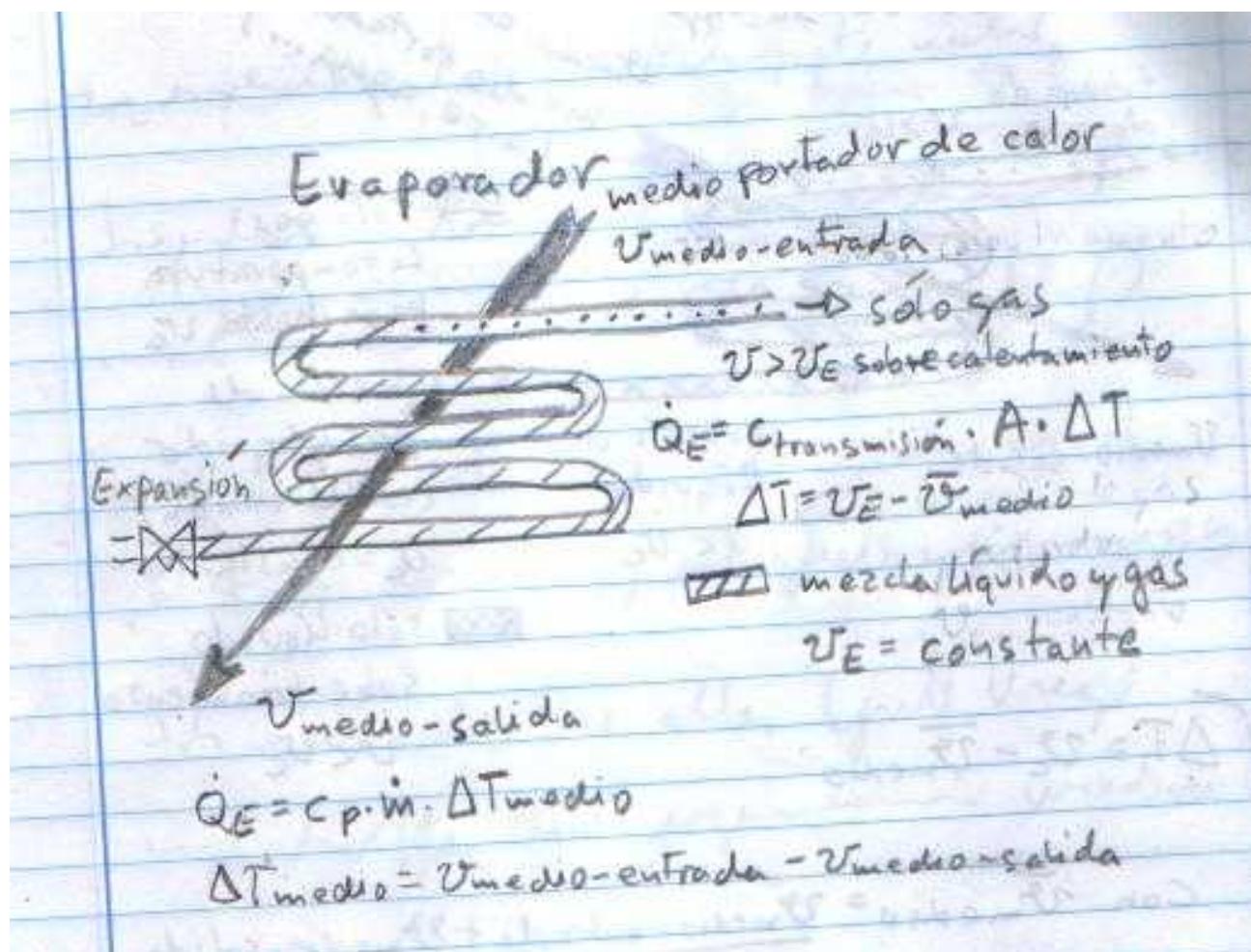
$$\bar{\vartheta}_{med} = \frac{\vartheta_{entrada} + \vartheta_{salida}}{2}$$

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

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

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

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



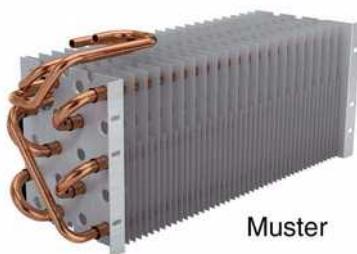
2.5.2 Evaporadores calentados por aire

2.5.2.1 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 sobreelalentado 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

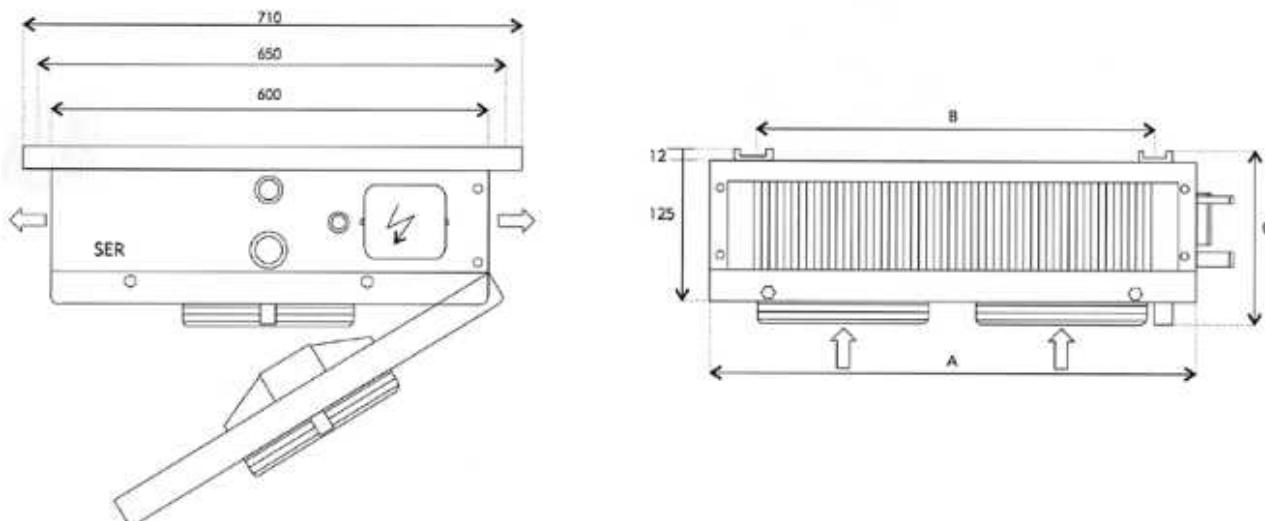


Serie COMERCIAL «SR» - R404A - Aluminio blanco

Código	Modelo	€	Código	Modelo	€
SEPARACIÓN DE ALETA 5,5 mm					
SIN DESESCARCHE			DESESCARCHE 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 2.5.2.1-1

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

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

El caudal de masa del aire es de $\dot{m}_{aire} = \frac{\dot{V}}{\rho} = \frac{0,236 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,181 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

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

$$\rightarrow \Delta T_{aire} = \vartheta_{aire-entrada} - \vartheta_{aire-salida} = \frac{\dot{Q}_E}{c_p \cdot \dot{m}_{aire}} = \frac{0,773 \text{ kW}}{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,181 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 2 \text{ K}$$

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

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/>

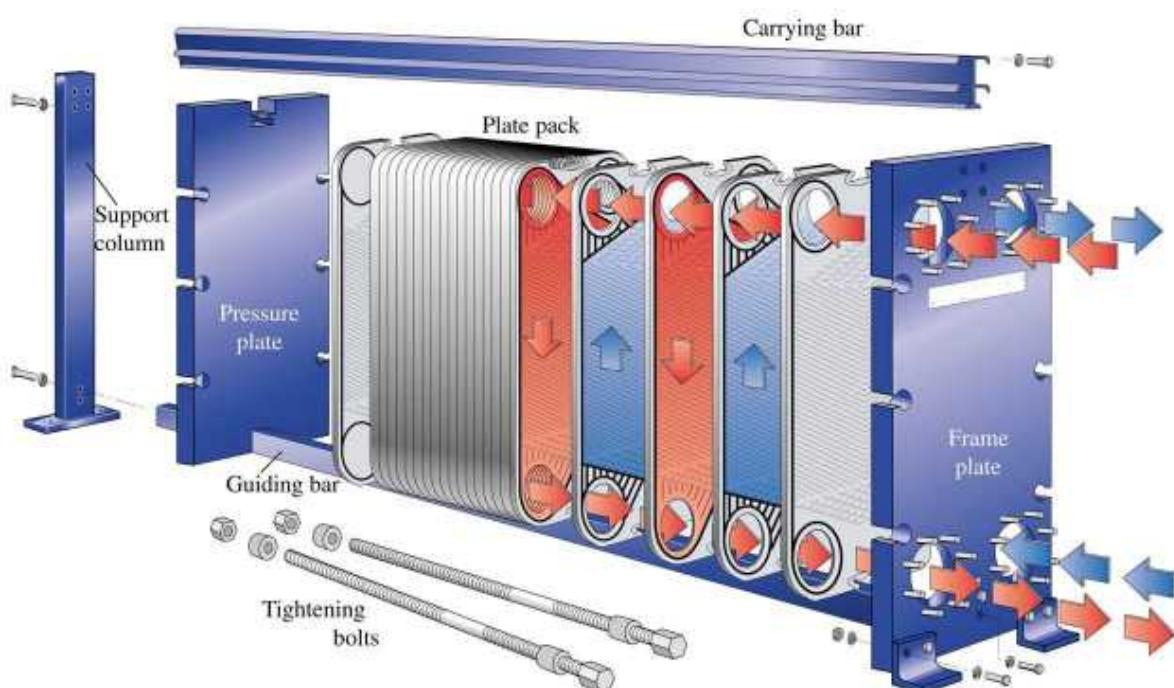
<https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2/#tab-overview>

2.5.3 Evaporadores calentados por agua

2.5.3.1 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.



2.5.3.2 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 2.5.3.2-1

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

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

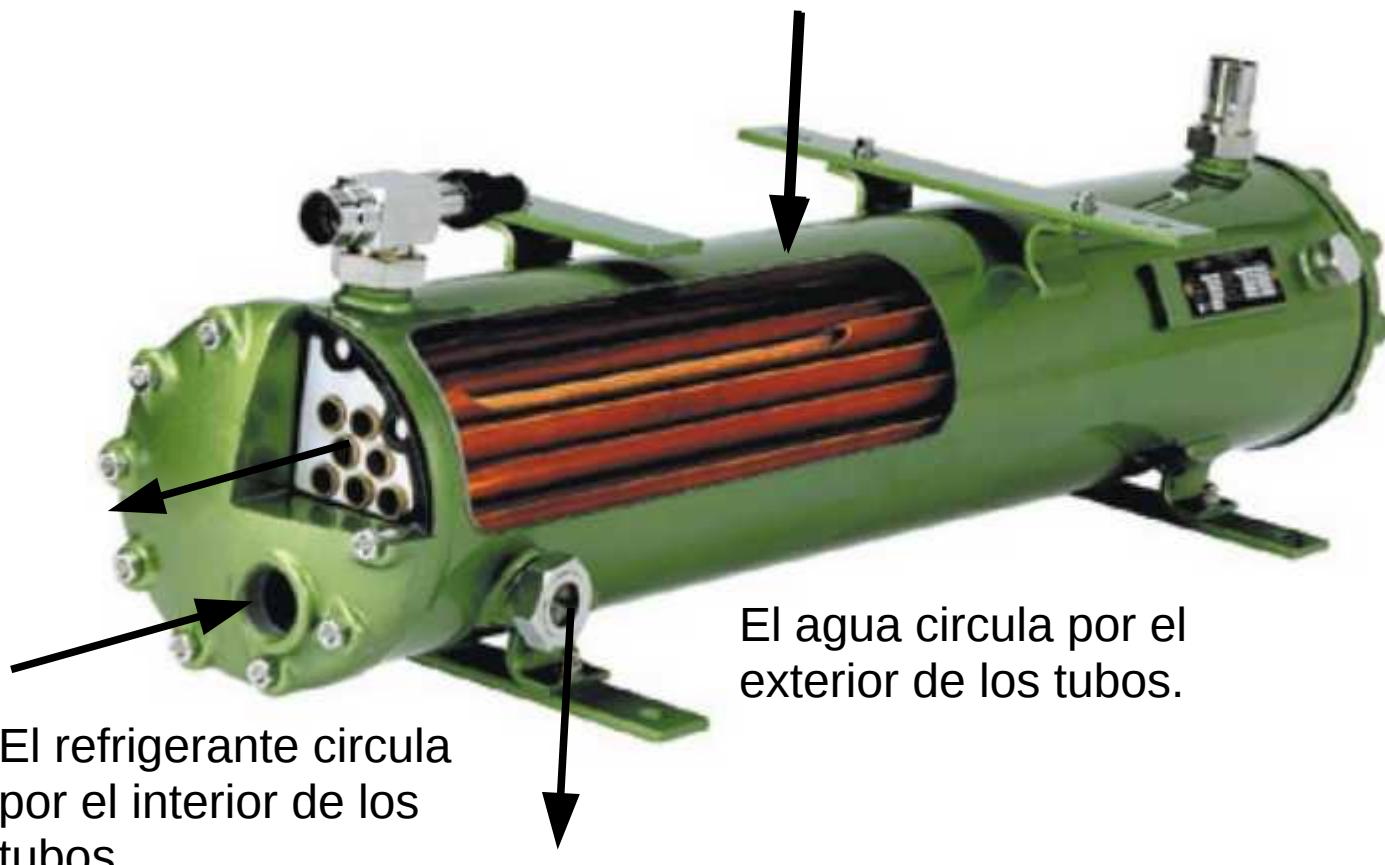
$$\dot{Q}_E = c_{p-\text{agua}} \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{\text{agua}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4,3 \text{ K} = 2,52 \text{ kW}$$

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

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

2.5.3.3 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/>

2.6 Dispositivos de expansión

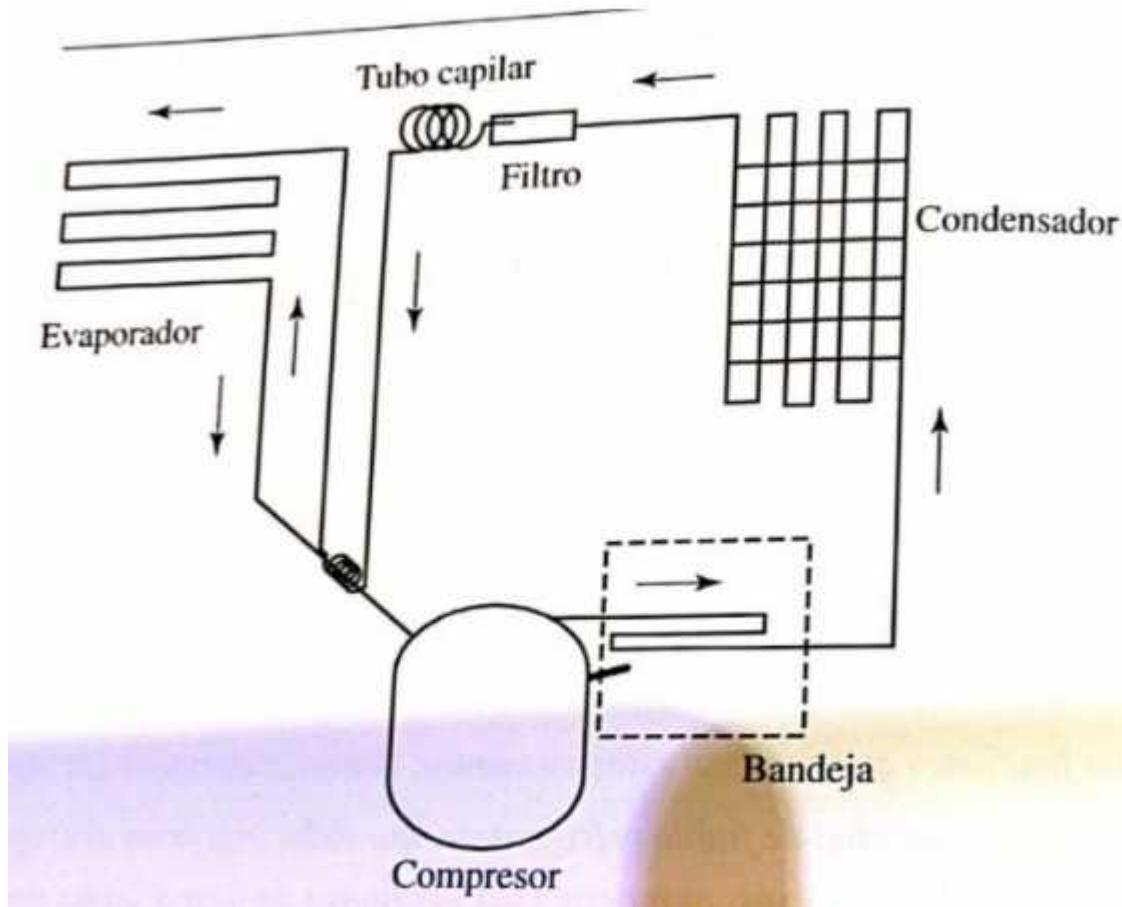
La función de los dispositivos de expansión es regular el paso del refrigerante líquido procedente del condensador, al evaporador. A la entrada del dispositivo de expansión, el refrigerante se encuentra en estado líquido a alta temperatura y presión. A la salida, el refrigerante es una mezcla de líquido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

Los principales dispositivos de expansión son

- Tubos capilares
- Válvulas de expansión termostáticas

2.6.1 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.

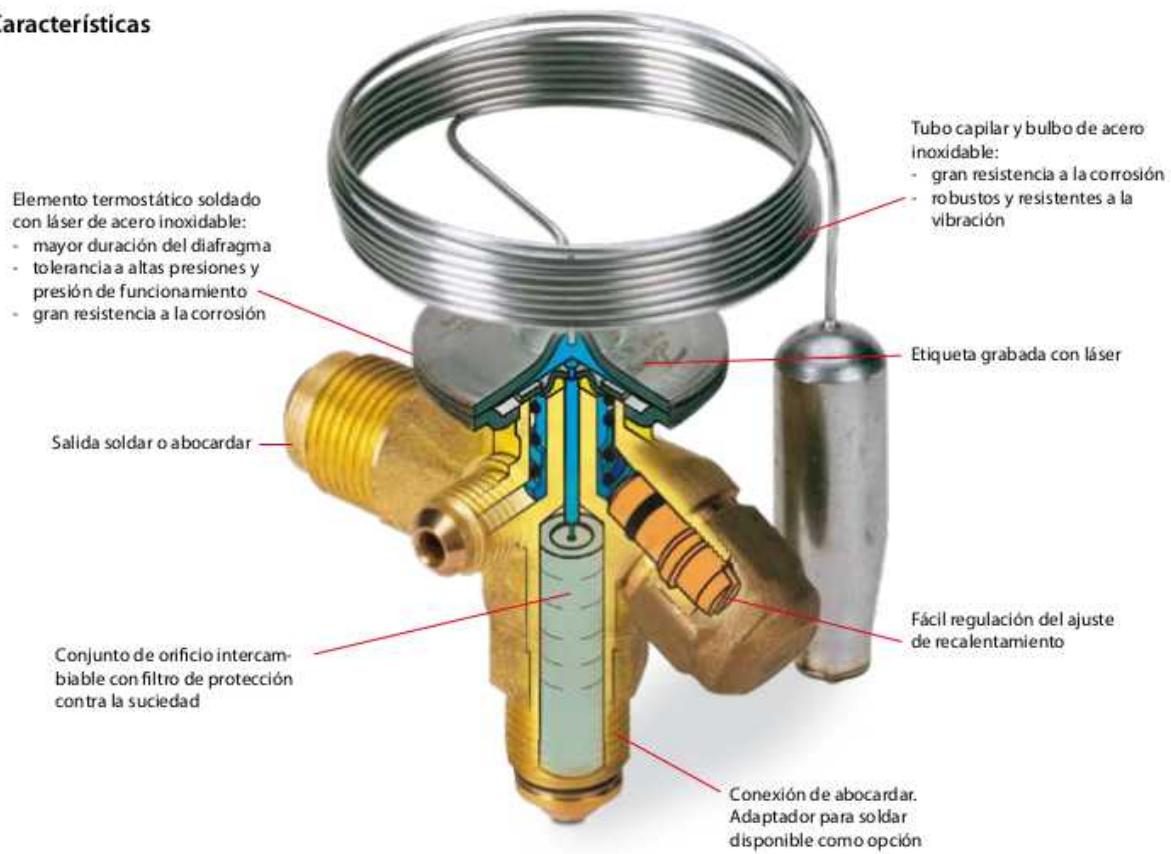


2.6.2 Válvulas de expansión termostáticas (VET)

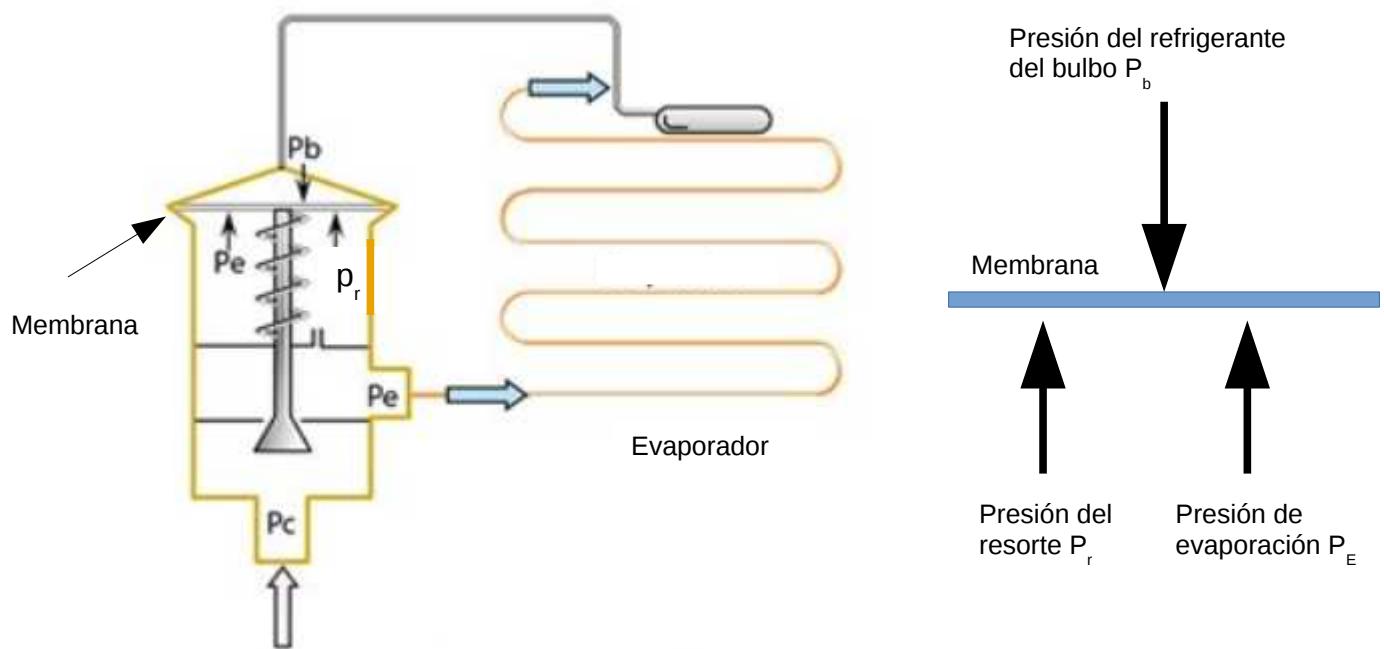
Las válvulas termostáticas regulan la cantidad de refrigerante que recibe el evaporador mediante un bulbo montado a la salida del evaporador. El bulbo, que normalmente contiene el mismo refrigerante que el circuito frigorífico, está unido a la válvula por un tubo capilar. Las válvulas termostáticas mantienen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

Imagen válvula expansión termostática



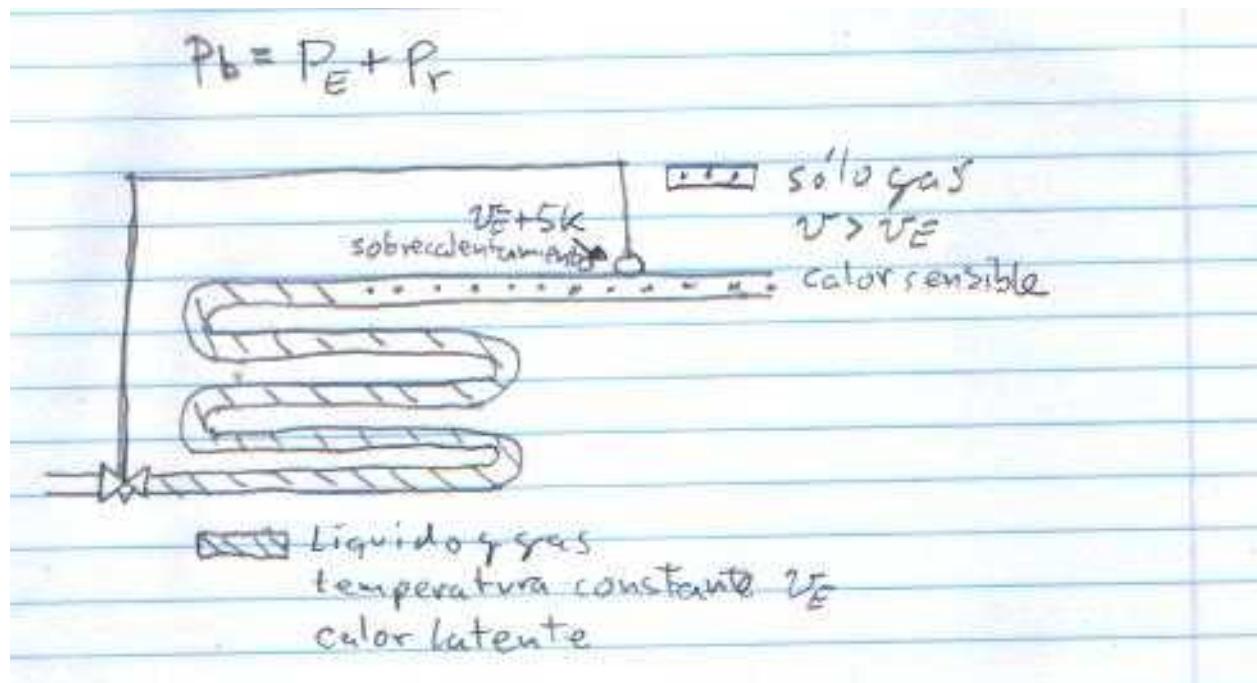
Características

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.

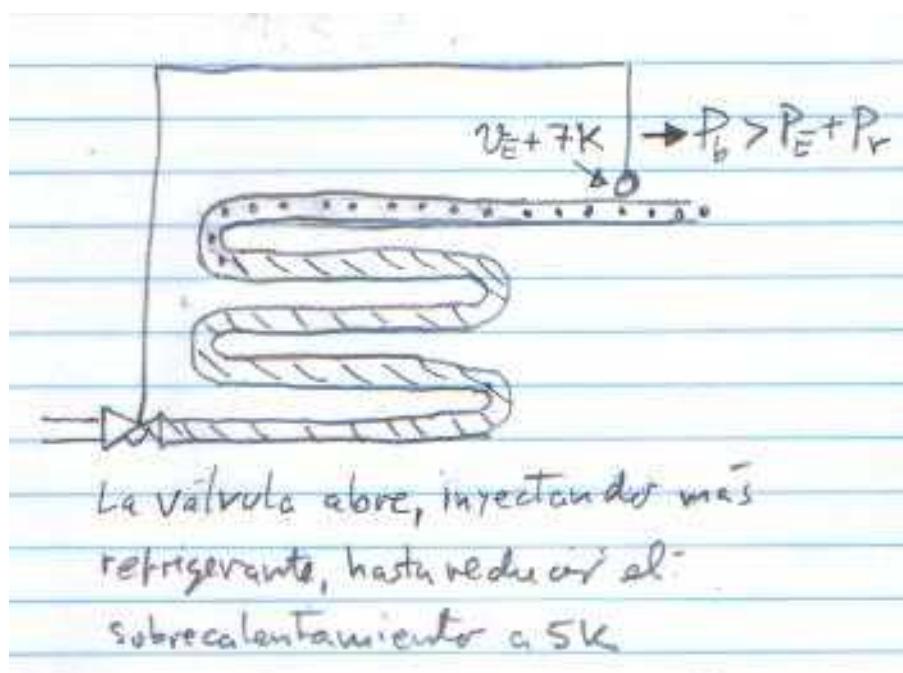


La válvula mostrada en este esquema se llama de igualación interna de presión, porque en su interior dispone de orificios que permiten que la presión en su salida al evaporador actúe sobre la membrana.

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.

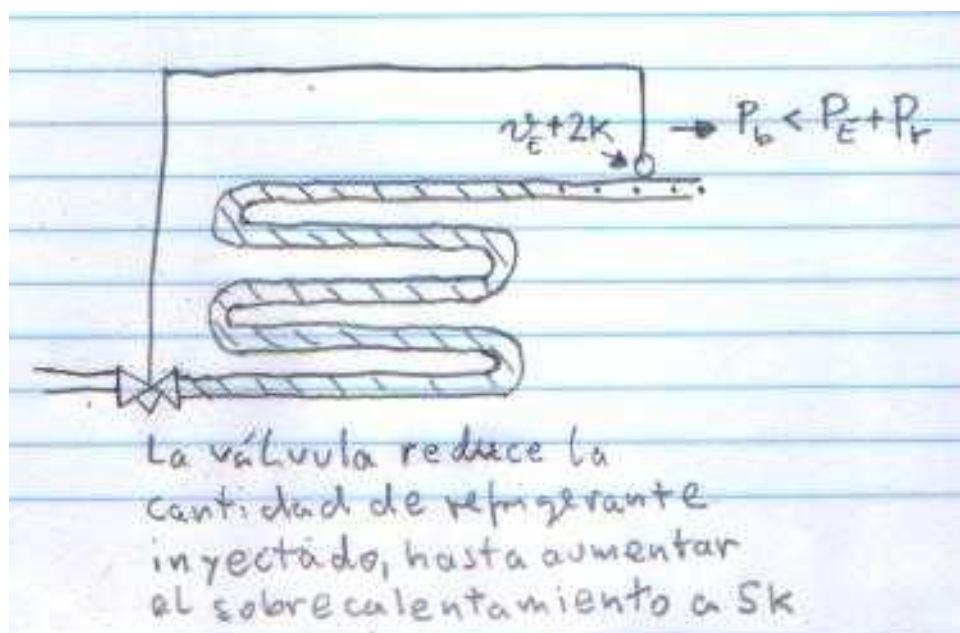


Si sube la temperatura en el recinto refrigerado, aumenta la cantidad de calor que absorbe el evaporador y el refrigerante líquido acaba de evaporar antes, es decir, el tramo del evaporador con gas sobre calentado aumenta. Supongamos que el sobre calentamiento en la posición del bulbo aumenta a 7 K. 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 desciende, 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.

2.6.2.1 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 2.6.2.1-1

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 2.6.2.1-2

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

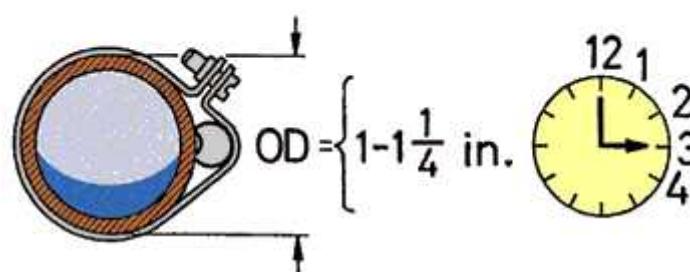
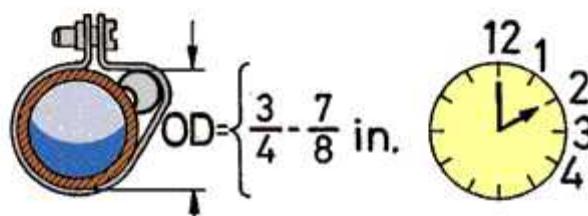
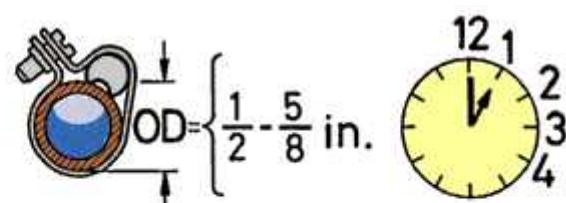
($p_b = p_E + p_r$) a una presión de evapòración de $p_E = 3 bar$ y un sobrecalentamiento de 5 K.

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?

2.6.2.2 Montaje y posición del bulbo de la válvula termostática

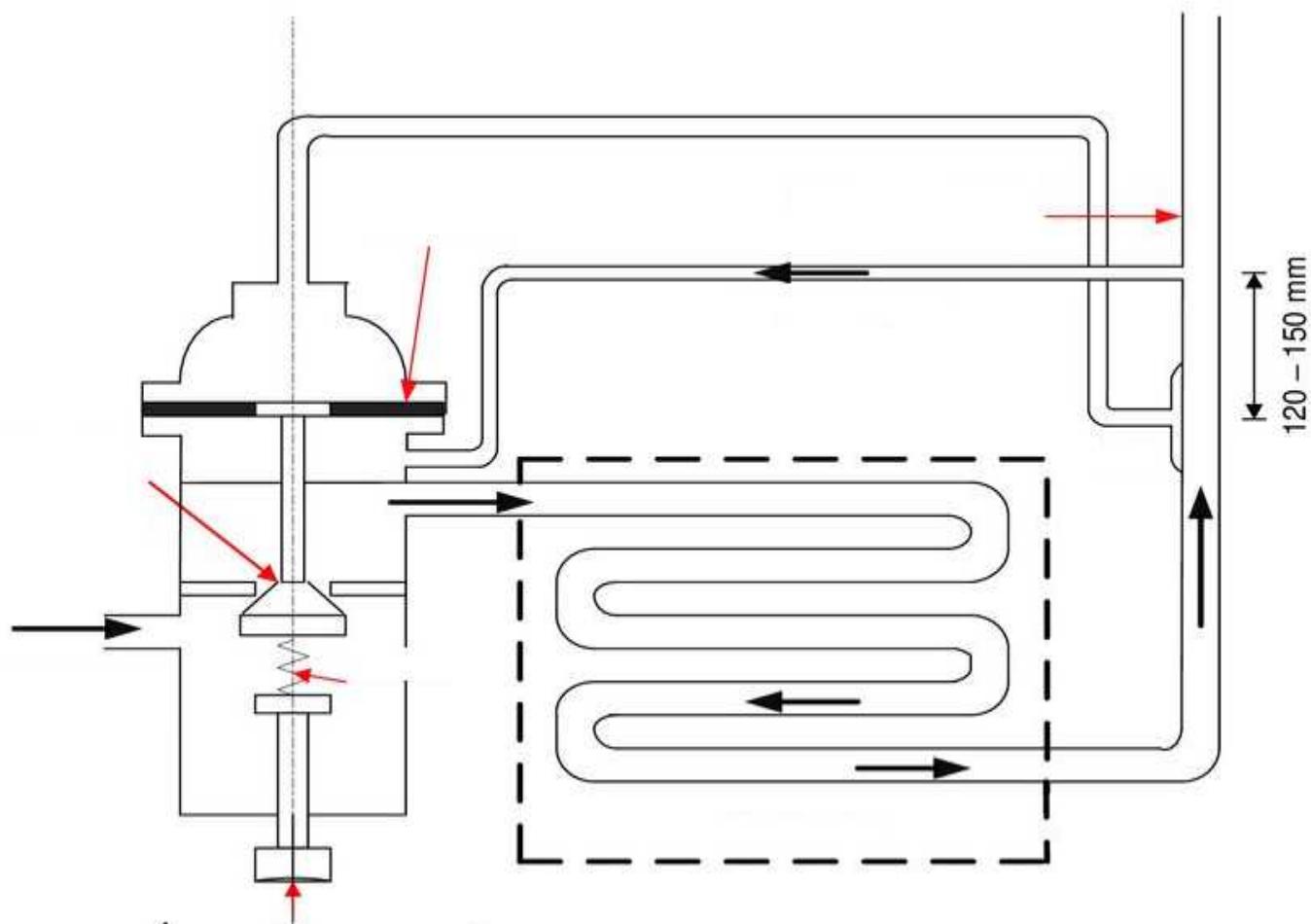
El bulbo debe montarse sobre lo más cercano posible a la salida del evaporador sobre un tramo de tubería horizontal. Debe colocarse en las posiciones indicadas en la imagen y poniendo atención a que nada impida la transmisión de calor entre tubería y tubo (atención a la suciedad). El bulbo se deberá 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.



2.6.2.3 Válvula termostática con igualación externa de presión

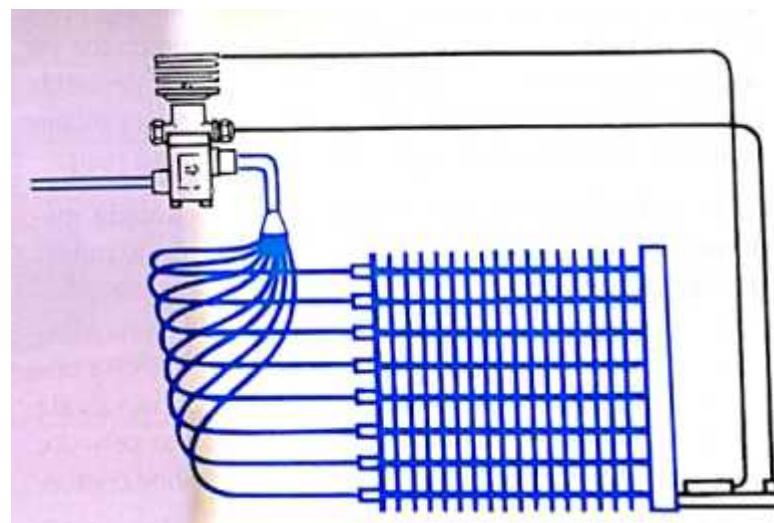
Cuando en un evaporador se producen diferencias de presión significantes entre la entrada y la salida, se monta una válvula de expansión en la que, mediante un tubo capilar, la presión que actúa sobre la membrana es la de la salida del evaporador. Estas válvulas se llaman de igualación externa de presión.

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.



2.6.2.4 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)

2.6.2.5 Selección de la válvula termostática

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

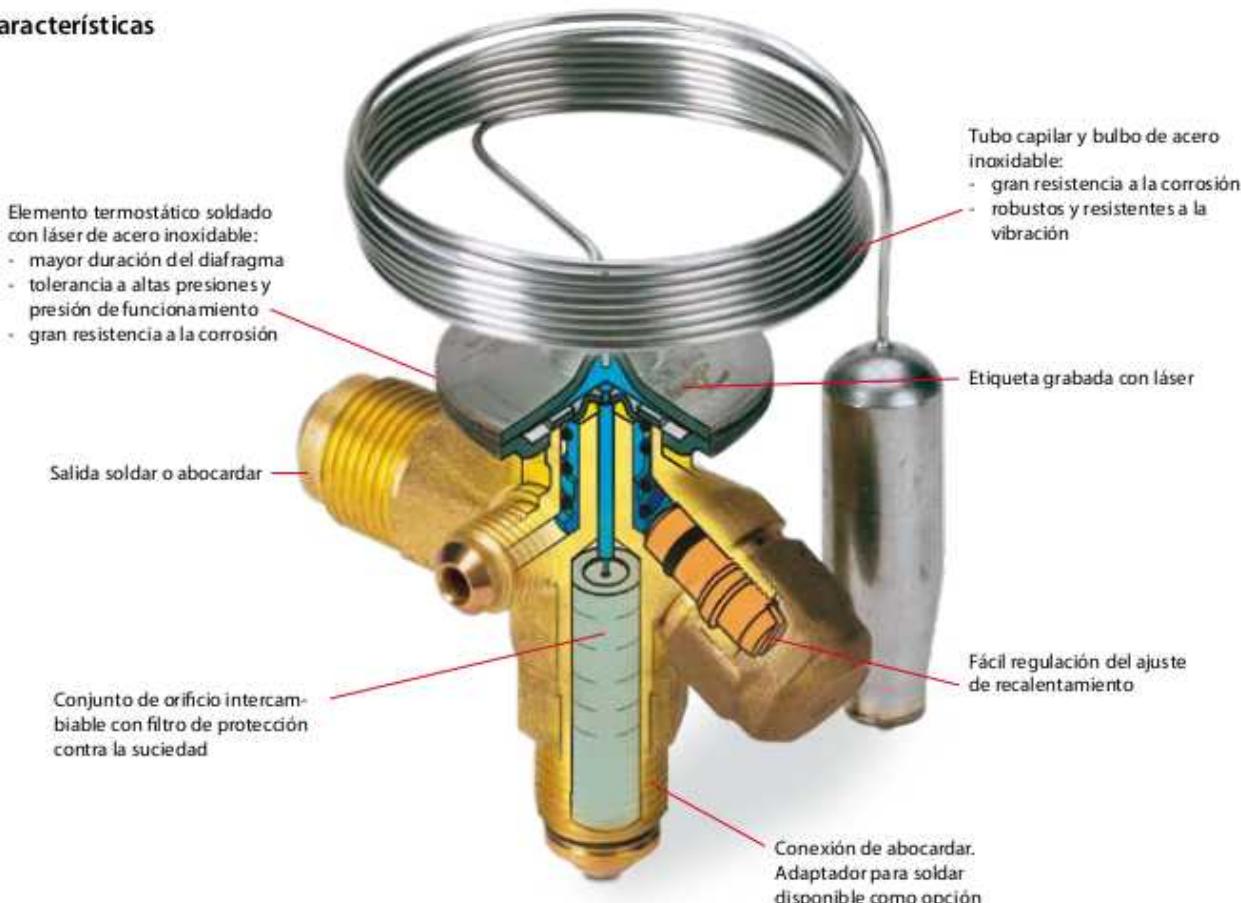
- Potencia frigorífica necesaria (capacidad de planta).
- Diferencia de presión entre entrada y salida de la válvula (caída de presión) → Temperaturas de condensación y evaporación.
- El refrigerante utilizado, sus características determinan las presiones y la potencia frigorífica.
- El tipo de conexión 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
	TEX 2	1/4 in.	1.5	3/8 x 1/2	10 x 12	068Z3209	068Z3211	068Z3225	068Z3227
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
	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 -5°C	Gama B -60 a -25°C
						Sin MOP	MOP +15°C	MOP -10°C	Sin MOP
R22	TX 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3281	068Z3287		068Z3357
	TX 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3302	068Z3308	068Z3366	068Z3361
R407C	TEX 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3284	068Z3290		068Z3359
	TEX 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3305	068Z3311	068Z3367	068Z3220
R407C	TZ 2	-	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3502	068Z3329		068Z3363
	TZ 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3514	068Z3511		068Z3277
R407C	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		
R134a	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
	TS 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3435	068Z3423	068Z3436	068Z3425
	TES 2	1/4 in.	1.5	3/8 in.	1/2 in.	068Z3415	068Z3417	068Z3430	068Z3419
	TES 2	6 mm.	1.5	10 mm	12 mm	068Z3422	068Z3424	068Z3437	068Z3426

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	R22	R404A R507
	R22	R407C	R134a	R404A R507	R22	R407C	R134a	R404A R507	R22	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⁾
1/8 in.	068-2062
6 mm	068-2063
6 mm	068-4101 ²⁾
1/8 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

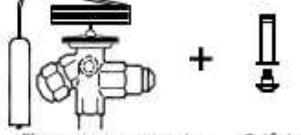
Tipo de válvula/ Orificio	Temp. cond. ¹⁾ [°C]	R22					R134a					R404A/R507					R407C				
		Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]				
		Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]				
T2 / 0X	-35	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
	-30	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
	-25	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
	-20	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
	0	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
	5	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
T2 / 0X	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
	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

Cuando el subenfriamiento ≠ 4 Kentones:	
1. Valor de tabla × Factor = Capacidad de planta	
2. Capacidad de planta : Factor = Valor de tabla	
Ejemplo:	
Refrigerante = R407C	
Q _{nom} = 10 kW	
t _e = 0°C	
t _c = 55°C	
Δt _{ub} = 25 K	
Selección:	
1. T2, Orificio 04 = 12.4 kW × 1.27 = 15.75 kW → Válvula muy grande	
Selección correcta:	
2. 10 kW / 1.27 = 7.9 kW → T2, Orificio 03	



Ejemplo 2.5.2.5-1

Para una vitrina refrigerada, con una potencia frigorífica de 0,55 kW (ver compresor ejemplo 2.1.1.1-1) 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. 068Z3383 – 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 a +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		300.300.0027	157,70
	68Z3496	-	3/8x1/2	T 2	300.300.0028	96,40
R-407F	068Z3715	-	3/8x1/2		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	T2	300.300.0261	93,00
	068Z3728	-	3/8x1/2	TE2	300.300.0262	157,70
R454C	068Z7483	-	3/8X1/2	T2	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

(*) 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



C.2

C.3
549**Inyectores****ORIFÍCIOS 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	-25°C	-25°C	-35°C	4	68-2002	0X	T-2/TE-2	37,10	
0,62	0,60	0,54	0,44	0,43	0,41	0,93	0,91	1,10	1,00	-	-	-			
-	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2003	00			
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			
-	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2010	01			
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			
-	2,94	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2015	02			
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			
-	4,21	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2006	03			
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			
-	7,52	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2007	04			
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			
-	11,10	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2008	05			
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			
-	14,04	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2009	06			
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			
-	17,21	-	-	-	-	-	-	-	-	40	68-2009	06			

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
R-407C	068Z3415	-	3/8 x1/2	TE 2	300.300.0035	157,70
	-	068Z3421	3/8 x1/2		300.300.0036	157,70
R-407F	068Z3446	-	3/8 x1/2		300.300.0037	157,70
R-407A	068Z3716	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0038	164,00
R-448A / R-449A	068Z3713	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0039	172,50
R-452A	068Z3729	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0263	98,00
	068Z3730	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0264	160,90
R454C	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.

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
R-407C	068Z3415	-	3/8 x1/2	TE 2	300.300.0035	157,70
	-	068Z3421	3/8 x1/2		300.300.0036	157,70
R-407F	068Z3446	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0037	157,70
R-407A	068Z3716	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0038	164,00
R-448A / R-449A	068Z3713	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0039	172,50
	068Z3729	-	3/8 x1/2	T2	300.300.0263	98,00
R-452A	068Z3730	-	3/8 x1/2	TE2	300.300.0264	160,90
	068Z3806	-	3/8 x 1/2	T2	300.300.0285	97,80
R454C	068Z3807	-	3/8 x 1/2	TE2	300.300.0286	157,70
	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: (-50°C a -25°C)												
R-22/407C	R-134A	R-404A	R-407A	R-407F	R-22/407C	R-404A	+7,2°C	-25°C	+7°C	-10°C	0°C	-10°C	0°C	-10°C	-25°C	-25°C	-35°C	
0,62	0,60	0,54	0,44	0,43	0,41	0,93	0,91	1,10	1,00	-	-	-	-	-	4	68-2089	0X	
-	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40			300.300.0009
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					300.300.0010
-	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	1,49	1,16	1,05	40	68-2090	00			300.300.0011
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					300.300.0012
-	2,94	-	-	-	-	-	-	-	-	2,84	2,14	1,7	40	68-2091	01			300.300.0013
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					300.300.0014
-	4,21	-	-	-	-	-	-	-	-	3,92	3,02	2,48	40	68-2092	02	T-2/TE-2		300.300.0015
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					300.300.0016
-	7,52	-	-	-	-	-	-	-	-	7,16	5,41	4,44	40	68-2093	03			
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					
-	11,10	-	-	-	-	-	-	-	-	10,53	8,04	6,59	40	68-2094	04			
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					
-	14,04	-	-	-	-	-	-	-	-	13,37	10,2	8,37	40	68-2095	05			
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					
-	17,21	-	-	-	-	-	-	-	-	16,34	12,45	10,24	40	68-2096	06			

- Conjuntos de Orificio con filtro

Adaptador a Solder

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

**BEIJER REF**

2.7 Ejercicios

Ejercicio 2.7-1

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 2.7-2

Indica qué tipos de condensadores conoces.

Ejercicio 2.7-3

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

Ejercicio 2.7-4

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

Ejercicio 2.7-5

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

Ejercicio 2.7-6

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 2.7-7

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 2.7-8

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 2.7-9

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 2.7-10

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

Ejercicio 2.7-11

Explica el funcionamiento de una VET.

Ejercicio 2.7-12

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

Ejercicio 2.7-13

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

Ejercicio 2.7-14

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

Ejercicio 2.7-15

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

Ejercicio 2.7-16

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 2.7-17

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 2.7-18

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

Ejercicio 2.7-19

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?

2.8 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.

<i>Toma de Presión Tipo OBUS</i>							
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"	26,17	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	GB C-54s	306.300.0022	009L7059	306.300.0076	517,00
2 5/8"	245,78	009G7066	GB C-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 de seguridad

Estas válvulas estan ajustadas de fabrica 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 el 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			45	R410A		307.301.0024	175,00
	1759	3523	3070			45	R744		307.301.0025	172,00
113	2048	3812	3301	3/4" M	3/4" G	20,5	R-134A	3030/66C	307.301.0026	172,00
	2337	5151	4083			24	R-407C		307.301.0027	172,00
	3689	10160	5913			27,5	R-404A		307.301.0028	175,00
	1759	3523	3070			45	R410A		307.301.0029	172,00
	2048	3812	3301			45	R744		307.301.0030	172,00
298	3978	7784	6878	1" M	1 1/4" G	20,5	R-134A	3030/88C	307.301.0031	319,00
	4981	9271	8029			24	R-407C		307.301.0032	319,00
	5683	12528	9930			27,5	R-404A		307.301.0033	319,00
	8971	24709	14380			45	R410A		307.301.0034	322,00
	14218	14218	10323			45	R744		307.301.0035	322,00



* 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 o 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	NRV-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 SAE	Kv m³/h	Presión Difec Bar	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
1/4"	-	0,56	-	NRV-6	308.300.0011	55,60
-			0,07	201010	NRV-6S	55,70
3/8"	-	1,43	-	NRV-10	308.300.0013	64,20
-			0,07	201011	NRV-10S	64,30
-	3/8"	1,43	0,3	201046	NRV-10S	76,10
1/2"	-		0,05	201042	NRV-12	68,60
-	1/2"	2,05	0,05	201012	NRV-12S	68,50
-	1/2"		0,3	201039	NRVH-12S	81,30
5/8"	-	3,6	0,05	201043	NRV-16	82,30
-	5/8"		0,05	201018	NRV-16S	82,30
-	5/8"		0,3	201038	NRVH-16S	93,40
3/4"	-	5,5	0,05	201044	NRV-19	102,50
-	3/4"		0,05	201019	NRV-19S	90,20
-	3/4"		0,3	201023	NRVH-19 S	116,90
-	7/8"		0,05	201054	NRV-19	90,30
-	7/8"		0,3	201066	NRVH-19 S	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 utiliza 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 (S/N 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 (C02), 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° 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° de evaporación a -10°C; T° 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

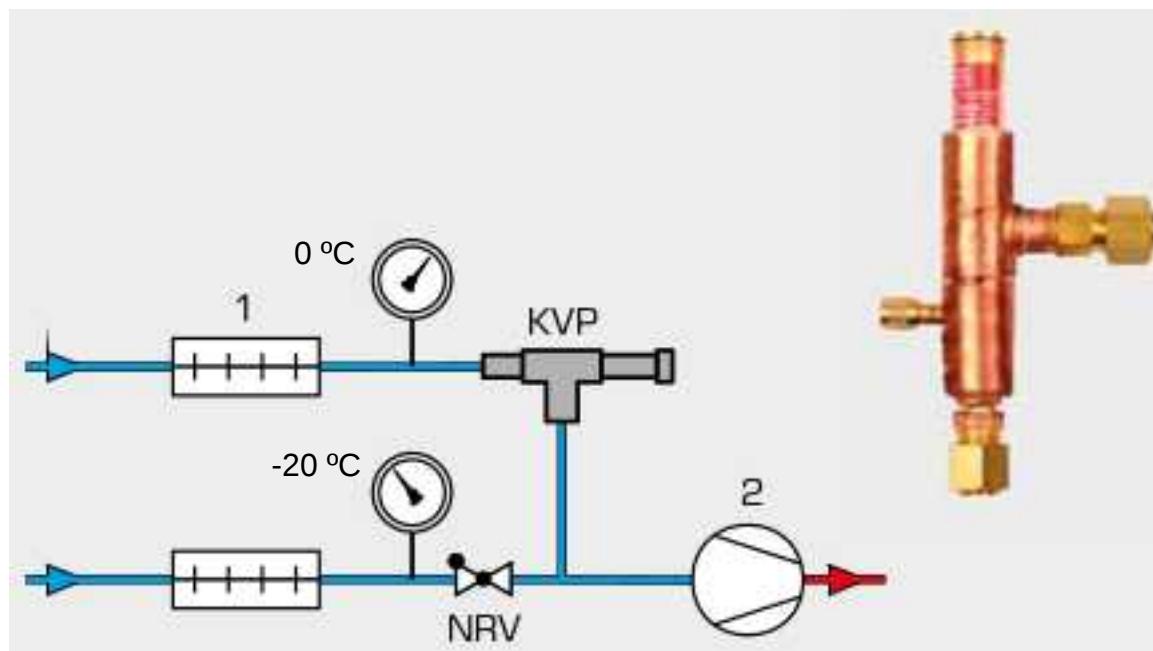


BV

- 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

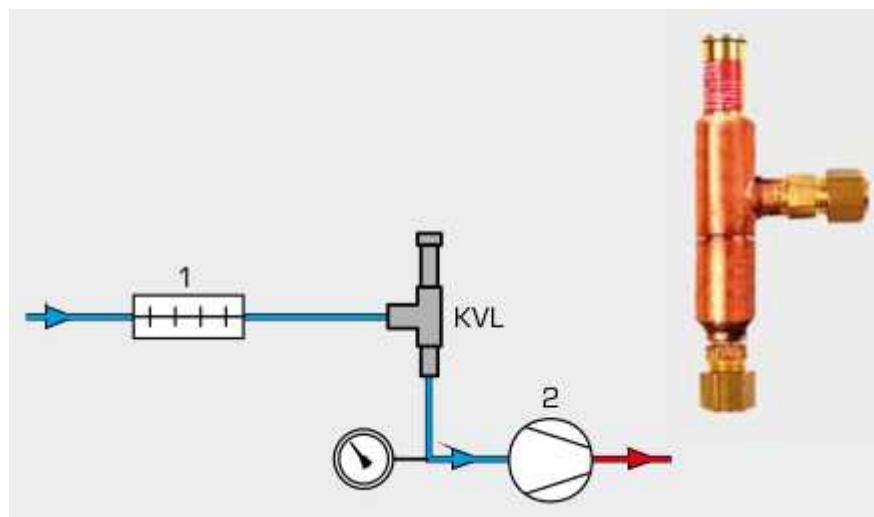
Capacidad Nominal (kW)			Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134a	R-407C	R-404A					
2,80	3,70	3,60	1/2"	034L0023	KVP-12	305.300.0001	315,00
			5/8"	034L0029	KVP-15	305.300.0002	314,00
			7/8"	034L0025	KVP-22	305.300.0003	481,00
6,10	7,90	7,70	1 1/8"	034L0026	KVP-28	305.300.0004	721,00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

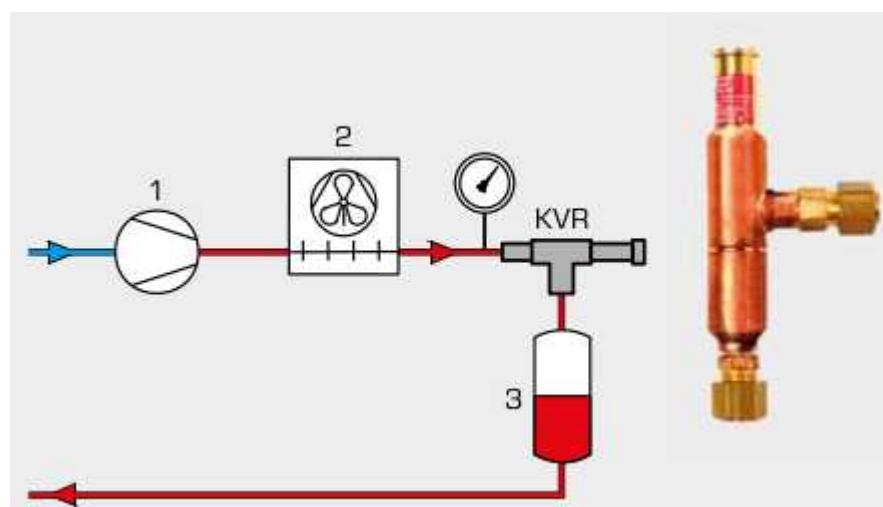
Capacidad Nominal (kW)			Soldar ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134a	R-407C	R-404A	1/2"	034L0043	KVL-12	305.300.0006	263,00
			5/8"	034L0049	KVL-15	305.300.0007	263,00
			7/8"	034L0045	KVL-22	305.300.0008	416,00
			1 1/8"	034L0046	KVL-28	305.300.0009	599,00
			1 3/8"	034L0052	KVL-35	305.300.0010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

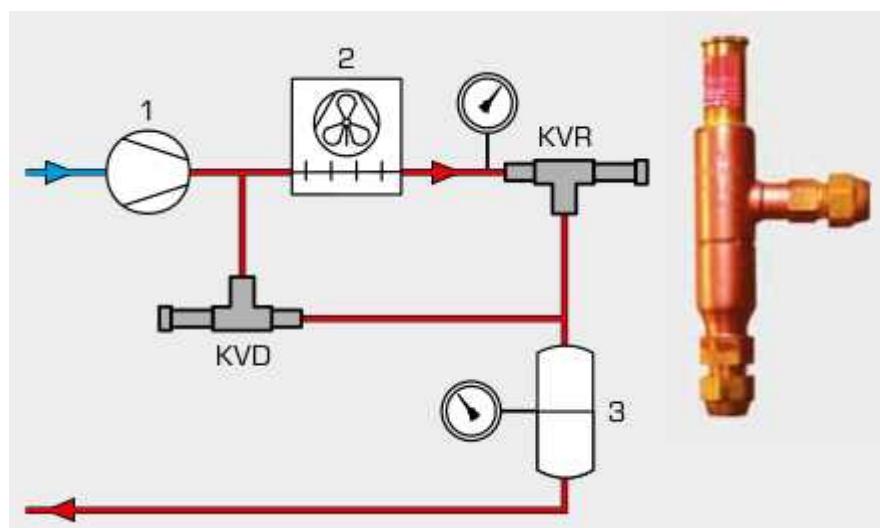
Capacidad Nominal (kW)						Solder ODF	CÓDIGO Danfoss	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
Líquido		Gas Caliente								
R-134a	R-407C	R-404A	R-134a	R-407C	R-404A					
47,30	54,40	36,60	11,60	14,30	12,00	1/2"	034LD093	KVR-12	305.300.0011	317,00
						5/8"	034LD097	KVR-15	305.300.0012	317,00
						7/8"	034LD094	KVR-22	305.300.0013	481,00
121,00	139,30	93,70	30,60	37,70	34,90	1 1/8"	034LD095	KVR-28	305.300.0014	722,00
						1 3/8"	034LD100	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.



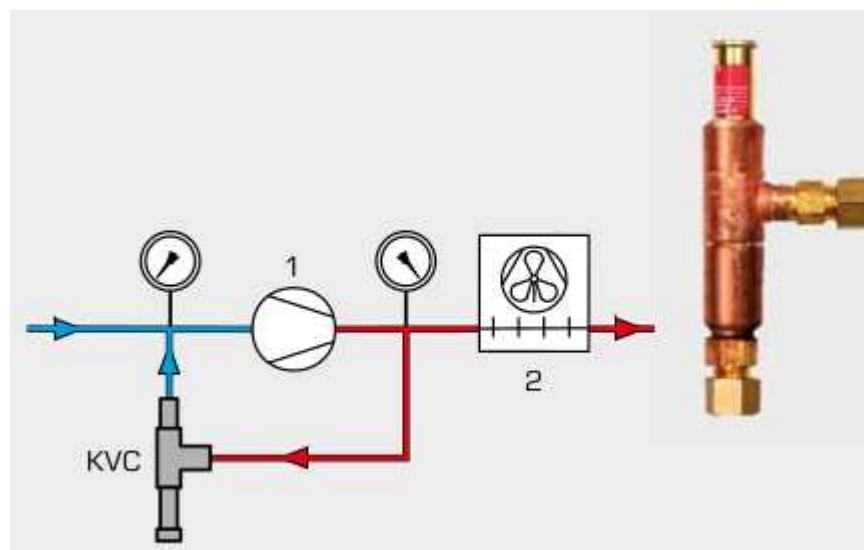
Presión de Recipiente Líquido					
Capacidad Nominal (kW)		Soldar ODF	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134A	R-404A				
1,8	3-20	1/2"	3350/4S	305.301.0019	243,00
1,8	3-20	5/8"	3350/5S	305.301.0020	243,00

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.



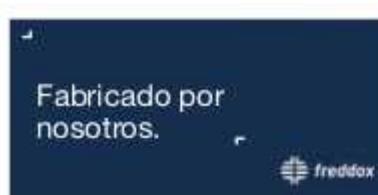
- Filtros secadores

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.

<i>Visores de líquido y humedad</i>				
Conexiones		CÓDIGO Danfoss	MODELO (")	CÓDIGO 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	341.300.0024
3/8" H-M		014L0172		341.300.0025
	3/8"	014L0182		341.300.0010
1/2" M		014L0163	SGP-12	341.300.0027
1/2" H-M		014L0173		341.300.0028
	1/2"	014L0183		341.300.0029
5/8" M		014L0165	SGP-16	341.300.0030
	5/8"	014L0184		341.300.0031
3/4" M		014L0166	SGP-19	341.300.0032
3/4" H-M		014L0175		341.300.0033
	3/4"	014L0185		341.300.0034
	7/8"	014L0186	SGP-22	341.300.0035
				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 = 36 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-Merkblätter.
- 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.

- 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 antes del compresor, 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. DDS	Volumen Litros	Tipo	MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
D	Alt	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.



- 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

Conexiones ODS	Leng. (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. mín. de trabajo: -100° C

Temp. max. de trabajo: +250° C

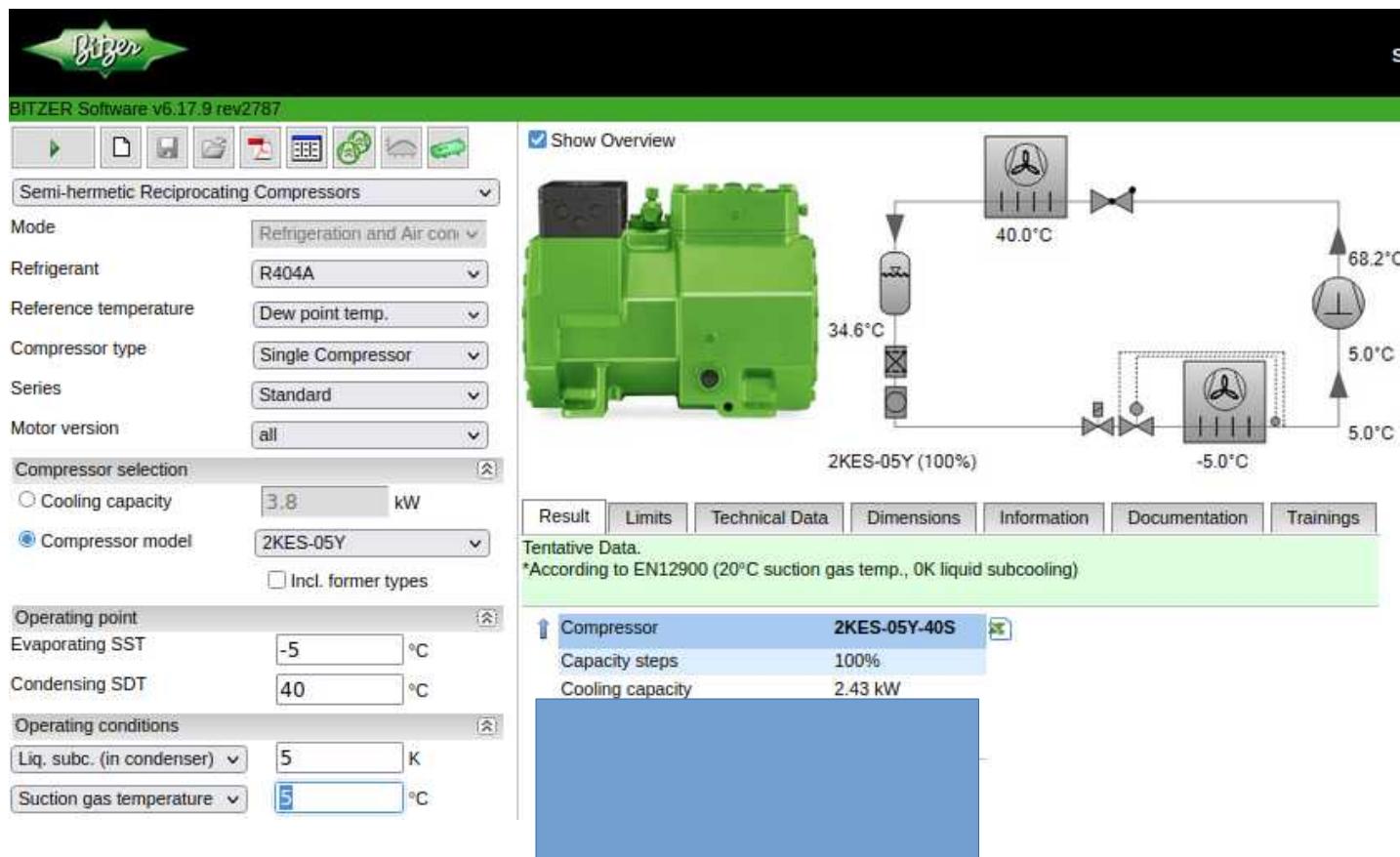
ODS: conexiones de diámetros de tubo de cobre.



2.9 Ejercicios

Ejercicio 2.9-1

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 max./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/Vic	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

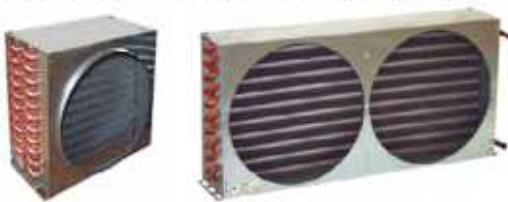
$$\text{Con } \rho_{aire} = 1,3 \frac{kg}{m^3} \text{ y } c_{p-aire} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

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

Elije el condensador adecuado para la instalación



CONDENSADORES DE AIRE FORZADO



Código	Modelo	Tubos	Dimensiones (mm)			Ptos. (W) At = 15°C	Sup. m²	€	Ventiladores (OPCIONAL)						
			A	B	C				Nº	Cód. pala	Cód. moto	m³/h			
MF 05 200	CA 16	8 x 2	87	270	230	600	1,1	47,66	1	WE04415	WE04406	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	WE04417	WE04407	WE04408	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				WE04417	WE04406	WE04407	700
MF 05 231	CD 30	10 x 3	110	600	278	2158	4,77	161,84							
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	WE04407				2000
MF 05 236	CD 56	14 x 4	155	700	365	5707	10,43	363,29							
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.

Elije 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	Gama B -60 a -25°C	
		m	in. x in.	mm x mm	Sin MOP	MOP +15°C	MOP 0°C	MOP -10°C	Sin MOP	MOP -20°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	
		m	in.	mm	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	068Z3511			
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		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	068-2002	068-2089
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	068-2003	068-2090
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	068-2010	068-2091
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	068-2015	068-2092
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	068-2006	068-2093
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	068-2007	068-2094
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	068-2008	068-2095
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	068-2009	068-2096

La capacidad nominal está basada en: Temperatura de evaporación te = +5°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

Filtro

Conexión - soldador ODF	Código ¹⁾	Tipo de filtro	Código ¹⁾
1/8 in.	068-2062	Para conexión abocardar	068-0003
6 mm	068-2063	Para adaptador soldar cobre	068-0015
6 mm	068-4101 ²⁾		
1/8 in.	068-2060		
10 mm	068-2061		
10 mm	068-4100 ²⁾		

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.

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

²⁾ Incluido el filtro

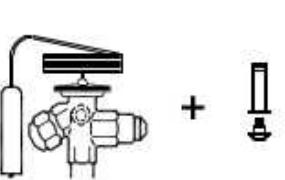
Capacidades

Tipo de válvula/ Orificio	Temp. cond. ⁱⁱ⁾ [°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 / ØK	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 / Ø0	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 / Ø6		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 / ØX		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 / Ø0		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 / Ø1		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 / Ø2		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 / Ø3		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 / Ø4	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 / Ø5		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 / Ø6		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 / ØX		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 / Ø0		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 / Ø1		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 / Ø2		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 / Ø3	55	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 / Ø4		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 / Ø5		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 / Ø6		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 / ØX		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 / Ø0		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 / Ø1		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 / Ø2	55	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 / Ø3		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 / Ø4		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 / Ø5		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 / Ø6		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

ⁱⁱ⁾ 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 $Q_{\text{nom}} = 10 \text{ kW}$ $t_e = 0^\circ\text{C}$ $t_c = 55^\circ\text{C}$ $\Delta t_{\text{ub}} = 25 \text{ K}$</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. $10 \text{ kW} / 1.27 = 7.9 \text{ kW} \rightarrow T_2, \text{Orificio } 03$ 	
---	--

Ejercicio 2.9-2

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 2.9-3

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>

2.10 Soluciones ejercicios

Ejercicio 2.2-1

- a) ¿De qué dependen principalmente las presiones en el condensador y el evaporador?

La presión del condensador depende principalmente de la temperatura del medio al que cede el calor. Los principales medios son aire y agua. Cuanto más alta sea la temperatura del medio, mayor serán la temperatura y presión de condensación.

Con el compresor parado, la presión que se establece en el condensador es la que corresponde a la temperatura ambiente para el refrigerante utilizado.

La temperatura del evaporador depende principalmente del medio del que absorbe el calor. Los principales medios son aire y agua. Cuanto más alta sea la temperatura del medio, mayor serán la temperatura y presión de evaporación.

Con el compresor parado, la presión que se establece en el evaporador es la que corresponde a la temperatura recinto refrigerado para el refrigerante utilizado.

Con el compresor en marcha, la presión y temperatura de condensación aumentan, posibilitando la transmisión de calor al medio ambiente. En el evaporador, la presión y temperatura bajan, posibilitando la transmisión de calor del recinto refrigerado al refrigerante.

- b) Explica como influye la temperatura de evaporación en el funcionamiento del compresor y en la eficiencia de la instalación.

Si la temperatura de evaporación aumenta, aumentan la cantidad de refrigerante evaporado, la densidad del gas refrigerante aspirado y el caudal de masa que circula en el circuito. Esto significa que la cantidad de calor absorbido por el evaporador aumenta. La relación de compresión se reduce, reduciéndose también las pérdidas en el compresor. Al reducirse la diferencia de presión entre aspiración y descarga, se reducen el trabajo del compresor y la temperatura de descarga. La eficiencia de la instalación aumenta.

- c) ¿Cómo afecta a la temperatura de evaporación una subida de la temperatura del recinto refrigerado?

Si la temperatura del recinto refrigerado sube, aumenta la diferencia de temperatura del medio enfriado con la temperatura de evaporación. Esto causa mayor evaporación y un aumento del sobrecalentamiento. La reacción de la VET será abrir, aumentando el caudal de refrigerante inyectado para mantener constante el sobrecalentamiento. Si la temperatura del recinto se mantiene alta, la temperatura y presión en el evaporador aumentan, debido al aumento del caudal de masa del refrigerante.

Ejercicio 2.2-2

Qué problemas causa una temperatura de descarga excesiva?

Cual es aproximadamente la temperatura de descarga, que un compresor no debe superar?

Si la temperatura de descarga aumenta por encima de 100 °C existe el riesgo de daños mecánicos en las válvulas de descarga y de daños por descomposición del aceite lubricante y del refrigerante.

A qué se puede deber un aumento de la presión de condensación?

A que el condensador esté obstruido y no pueda ceder calor al ambiente, a una obstrucción en el circuito (filtro tamponado, válvula defectuosa), que impida que el refrigerante circule o a un aumento de la temperatura ambiente.

Ejercicio 2.2-3

¿Qué ventajas y desventajas tienen los compresores rotativos respecto a los alternativos de pistón?

Ventajas:

- Menos vibraciones (silenciosos) debido a que no tienen que transformar el movimiento rotativo en traslación
- Más compactos y menos pesados a igual potencia que los alternativos, por carecer del sistema de cigüeñal y biela.
- Mayor rendimiento volumétrico por no tener un espacio muerto y no necesitar válvula de aspiración y en algunos casos tampoco de descarga.

Desventajas:

- Reparación compleja o imposible.
- Fabricación costosa por la alta exigencia en la exactitud de medidas de las piezas.

Exercici 2.2-4

BITZER Software v6.17.9 rev2773

The software interface includes a sidebar with various icons and a main panel for compressor selection and system simulation.

Compressor Selection Panel:

- Mode:** Refrigeration and Air cond.
- Refrigerant:** R410A
- Reference temperature:** Dew point temp.
- Compressor type:** Single Compressor
- Series:** ORBIT
- Compressor selection:**
 - Cooling capacity: 3 kW
 - Compressor model: GSD60120VA
 - Incl. former types
- Operating point:**
 - Evaporating SST: -10 °C
 - Condensing SDT: 45 °C
- Operating conditions:**
 - Liq. subc. (in condenser): 0 K
 - Suct. gas superheat: 10 K
 - Useful superheat: 100 %
- Capacity control:**
 - without
 - External FI
- Power supply:**
 - Power frequency: 50Hz
 - Power voltage: 400V-Y (4)

System Diagram: A schematic diagram of a refrigeration circuit. It shows a scroll compressor (GSD60120VA) connected to a condenser coil. The refrigerant enters the condenser at 44.9 °C and leaves at 45.0 °C. The circuit then splits into two parallel paths. One path goes through an expansion valve and an evaporator coil, leaving at 0.0 °C. The other path goes through another expansion valve and an evaporator coil, leaving at -10.0 °C. The total discharge gas temperature is 96.3 °C.

Technical Data for GSD60120VA_4:

Compressor	GSD60120VA_4
Capacity steps	100%
Cooling capacity	16.22 kW
Cooling capacity *	16.22 kW
Evaporator capacity	16.22 kW
Power input	7.17 kW
Current (400V)	12.65 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	23.4 kW
COP/EER	2.26
COP/EER *	2.26
Mass flow	383 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	96.3 °C

Technical Data for GSD60120VA:

Technical Data	
Displacement (2900 RPM 50 Hz)	19,8 m³/h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	23,9 m³/h
Weight	82 kg
Max. pressure (LP/HP)	33 / 45 bar
Connection suction line	
Direct brazing connection	1 3/8 (Standard)
Connection discharge line	
Direct brazing connection	7/8 (Standard "B" version)
Oil type R410A	BVC32 (Standard)
Motor data	
Motor voltage (more on request)	380-420V Y-3-50Hz
Max operating current	21.3 A
Starting current (Rotor locked)	123.0 A
Max. Power input	12.3 kW
Extent of delivery (Standard)	
Oil charge	2,7 dm³
Motor protection	SE-B3
Enclosure class	IP54
Available Options	
Oil heater	90 W
Discharge gas temperature sensor	Option
Motor protection	SE-E1
Vibration dampers	Option

Para el compresor cuyos datos técnicos aparecen en la página anterior, indica:

- a) Tipo de compresor

Espiral (Scroll)

- b) Fabricante y modelo

Bitzer Orbit GSD 60120VA

- c) Refrigerante

R-410A

- d) Temperaturas, presiones de evaporación y condensación, relación de compresión

$$\vartheta_E = -10^\circ C \quad , \quad \vartheta_C = 45^\circ C \quad R_C = \frac{p_C}{p_E} = \frac{28 \text{ bar}}{6 \text{ bar}} = 4,7$$

- e) Subenfriamiento y sobrecalentamiento

SE = 0 K, SC = 10 K

- f) Cuadal de masa indicado en la simulación

$$\dot{m} = 383 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,106 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- g) Potencia frigorífica y potencia de compresión obtenidas del diagrama p h

$$h_1 = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_2 = 390 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_{3/4} = 175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_E = (h_1 - h_4) \cdot \dot{m} = 155 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,106 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 16,49 \text{ kW}$$

$$\dot{P}_{comp} = (h_2 - h_1) \cdot \dot{m} = 60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,106 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 6,36 \text{ kW}$$

- h) Representa el ciclo frigorífico en el diagrama p h

i) Volumen desplazado a 2900 RPM

$$\dot{V}_{desplazado} = 19,8 \frac{m^3}{h} = 0,0055 \frac{m^3}{s}$$

j) Caudal de masa teórico

$$\dot{m} = \dot{V}_{desplazado} \cdot \rho_{aspiracion} = \frac{0,0055 \frac{m^3}{s}}{0,045 \frac{m^3}{kg}} = 0,12 \frac{kg}{s}$$

k) Rendimiento volumétrico

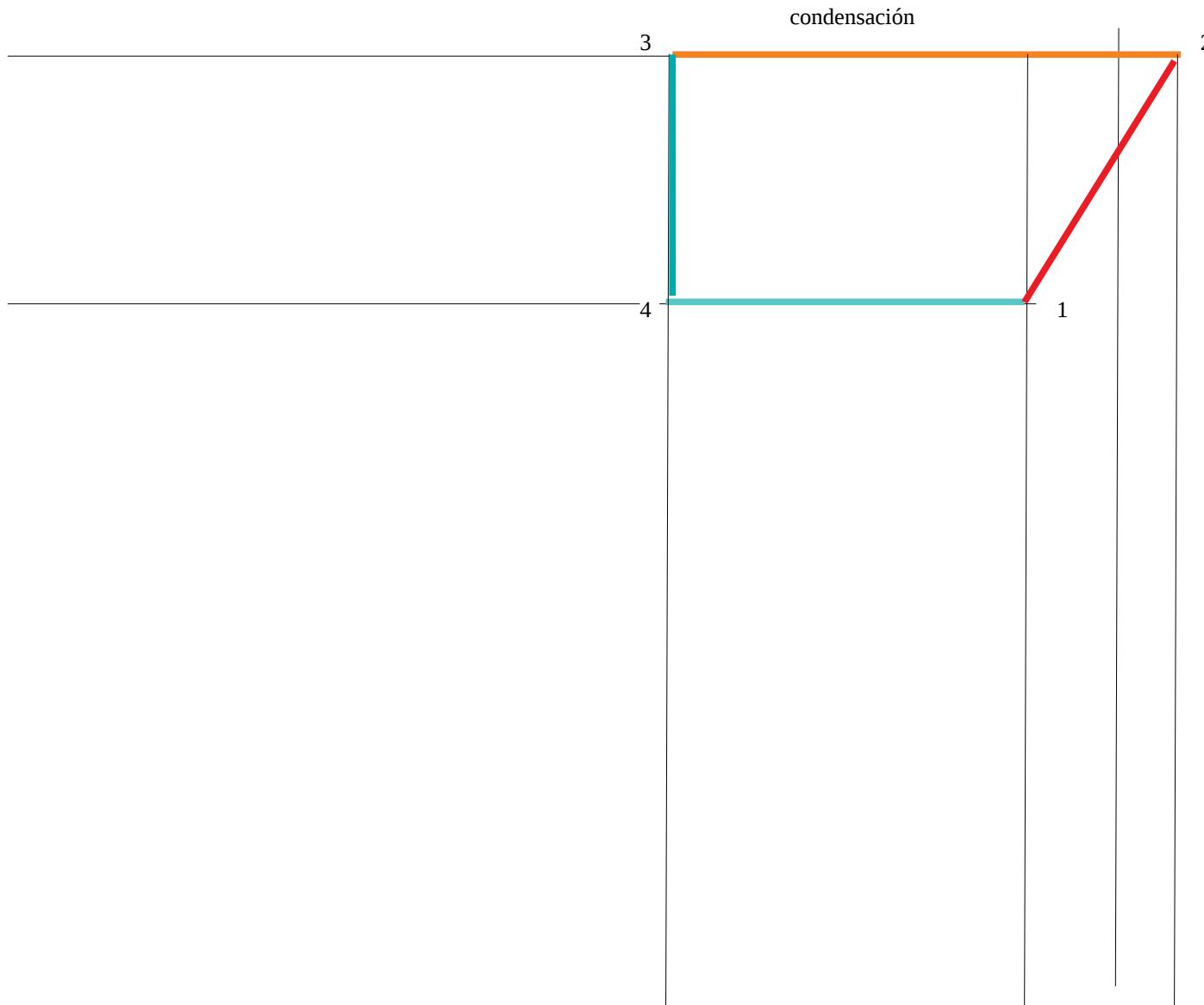
$$\eta_{volumetrico} = \frac{\dot{V}_{simulacion}}{\dot{V}_{desplazado}} = \frac{\dot{m}_{simulacion}}{\dot{m}_{teorico}} = \frac{0,106 \frac{kg}{s}}{0,12} = 0,88$$

l)

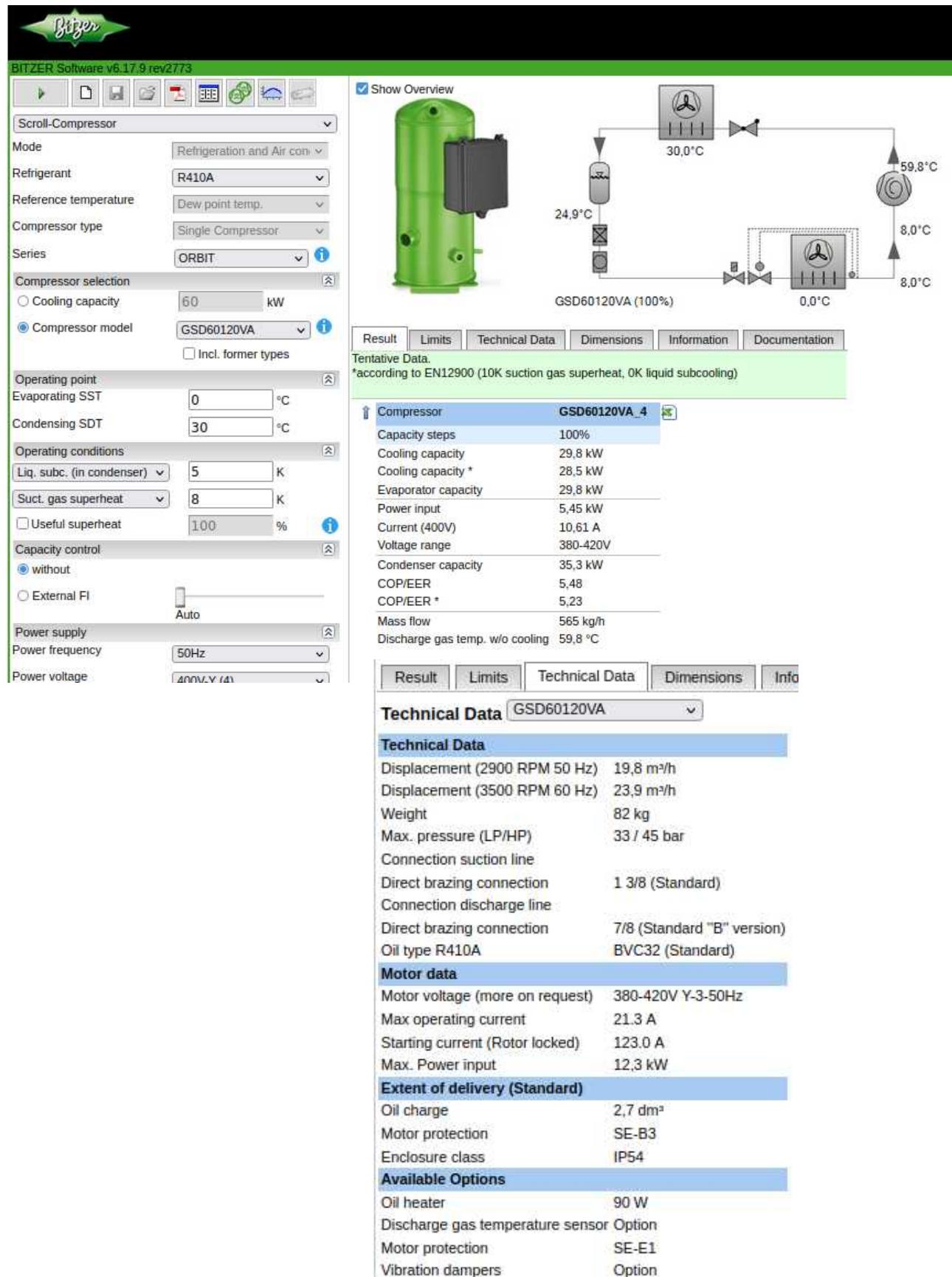
$$EER = \frac{\dot{Q}_E}{P_{comp}} = \frac{16,49 \text{ kW}}{6,36 \text{ kW}} = 2,59$$

m) Temperatura de descarga

$$\vartheta_{descarga} = 96,3^\circ C$$



Exercici 2.2-5



Para el compresor cuyos datos técnicos aparecen en la página anterior, indica:

- a) Tipo de compresor

Espiral (Scroll)

- b) Fabricante y modelo

Bitzer Orbit GSD 60120VA

- c) Refrigerante

R-410A

- d) Temperaturas, presiones de evaporación y condensación, relación de compresión

$$\vartheta_E = 0^\circ C, \vartheta_C = 30^\circ C \quad R_C = \frac{p_C}{p_E} = \frac{18 \text{ bar}}{8 \text{ bar}} = 2,3$$

- e) Subenfriamiento y sobrecalentamiento

SE = 5K, SC = 8 K

- f) Caudal de masa indicado en la simulación

$$\dot{m} = 565 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,157 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- g) Potencia frigorífica y potencia de compresión obtenidas del diagrama p h

$$h_1 = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_2 = 365 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_{3/4} = 140 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_E = (h_1 - h_4) \cdot \dot{m} = 190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,157 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 29,8 \text{ kW}$$

$$\dot{P}_{comp} = (h_2 - h_1) \cdot \dot{m} = 35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,157 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 5,5 \text{ kW}$$

- h) Representa el ciclo frigorífico en el diagrama p h

i) Volumen desplazado a 2900 RPM

$$\dot{V}_{desplazado} = 19,8 \frac{m^3}{h} = 0,0055 \frac{m^3}{s}$$

j) Caudal de masa teórico

$$\dot{m} = \dot{V}_{desplazado} \cdot \rho_{aspiracion} = \frac{0,0055 \frac{m^3}{s}}{0,035 \frac{m^3}{kg}} = 0,157 \frac{kg}{s}$$

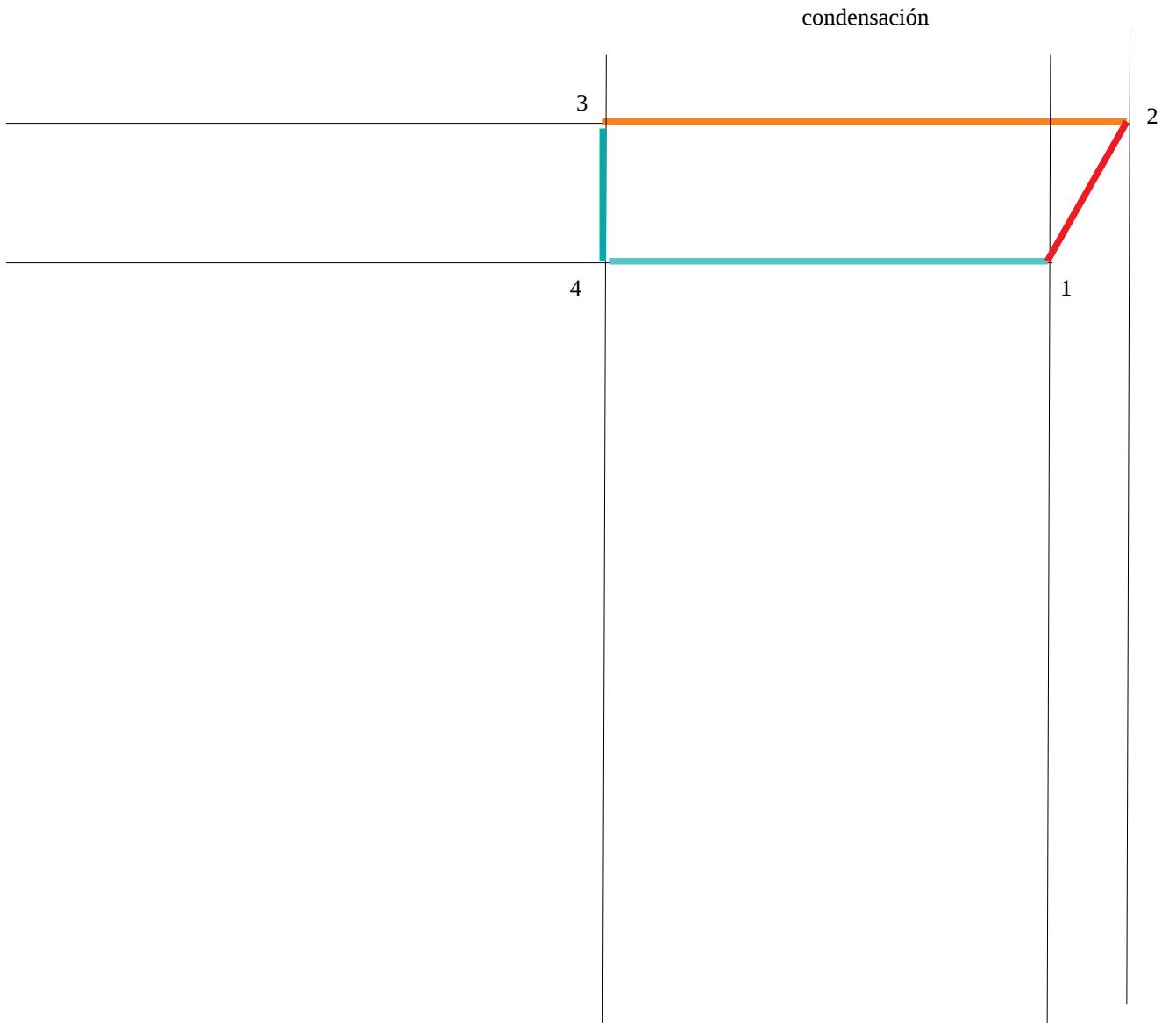
k) Rendimiento volumétrico

$$\eta_{volumetrico} = \frac{\dot{V}_{simulacion}}{\dot{V}_{desplazado}} = \frac{\dot{m}_{simulacion}}{\dot{m}_{teorico}} = \frac{0,157 \frac{kg}{s}}{0,157 \frac{kg}{s}} = 1$$

l) $EER = \frac{\dot{Q}_E}{P_{comp}} = \frac{29,8 kW}{5,5 kW} = 5,4$

m) Temperatura de descarga

$$\vartheta_{descarga} = 59,8^\circ C$$



Ejercicio 2.4-1

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 $\dot{V}_{aire}=1925\frac{\text{m}^3}{\text{h}}=0,535\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$. La superficie del condensador es de $A=11,18\text{ m}^2$

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

La densidad del aire a $30\text{ }^\circ\text{C}$ 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 caudal de masa \dot{m}_{aire} .

$$\dot{m}_{aire}=\dot{V}\cdot\rho=0,535\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\cdot1,2\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}=0,642\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- La diferencia de temperatura entre el aire que entra y el que sale del condensador

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

$$\Delta T_{aire}=\frac{\dot{Q}_C}{c_p\cdot\dot{m}_{aire}}=\frac{6,629\text{ kW}}{1\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\cdot0,642\frac{\text{kg}}{\text{s}}}=10,3\text{ K}$$

- La temperatura de entrada del aire $\vartheta_{aire-entrada}$.

$$\vartheta_{aire-entrada} = \bar{\vartheta}_{aire} - \frac{\Delta T_{aire}}{2} = 30^{\circ}C - \frac{10,3\text{ K}}{2} = 24,85^{\circ}C$$

- El coeficiente de transmisión del condesador $c_{transmision}$ en $\frac{W}{m^2 \cdot K}$.

$$c_{transmision} = \frac{\dot{Q}_C}{A \cdot \Delta T} = \frac{6629\text{ W}}{11,18\text{ m}^2 \cdot 15\text{ K}} = 39,5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Ejercicio 2.4-2

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	1.400	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

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 $\bar{\vartheta}_{aire}=30^\circ C$.

La densidad del aire a $30^\circ C$ 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.

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_E + P_{comp} = 0,551\text{ kW} + 0,184\text{ kW} = 0,735\text{ kW} \rightarrow \text{H2-16} \rightarrow \dot{V} = 640 \frac{m^3}{h} = 0,178 \frac{m^3}{s}$$

- El caudal de masa del aire

$$\dot{m}_{aire} = \dot{V} \cdot \rho = 0,178 \frac{m^3}{s} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} = 0,213 \frac{kg}{s}$$

- La temperatura de entrada del aire

$$\Delta T_{aire} = \frac{\dot{Q}_c}{c_p \cdot \dot{m}_{aire}} = \frac{0,735 \text{ kW}}{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,213 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 3,45 \text{ K} \rightarrow$$

$$\vartheta_{aire-entrada} = \bar{\vartheta}_{aire} - \frac{\Delta T_{aire}}{2} = 30^\circ\text{C} - \frac{3,45 \text{ K}}{2} = 28,25^\circ\text{C}$$

Ejercicio 2.4-3

Para el compresor 2K9, 2K del ejemplo 2.1.2.2-1 con $\dot{Q}_E=5,8\text{ kW}$ y $P_c=1,491\text{ kW}$, 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

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

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

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.

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_E + P_{comp} = 5,8\text{ kW} + 1,491\text{ kW} = 7,291\text{ kW} \rightarrow \text{HCA-150K} \rightarrow \dot{V} = 2700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,75 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- El caudal de masa del aire

$$\dot{m}_{aire} = \dot{V} \cdot \rho = 0,75 \frac{m^3}{s} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} = 0,9 \frac{kg}{s}$$

- La temperatura de entrada del aire

$$\Delta T_{aire} = \frac{\dot{Q}_C}{c_p \cdot \dot{m}_{aire}} = \frac{7,291 \text{ kW}}{1 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 0,9 \frac{kg}{s}} = 8,1 K \rightarrow$$

$$\vartheta_{aire\text{-entrada}} = \bar{\vartheta}_{aire} - \frac{\Delta T_{aire}}{2} = 30 {}^\circ C - \frac{8,1 K}{2} = 25,95 {}^\circ C$$

Ejercicio 2.4-4

Para el compresor del ejemplo 2.1.2.2-2 con $\dot{Q}_E=2,6\text{ kW}$ y $P_c=1,5\text{ kW}$, elige el condensador adecuado de la tabla

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

Fuente tarifa Beijer pág. 519

$$\Delta T = \vartheta_C - \vartheta_{agua} = 10 K$$

Temperatura de condensación de $\vartheta_C = 25^\circ C$.

Calcula

- El flujo de calor \dot{Q}_C que debe ceder el condensador.

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_E + P_{comp} = 2,6\text{ kW} + 1,5\text{ kW} = 4,1\text{ kW} = 3531 \frac{kcal}{h} \rightarrow \text{modelo 200}$$

- El caudal de masa del agua

$$\dot{V} = 705 \frac{l}{h} = 705 \frac{kg}{h} = 0,196 \frac{kg}{s}$$

- La temperatura de entrada del agua

$$\Delta T_{agua} = \frac{\dot{Q}_c}{c_p \cdot \dot{m}_{agua}} = \frac{4,1 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,196 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 5 \text{ K} \rightarrow$$

$$\vartheta_{agua-entrada} = \bar{\vartheta}_{agua} - \frac{\Delta T_{agua}}{2} = 15^\circ\text{C} - \frac{5 \text{ K}}{2} = 12,5^\circ\text{C}$$

Ejercicio 2.6.2.1-1

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 $p_r = 1 b\ ar$.

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

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

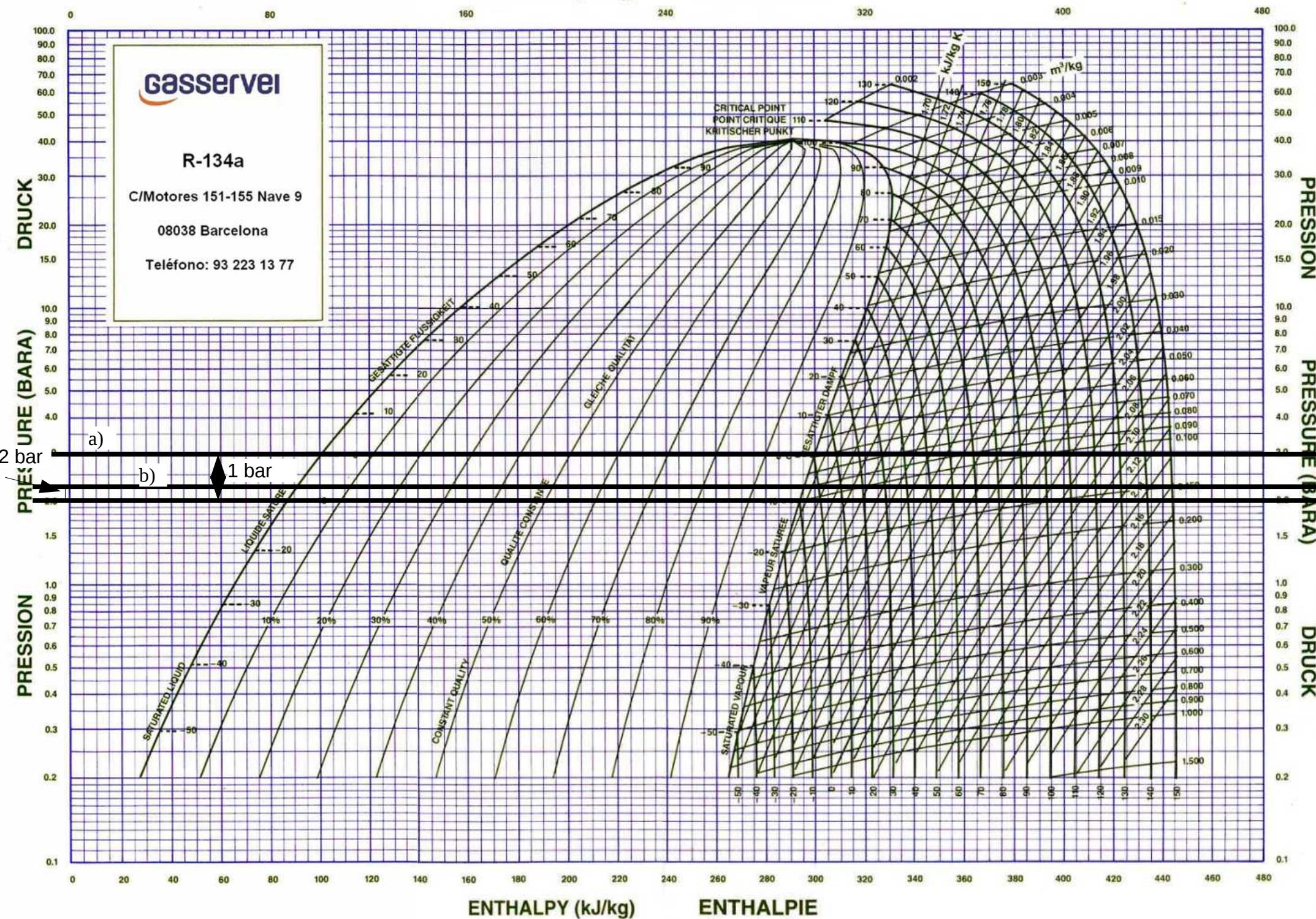
a) SC = 10 K

b) SC = 3 K

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

ENTHALPY (kJ/kg)

ENTHALPIE



Ejercicio 2.6.2.1-2

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

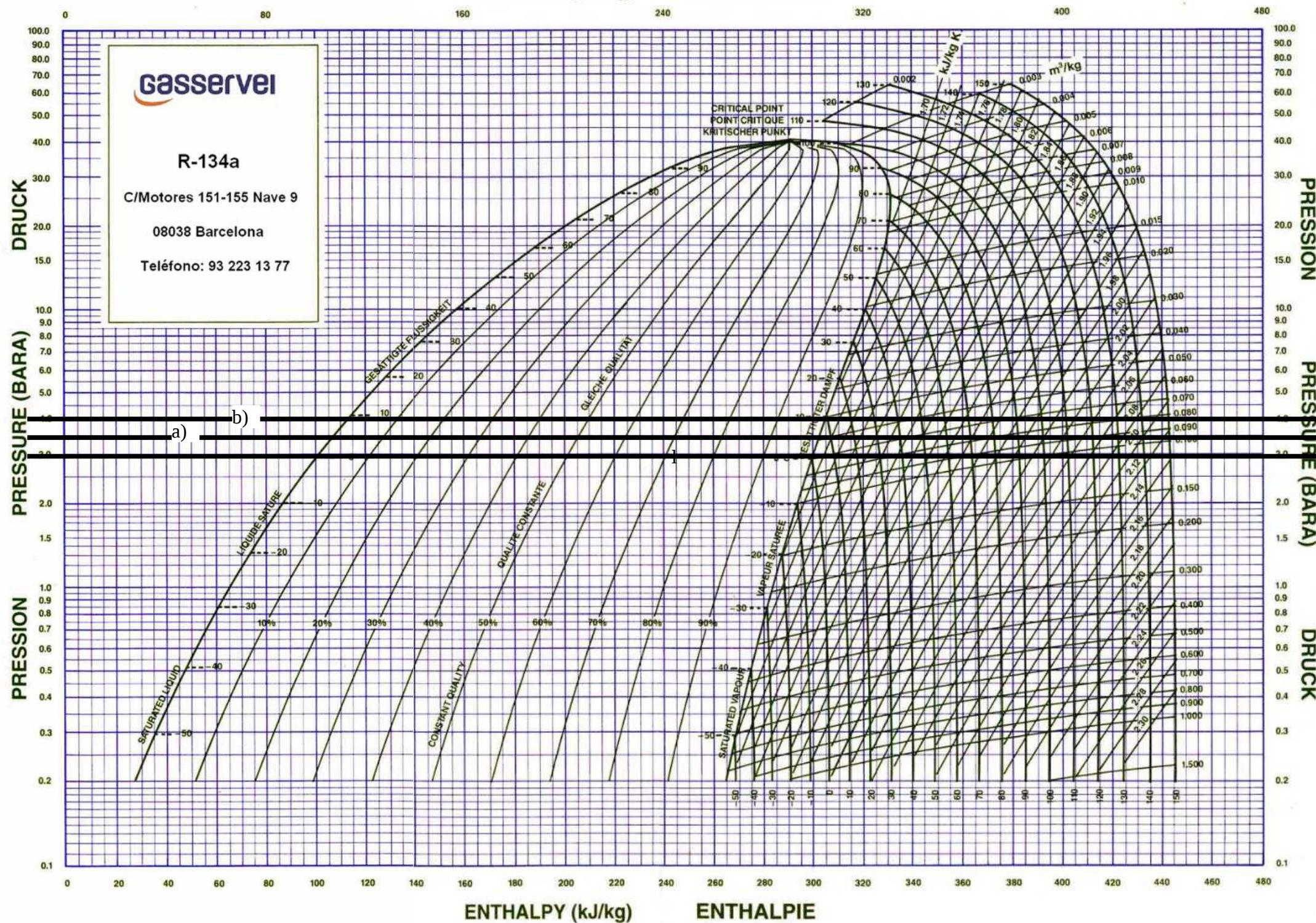
($p_b = p_E + p_r$) a una presión de evapòración de $p_E = 3 \text{ bar}$ y un sobrecalentamiento de 5 K.

a) Indica la presión del refrigerante en el bulbo y la presión que ejerce el resorte. $p_b = 3,5 \text{ bar}$,
 $p_r = 0,5 \text{ bar}$

b) Si se ajusta el resorte aumentando su presión a 1 bar, cual será el sobrecalentamiento? SC = 10 K

ENTHALPY (kJ/kg)

ENTHALPIE



Ejercicio 2.7-1

Indica qué tipos de compresores conoces.

Alternativos de pistón, rotativos de pistón rodante, paletas, tornillo, espiral

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

Un compresor rotativo, por ser más compacto que uno alternativo de igual potencia.

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

Un compresor alternativo de pistón, abierto o semihermético, por tener carcasa que permiten el acceso a platos de válvula y cilindros.

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

Ejercicio 2.7-2

Indica qué tipos de condensadores conoces.

Refrigerados por aire - condensadores de aletas

Refrigerados por agua - coaxiales a contracorriente y multitubulares

Ejercicio 2.7-3

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

El refrigerado por agua, porque la densidad y capacidad calorífica específica del agua son mayores.

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

Por ejemplo, para ceder $\dot{Q}_C = 1 \text{ kW}$, con $\vartheta_{\text{entrada}} = 15^\circ\text{C}$ y $\vartheta_{\text{salida}} = 25^\circ\text{C}$ $\rightarrow \Delta T = 10 \text{ K}$ el caudal de agua es

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{\dot{Q}_C}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{1 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 10 \text{ K}} = 0,024 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 86 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{\text{agua}} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{0,024 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,000024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,086 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

y el de aire

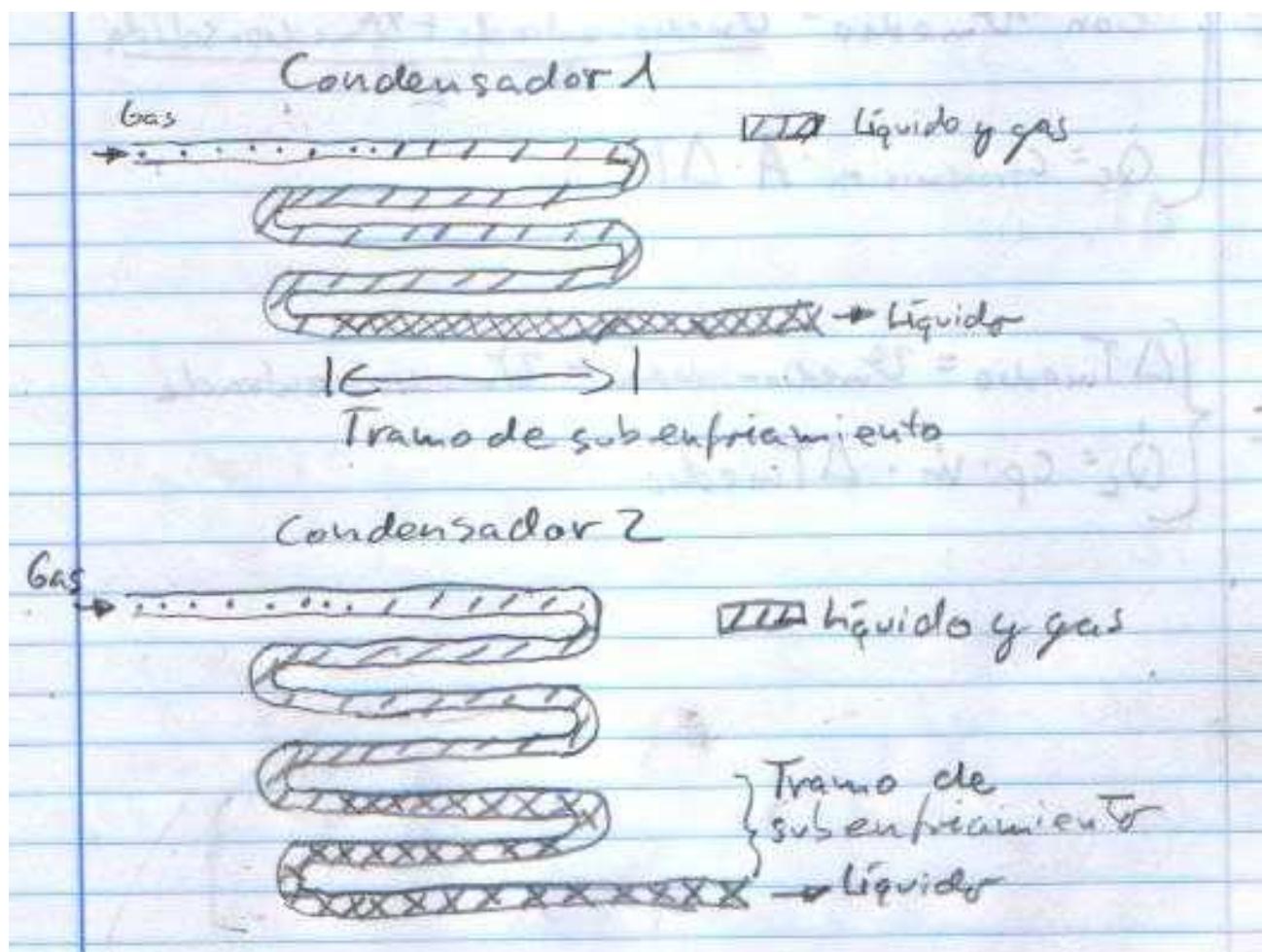
$$\dot{m}_{\text{aire}} = \frac{\dot{Q}_C}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{1 \text{ kW}}{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 10 \text{ K}} = 0,1 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 360 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{\text{aire}} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{0,1 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,083 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 300 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Ejercicio 2.7-4

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

La diferencia de capacidad entre condensadores está dada por sus superficies de intercambio es decir, sus dimensiones (tamaño). Una vez condensado por completo el refrigerante, en el condensador de mayor capacidad se producirá un subenfriamiento mayor que en el de menor capacidad.



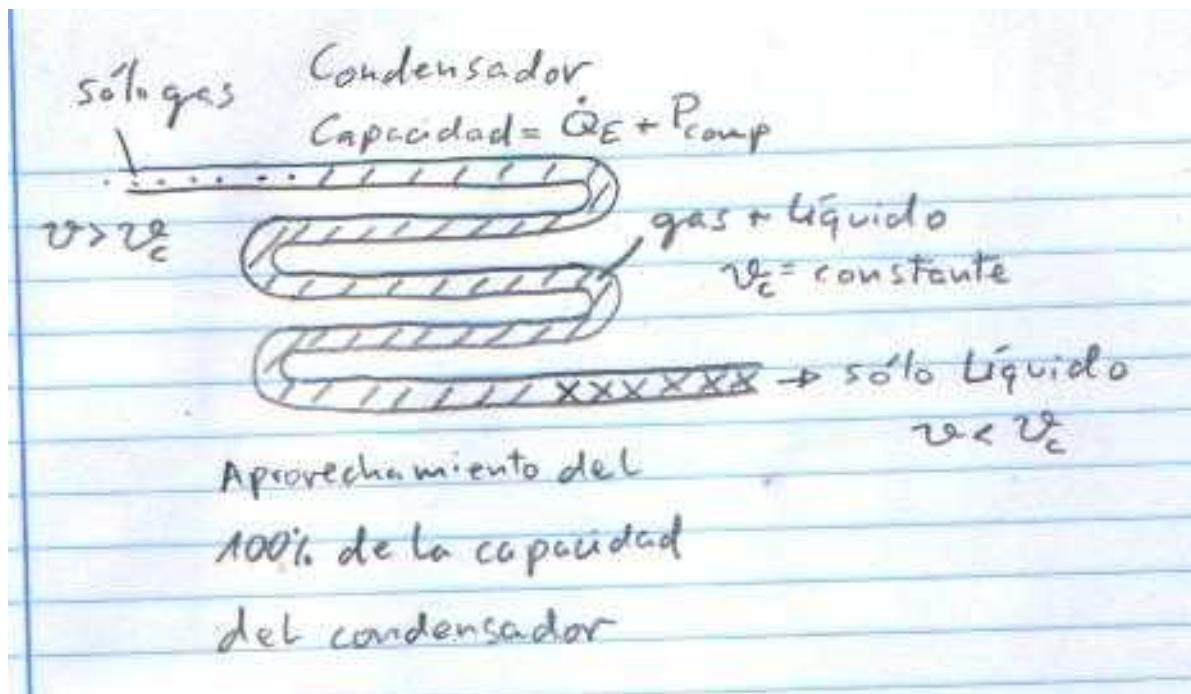
Ejercicio 2.7-5

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

Multitubular.

Ejercicio 2.7-6

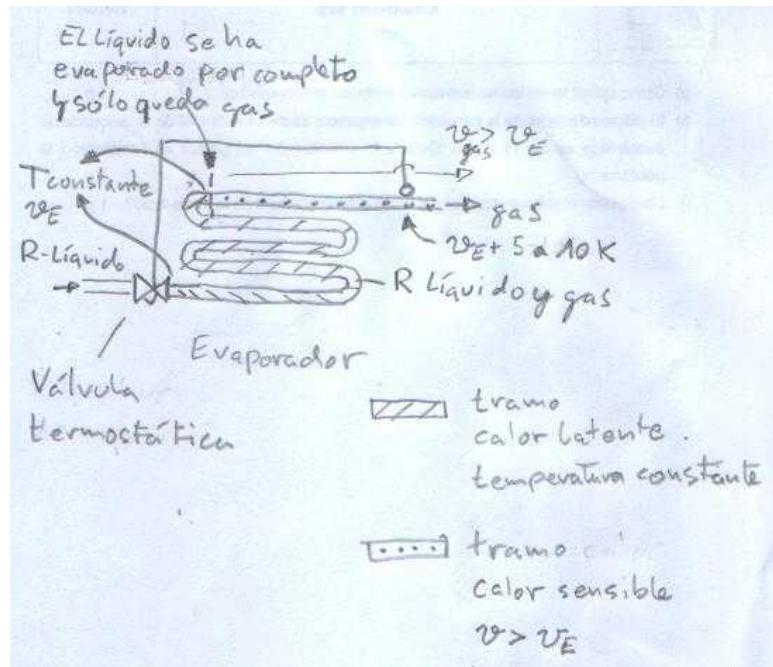
Explica el funcionamiento de un condensador, indicando como evoluciona la temperatura, el estado y la presión del refrigerante, desde la entrada a la salida.



El refrigerante entra en el condensador en forma de gas sobre calentado, se enfria hasta llegar a la temperatura de condensación, condensa a temperatura constante, transformándose en líquido hasta que no queda gas y sale del condensador en forma de líquido subenfriado.

Ejercicio 2.7-7

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



El refrigerante entra al evaporador en forma de mezcla de gas y líquido, a la temperatura de evaporación y el líquido evapora durante su recorrido. En el tramo final del evaporador, el gas refrigerante, ya sin resto de líquido, aumenta su temperatura (sobrecalentamiento).

Ejercicio 2.7-8

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?

El flujo de calor que absorbe el evaporador se reduce, debido a que la escarcha reduce la superficie de intercambio térmico. Al recibir menos calor, bajan la presión del refrigerante y la temperatura de evaporación.

Ejercicio 2.7-9

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

El tubo capilar causa una caída de presión del refrigerante debido a su reducido diámetro y su longitud. A menor diámetro y mayor longitud del tubo capilar, mayor será la caída de presión.

¿En qué tipos de instalaciones se utiliza?

En equipos compactos y de pequeña potencia frigorífica como frigoríficos, vitrinas refrigeradas, deshumidificadores o aires acondicionados portátiles

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

En cargar la cantidad exacta de refrigerante indicada en la placa de características.

Ejercicio 2.7-10

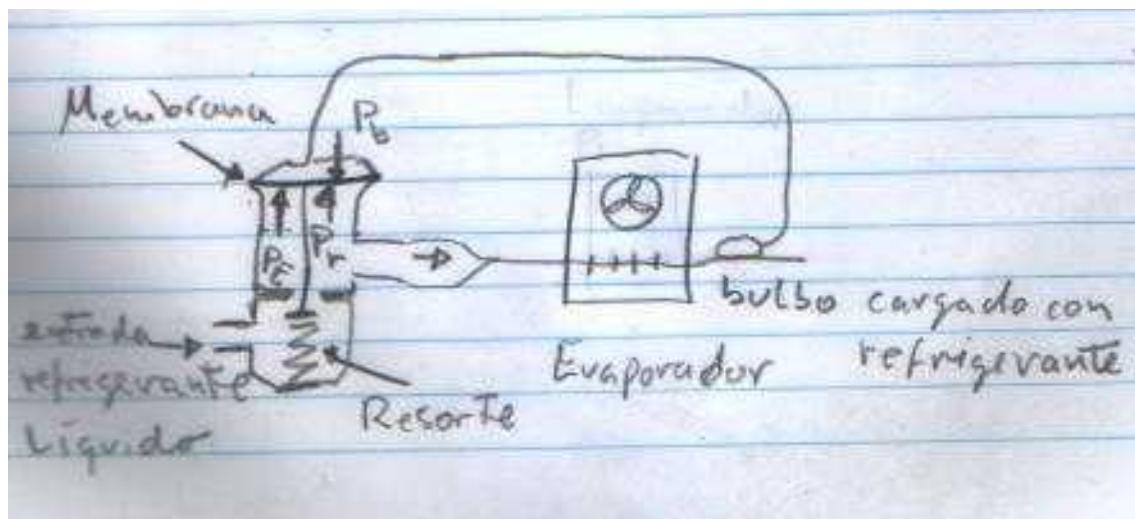
¿En una instalación se ha sustituido el tubo capilar por otro de menor diámetro. Cómo afecta al sobrecalentamiento?

El tubo capilar de menor diámetro deja pasar menos refrigerante, esto hace que el sobrecalentamiento aumente.

Ejercicio 2.7-11

Explica el funcionamiento de una VET.

En una VET una aguja móvil regula el paso del refrigerante por un orificio. La posición de la aguja reguladora del caudal de refrigerante está determinada por una membrana sobre la que actúan tres presiones. La presión del refrigerante en el evaporador y la presión de un resorte tienden a cerrar el paso del refrigerante. A estas presiones de cierre se opone la presión del bulbo, que está dada por el sobrecalentamiento del refrigerante a la salida del evaporador. Las VET están ajustadas para que el sobrecalentamiento mantenga un valor constante.



Ejercicio 2.7-12

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

Cuando en la entrada del evaporador y la salida del evaporador se produzca una caída de presión, como es el caso en evaporadores con varias tomas de refrigerante, en los que se utilizan distribuidores

- b) ¿Qué pasaría si una VET con igualación de presión externa se sustituye por una con igualación interna?

La presión de evaporación que actúa sobre la VET con i.i. cerrándola sería la de la entrada del evaporador, mayor que la presión a la salida del evaporador que actuaría sobre la VET con i.e.. Esto significa que la presión de cierre sobre la válvula sería mayor y el sobrecalentamiento aumentaría. La potencia frigorífica del evaporador bajaría por no estar aprovechado óptimamente.

Ejercicio 2.7-13

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

La presión del bulbo, que tiende a abrir la válvula desaparece y esta queda cerrada debido a las presiones de evaporación y del resorte. Si la válvula deja de inyectar refrigerante cae la presión de aspiración y aumenta la de descarga. Llegaría un momento en que un presostato desconectaría la instalación.

Ejercicio 2.7-14

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

La presión del resorte tiende a cerrar la válvula. La válvula quedaría en una posición fija abierta, ya que las presiones de evaporación y del bulbo son aproximadamente iguales. El sobrecalentamiento se reduciría y posiblemente llegase refrigerante líquido a la tubería de aspiración. Existiría el riesgo de un golpe de líquido en el compresor.

Ejercicio 2.7-15

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

La presión del resorte tiende a cerrar la válvula. Si se aumenta su presión, se aumenta el sobrecalentamiento del refrigerante a la salida del evaporador.

Ejercicio 2.7-16

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

($p_b = p_E + p_r$) a una presión de evaporación de $p_E = 2,5 \text{ bar}$ con un sobrecalentamiento de 15 K.

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

$$p_E = 2,5 \text{ bar} \rightarrow \vartheta_E = -4,28^\circ\text{C} \rightarrow \vartheta_{E-\text{salida}} = 10,72^\circ\text{C} \rightarrow p_b = 4,25 \text{ bar} \rightarrow$$

$$p_r = p_b - p_E = 4,25 \text{ bar} - 2,5 \text{ bar} = 1,75 \text{ bar}$$

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

$$p_b = p_E + p_e = 2,5 \text{ bar} + 0,5 \text{ bar} = 3 \text{ bar} \rightarrow \vartheta_{E-\text{salida}} = 0,7^\circ\text{C} \rightarrow$$

$$SC = 0,7^\circ\text{C} - (-4,28^\circ\text{C}) = 4,98 \text{ K}$$

Ejercicio 2.7-18

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

La temperatura del bulbo será mayor de lo que sería si estuviese correctamente aislada. La presión p_B sería mayor de lo debido y el sobrecalentamiento se reduciría respecto al de diseño. Peligro de golpe de líquido.

Ejercicio 2.7-19

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?

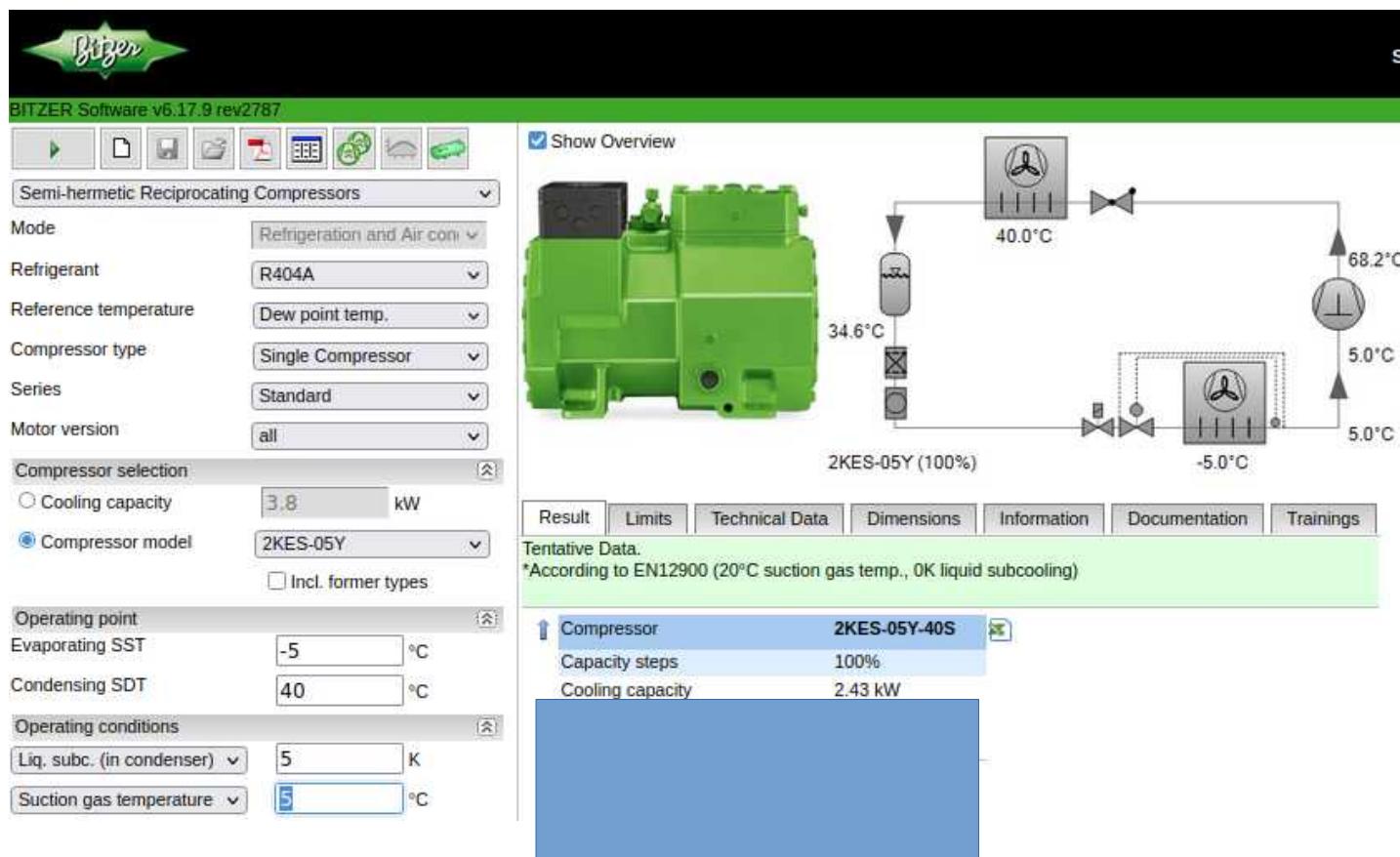
A la entrada del evaporador la presión es $p_{E-\text{entrada}} = 2 \text{ bar} \rightarrow \vartheta_{E-\text{entrada}} = -10^\circ\text{C}$

Sobrecalentamiento ajustado a 10 K → $\vartheta_{bulbo} = 0^\circ\text{C} \rightarrow p_{bulbo} = 2,9 \text{ bar}$

Debido a que la presión en la posición del bulbo es 0,5 bar más baja que en la válvula, esta cierra, hasta que a la salida del evaporador la temperatura alcance 0 °C y la presión en el bulbo sea suficiente para abrir la válvula. Esto significa que el tramo de sobrecalentamiento en el evaporador aumenta y se reduce el tramo en el que refrigerante líquido evapora. La consecuencia es una reducción de la potencia frigorífica y aumento del sobrecalentamiento.

Ejercicio 2.9-1

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



Dibuja el ciclo en el diagrama p h

$$h_1 = 275 \frac{kJ}{kg}, \quad h_2 = 315 \frac{kJ}{kg}, \quad h_{3/4} = 150 \frac{kJ}{kg}$$

Calcula el caudal de masa del refrigerante (real).

$$\dot{m}_{real} = \frac{\dot{Q}_E}{Q_E} = \frac{2,43 \text{ kW}}{140 \frac{kJ}{kg}} = 0,0174 \frac{kg}{s}$$

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

$$P_{comp} = W_C \cdot \dot{m} = 45 \frac{kJ}{kg} \cdot 0,0174 \frac{kg}{s} = 0,781 \text{ kW}$$

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.

$$V_{cilindro} = 3,14 \cdot radio^2_{cilindro} \cdot carrera = 3,14 \cdot (15\text{ mm})^2 \cdot 33\text{ mm} = 23314,5\text{ mm}^3 = 0,0000233\text{ m}^3$$

$$\dot{V}_{desplazado} = N \cdot RMP \cdot V_{cilindro} = 2 \cdot 1450 \frac{1}{min} \cdot 0,0000233\text{ m}^3 = 0,0676 \frac{m^3}{min} = 4,05 \frac{m^3}{h} = 0,00113$$

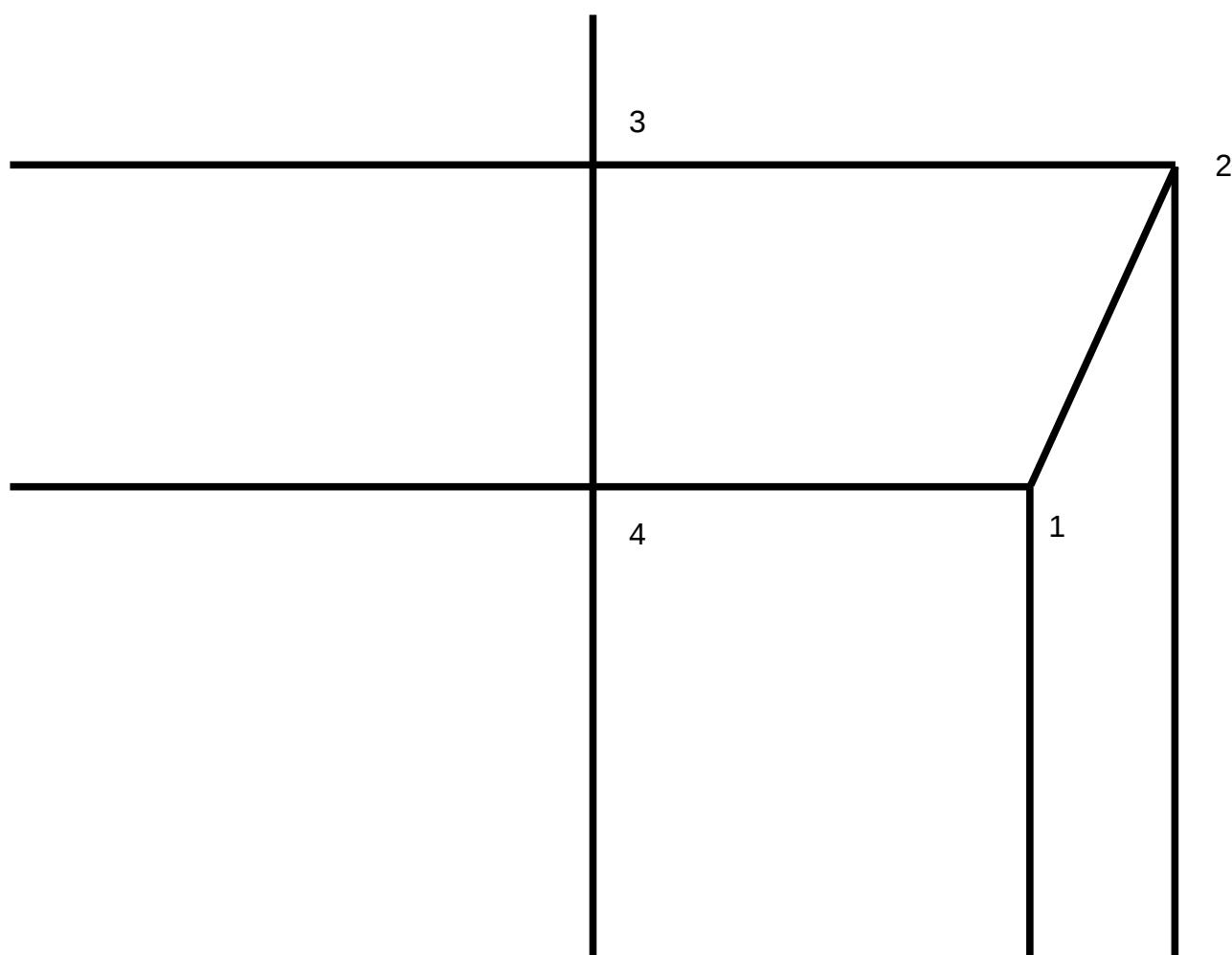
Calcula el rendimiento volumétrico

$$\dot{m}_{teorico} = \frac{\dot{V}_{desplazado}}{V_{específico}} = \frac{0,00113 \frac{m^3}{s}}{0,04 \frac{m^3}{kg}} = 0,0282 \frac{kg}{s}$$

$$\eta_{volumetrico} = \frac{\dot{m}_{real}}{\dot{m}_{teorico}} = \frac{0,0174 \frac{kg}{s}}{0,0282 \frac{kg}{s}} = 0,61 \rightarrow 61\%$$

Indica la eficiencia del ciclo.

$$EER = \frac{\dot{Q}_E}{P_{comp}} = \frac{2,43\text{ kW}}{0,781\text{ kW}} = 3,1$$



Elije el evaporador adecuado suponiendo una temperatura media del aire en el evaporador de

$$\bar{\vartheta}_{aire} = 1^{\circ}C \quad \text{y una densidad del aire de } \rho_{aire} = 1,3 \frac{kg}{m^3} .$$

Datos de los evaporadores SER

Modelo	Sup. (m ²)	Ventilación				Tensión (V)	Consumo max.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	230Vac	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

$$\Delta T = \bar{\vartheta}_{aire} - \bar{\vartheta}_C = 1^{\circ}C - (-5^{\circ}C) = 6 K \rightarrow \text{SR 4-6} \rightarrow \dot{V}_{aire} = 3400 \frac{m^3}{h} = 0,944 \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{m}_{aire} = \dot{V}_{aire} \cdot \rho_{aire} = 0,944 \frac{m^3}{s} \cdot 1,3 \frac{kg}{m^3} = 1,23 \frac{kg}{s}$$

Calcula la temperatura de entrada y salida del aire del evaporador con $c_{p-aire} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$.

$$\dot{Q}_E = c_{p-aire} \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{aire} \rightarrow \Delta T_{aire} = \frac{\dot{Q}_E}{c_{p-aire} \cdot \dot{m}} = \frac{2,43 kW}{1 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 1,23 \frac{kg}{s}} = 1,98 K \approx 2 K$$

$$\rightarrow \vartheta_{aire-entrada} = 2^{\circ}C \quad \text{y} \quad \vartheta_{aire-salida} = 0^{\circ}C$$

Elije el condensador adecuado para la instalación



CONDENSADORES DE AIRE FORZADO



Código	Modelo	Tubos	Dimensiones (mm)			Ptos. (W) At = 15°C	Sup. m²	€	Ventiladores (OPCIONAL)						
			A	B	C				Nº	Cód. pala	Cód. moto	m³/h			
MF 05 200	CA 16	8 x 2	87	270	230	600	1,1	47,66	1	WE04415	WE04406	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	WE04417	WE04407	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				2	WE04417	WE04406	700
MF 05 231	CD 30	10 x 3	110	600	278	2158	4,77	161,84							
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							WE04408
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

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

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_E + P_{\text{comp}} = 2,43 \text{ kW} + 0,781 \text{ kW} = 3,21 \text{ kW} \rightarrow \text{CD50} \rightarrow \dot{V} = 1100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,306 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \dot{V}_{\text{aire}} \cdot \rho_{\text{aire}} = 0,306 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,367 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

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

$$\bar{\vartheta}_{aire} = 40^{\circ}\text{C} - 15\text{ K} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{Q}_E = c_{p-air} \cdot \dot{m} \cdot \Delta T_{aire} \rightarrow \Delta T_{aire} = \frac{\dot{Q}_C}{c_{p-air} \cdot \dot{m}} = \frac{3,21\text{ kW}}{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,367 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 8,75\text{ K} \approx 8,8\text{ K}$$

$$\rightarrow \vartheta_{aire-entrada} = 21,6^{\circ}\text{C} \quad \text{y} \quad \vartheta_{aire-salida} = 29,4^{\circ}\text{C}$$

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

Elemento termostático ref 068Z3405

Orificio 02 ref 068 2015

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	Gama B -60 a -25°C	
			m	in. x in.	mm x mm	Sin MOP	MOP +15°C	MOP 0°C	MOP -10°C	Sin MOP	MOP -20°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	
			m			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.	068Z3329	068Z3329			
	TZ 2	-	1.5	10 mm	12 mm	068Z3502	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	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	068Z3424	068Z3437	068Z3426
	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		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	068-2002	068-2089
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	068-2003	068-2090
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	068-2010	068-2091
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	068-2015	068-2092
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	068-2006	068-2093
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	068-2007	068-2094
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	068-2008	068-2095
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	068-2009	068-2096

La capacidad nominal está basada en: Temperatura de evaporación te = +5°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⁾
1/8 in.	068-2062
6 mm	068-2063
6 mm	068-4101 ²⁾
1/8 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.

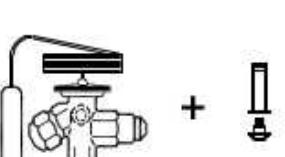
Capacidades

Tipo de válvula/ Orificio	Temp. cond. ⁱⁱ⁾ [°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 / ØK	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 / Ø0	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 / Ø6		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 / ØX		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 / Ø0		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 / Ø1		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 / Ø2		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 / Ø3		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 / Ø4	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 / Ø5		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 / Ø6		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 / ØX		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 / Ø0		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 / Ø1		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 / Ø2		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 / Ø3	55	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 / Ø4		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 / Ø5		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 / Ø6		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 / ØX		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 / Ø0		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 / Ø1		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 / Ø2	55	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 / Ø3		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 / Ø4		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 / Ø5		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 / Ø6		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

ⁱⁱ⁾ 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 $Q_{\text{nom}} = 10 \text{ kW}$ $t_e = 0^\circ\text{C}$ $t_c = 55^\circ\text{C}$ $\Delta t_{\text{ub}} = 25 \text{ K}$</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. $10 \text{ kW} / 1.27 = 7.9 \text{ kW} \rightarrow T_2, \text{Orificio } 03$ 	
---	--

