

Trabajo autónomo 11 - solución

Unidad 2.1

Ejercicio 2.1.2.2-1

Un compresor Bitzer, modelo 4FCD 5Y, trabaja en las siguientes condiciones:

Refrigerante R410A

$$v_C = 55^\circ\text{C}$$

$$v_E = 0^\circ\text{C}$$

$$SE = 10\text{ K}$$

$$SC = 10\text{ K}$$

1. Utiliza el programa de simulación Bitzer software para obtener la potencia frigorífica \dot{Q}_E , el número y dimensiones de los cilindros, las rpm y las dimensiones de las tomas de aspiración y descarga.
2. Calcula el caudal de masa utilizando los datos del diagrama ph
3. Dibuja el ciclo en el diagrama p h
4. Calcula la eficiencia del ciclo
5. Calcula el volumen desplazado (frecuencia de 50 Hz) y el rendimiento volumétrico
6. Calcula la velocidad del refrigerante en aspiración y descarga (grosor de pared del tubo 1 mm)
7. Adjunta capturas de pantalla de los programas de simulación Bitzer software y Solkane con los resultados de las simulaciones, utilizando los parámetros del enunciado.

1. Información obtenida con el programa de simulación Bitzer software

$$\dot{Q}_E = 11,09\text{ kW}$$

4 cilindros de 41 mm de diámetro y 27 mm de carrera

1450 revoluciones por minuto

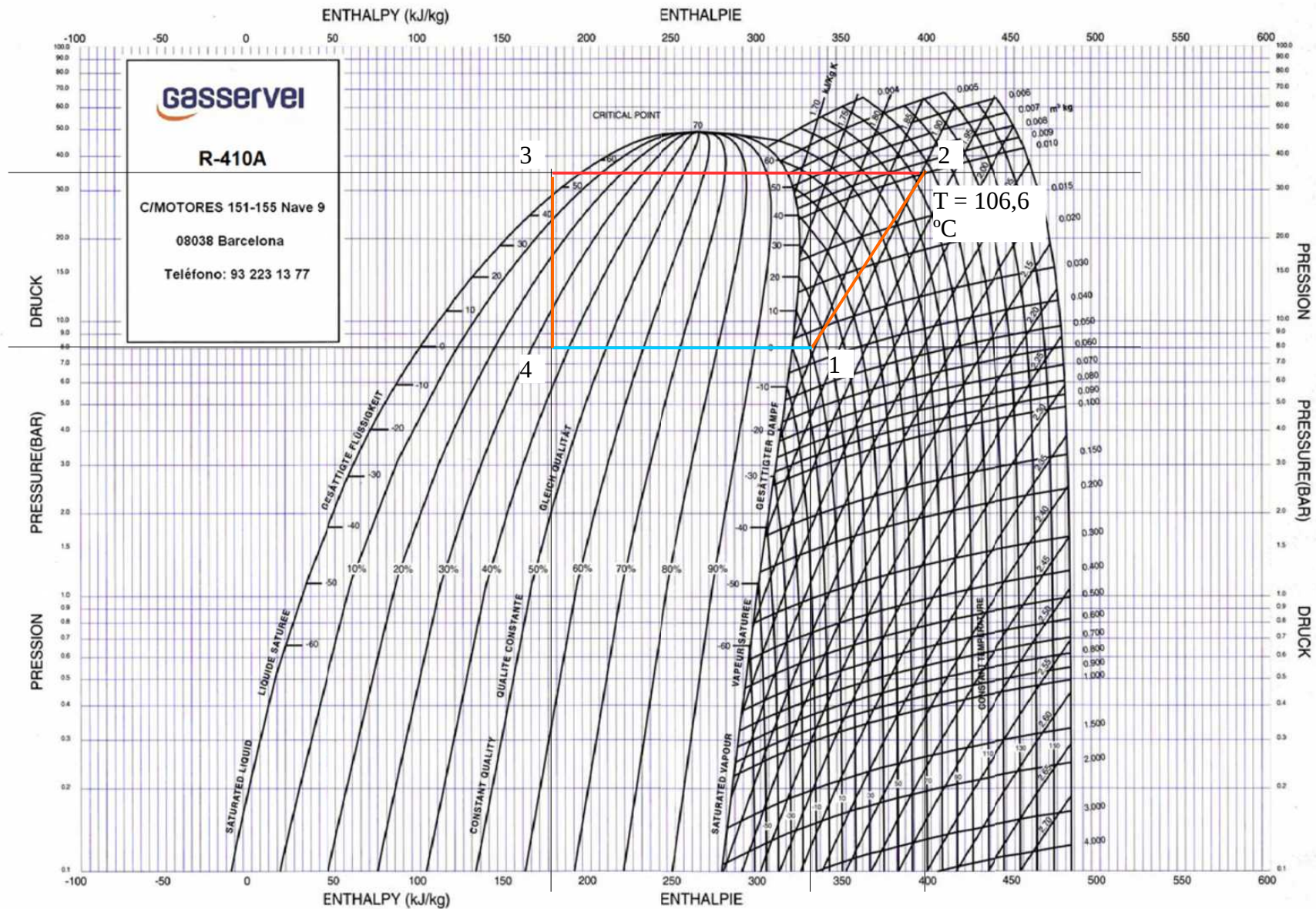
Toma de aspiración 22 mm

Toma de descarga 16 mm

2. Cálculo del caudal de masa

$$h_1 = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h_{3/4} = 183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}_E}{h_1 - h_{3/4}} = \frac{11,09\text{ kW}}{150 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,0739 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

3. Representación del ciclo en el diagrama ph



4. Calcula la eficiencia del ciclo

$$P_{comp} = W_{comp} \cdot \dot{m} = (h_2 - h_1) \cdot \dot{m} = \left(400 \frac{kJ}{kg} - 333 \frac{kJ}{kg} \right) \cdot 0,074 \frac{kg}{s} = 4,96 kW$$

$$EER = \frac{\dot{Q}_E}{P_{comp}} = \frac{11,09 kW}{4,96 kW} = 2,24$$

5. Calcula el volumen desplazado y el rendimiento volumétrico

4 cilindros de 41 mm de diámetro y 27 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

$$A = 3,14 \cdot (0,0205 m)^2 = 0,00132 m^2$$

$$\dot{V}_{vol\ despl} = A \cdot s \cdot N \cdot \frac{RPM}{60} = 0,00132 m^2 \cdot 0,027 m \cdot 4 \cdot \frac{1450 \frac{1}{min}}{60 \frac{s}{min}} = 0,00345 m^3 \frac{1}{s} = 12,4 m^3 \frac{1}{h}$$

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

Caudal de volumen en la aspiración.

$$v_1 = 0,035 \frac{m^3}{kg} \text{ volumen específico obtenido del diagrama p h}$$

$$\dot{V}_1 = v_1 \cdot \dot{m} = 0,035 \frac{m^3}{kg} \cdot 0,074 \frac{kg}{s} = 0,00259 \frac{m^3}{s}$$

Rendimiento volumétrico

$$\eta_{vol\ despl} = \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_{vol\ despl}} = \frac{0,00259 \frac{m^3}{s}}{0,00345 \frac{m^3}{s}} = 0,75 = 75 \%$$

6. Calcula la velocidad del refrigerante en aspiración y descarga

Toma de aspiración 22 mm → diámetro interior 20 mm

Toma de descarga 16 mm → diámetro interior 14 mm

(datos obtenidos de la simulación de Bitzer – grueso pared tubo 1 mm, indicado en el enunciado)

Velocidad del refrigerante en la aspiración

$$A = 3,14 \cdot (10 \text{ mm})^2 = 314 \text{ mm}^2 = 0,000314 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,00259 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,000314 \text{ m}^2} = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal volumétrico en la descarga

$$v_2 = 0,01 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \text{ volumen específico en la descarga}$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m} \cdot v_2 = 0,074 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0,01 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 0,00074 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Velocidad del refrigerante en la descarga

$$A = 3,14 \cdot (0,007 \text{ m})^2 = 0,000154 \text{ m}^2$$

$$v_2 = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,00074 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,000154 \text{ m}^2} = 4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

7. Capturas de pantalla Bitzer y Solcane



BITZER SOFTWARE

Result

Limits

Technical Data

Dimensions

Accessories

Informa

Reciprocating Compressors, Semi-Hermetic

Mode

Refrigeration and air c...

Refrigerant

R410A

Reference temperature

Dew point temp.

Compressor type

Single Compressor

Series

Standard

Motor version

all

Compressor selection

Cooling capacity

16

kW

Compressor model

4FDC-5Y

Incl. former types

Operating point

Evaporating SST

0

°C

Condensing SDT

55

°C

Operating conditions

Liq. subc. (in condenser)

10

K

Suction gas temperature

10

°C

Useful superheat

100

%

Operating mode

Auto

Capacity control

without

VARISTEP

Auto

Stepped

100%

Power supply

Supply frequency

50Hz

Supply voltage

400V-Y (40S)

44,9°C

55,0°C

106,6°C

10,0°C

10,0°C

0,0°C

4FDC-5Y (100%)

Next →

Compressor

4FDC-5Y-40S

Capacity steps

100%

Cooling capacity

11,09 kW

Cooling capacity *

9,77 kW

Evaporator capacity

11,09 kW

Power input

4,79 kW

Current (400V)

8,85 A

Voltage range

380-420V

Condenser capacity

15,88 kW

COP/EER

2,31

COP/EER *

2,04

Mass flow

255 kg/h

Operating mode

Standard

Discharge gas temp. w/o cooling

106,6 °C

>> Additional Information

#1

*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

BITZER SOFTWARE

Result

Limits

Technical Data

Dimensions

Accessories

Information

Documentation

Reciprocating Compressors, Semi-Hermetic

Mode

Refrigeration and air c...

Refrigerant

R410A

Reference temperature

Dew point temp.

Compressor type

Single Compressor

Series

Standard

Motor version

all

Compressor selection

Cooling capacity

16

kW

Compressor model

4FDC-5Y

Incl. former types

Operating point

Evaporating SST

0

°C

Condensing SDT

55

°C

Operating conditions

Liq. subc. (in condenser)

10

K

Suction gas temperature

10

°C

Useful superheat

100

%

Operating mode

Auto

Capacity control

without

VARISTEP

Auto

Stepped

100%

4FDC-5Y

Technical Data

Displacement (1450rpm 50Hz)

12,4 m3/h

Displacement (1750rpm 60Hz)

15 m3/h

No. of cylinder x bore x stroke

4 x 41 mm x 27 mm

Weight

105 kg

Max. pressure (LP/HP)

25 / 42 bar

Connection suction line

22 mm - 7/8"

Connection discharge line

16 mm - 5/8"

Oil type R410A

BSE55 (Standard)

Motor Data

Motor voltage (more on request)

380-420V Y-3-50Hz

Max. operating current

10.6 A

Starting current (Rotor locked)

62.2 A

Max. power input

6,4 kW

Extent Of Delivery (Standard)

Motor protection

SE-B3(Standard), SE-B2(Option)

Enclosure class

IP65

Vibration dampers

Standard








Oil charge

2,00 dm³

SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 410A]

Fichero Medio refrigerante Cálculo Opciones Ventana Ayuda www Indicación

R22 R23 R32 R123 R124 R125 R134a R143a R152a R227 R365mfc R404A R407A R407C R409A R410A

SOLKANE® 410A     t_c 71.36 °C    Datos de materiales
 p_c 49.03 bar
 v_c 2.176 dm³/kg

Vaporizador Temperatura 0.00 °C Recalentamiento 10.00 K Pérdida de presión 0.00 bar Capacidad frigorífica 11.1 kW

Condensador Temperatura 55.00 °C Subenfriamiento 10.00 K Pérdida de presión 0.00 bar

Compresor Rendimiento isotrópico 0.650 ☐ Auto

Circulación (F2) Parámetro de emisión (F3) Índices funcionales (F4) Dimensionamiento de tubo (F5)








Potencias Proceso de una etapa

Vaporizador	11.1 kW	Índice de compresión	4.30
Condensador	15.8 kW	Diferencia de presión	26.33 bar
Compresor	4.73 kW	Caudal másico	71.20 g/s
		Caudal de volumen desplazado	8.96 m³/h
		Potencia de enfriamiento volúm.	4461 kJ/m³
Conducto de gas por aspiración	0.000 kW	Índice de potencia de enfriamiento	2.35
Conducto de gas de presión	0.000 kW		

SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 410A]

Fichero Medio refrigerante Cálculo Opciones Ventana Ayuda www Indicación

R22 R23 R32 R123 R124 R125 R134a R143a R152a R227 R365mfc R404A R407A R407C R409A R410A R507

SOLKANE® 410A     t_c 71.36 °C    Datos de materiales
 p_c 49.03 bar
 v_c 2.176 dm³/kg

Vaporizador Temperatura 0.00 °C Recalentamiento 10.00 K Pérdida de presión 0.00 bar Capacidad frigorífica 11.1 kW

Condensador Temperatura 55.00 °C Subenfriamiento 10.00 K Pérdida de presión 0.00 bar

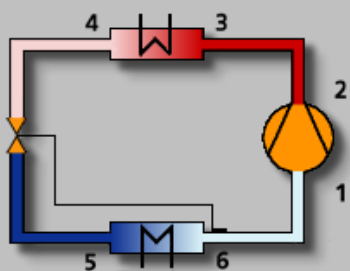
Compresor Rendimiento isotrópico 0.650 ☐ Auto

Condu Re Pérc Condu Pérc

Circulación (F2) Parámetro de emisión (F3) Índices funcionales (F4) Dimensionamiento de tubo (F5)

	p	t	v	h	s	x
Punto	bar	°C	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kgK	--
1	7.98	10.00	34.95	431.60	1.8473	
2s	34.31	87.98	9.01	474.79	1.8473	
2	34.31	106.06	10.11	498.04	1.9102	
3	34.31	106.06	10.11	498.04	1.9102	
3'	34.31	55.00	6.00	418.20	1.6822	
3"4'm	34.31	54.95	3.58	357.39	1.4971	
4'	34.31	54.90	1.16	296.58	1.3121	
4	34.31	44.90	1.06	275.69	1.2503	
5	7.98	-0.07	11.77	275.69	1.2770	0.342
56"m	7.98	-0.03	22.25	348.46	1.5435	
6"	7.98	0.00	32.73	421.23	1.8100	
6	7.98	10.00	34.95	431.60	1.8473	

Proceso de una etapa



Solkane® 410A

- Isotermas [°C]
 - Isocóricas [m³/kg]
 - Isentrópicas [kJ/kgK]
- SOLVAY**

