

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

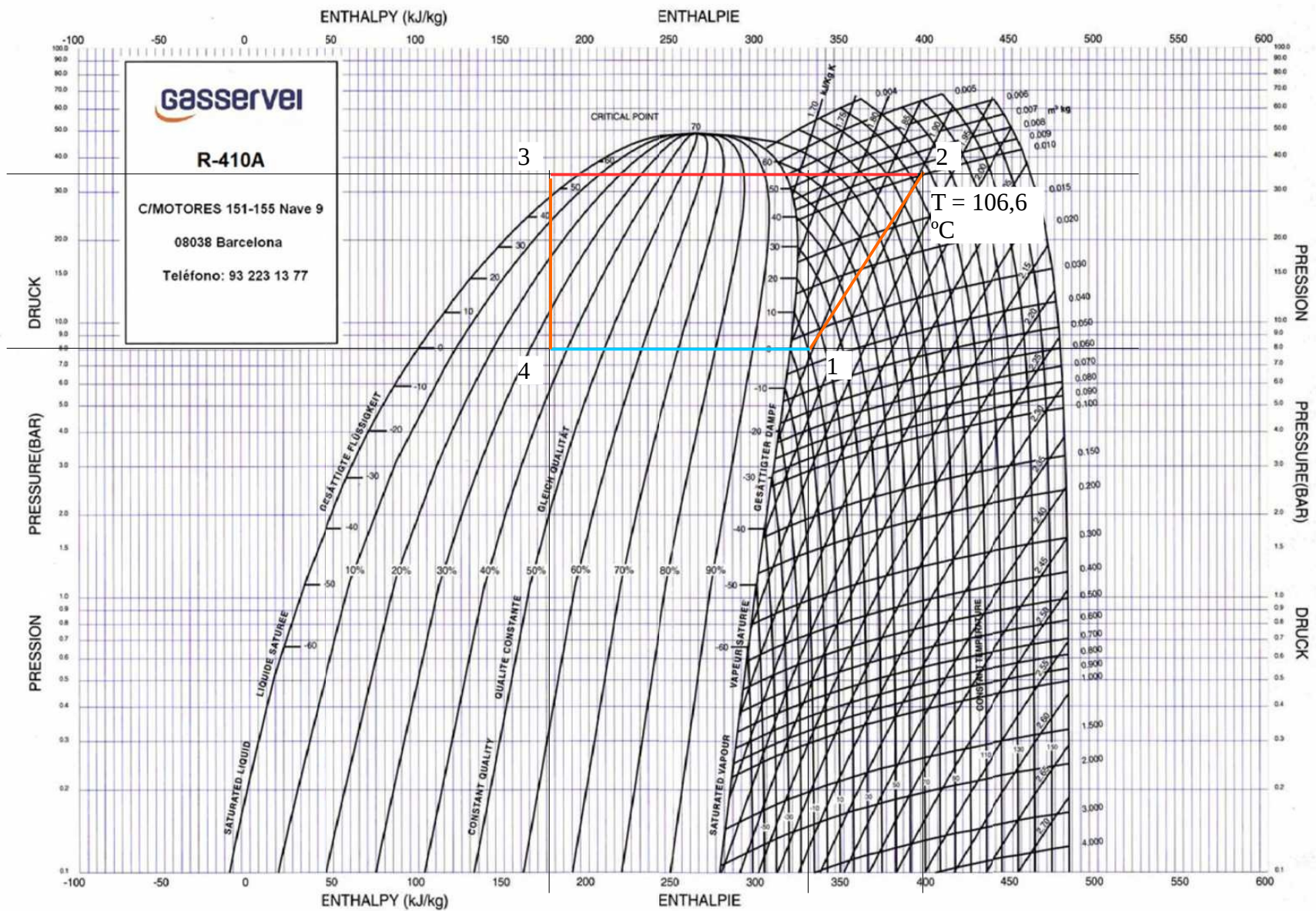
Toma de aspiración 22 mm

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)

Next →

4FDC-5Y (100%)

55.0°C
44.9°C
106.6°C
10.0°C
10.0°C
0.0°C

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 m ³ /h
Displacement (1750rpm 60Hz)	15 m ³ /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 dm ³

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 R409

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

Vaporizador
 Temperatura 0.00 °C
 Recalentamiento 10.00 K
 Pérdida de presión 0.00 bar
 Capacidad frigorífica 11.9 kW

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

Compresor
 Rendimiento isotrópico 0.800 ☐ Auto

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




Potencias Proceso de una etapa

Vaporizador	11.9 kW	Índice de compresión	4.30
Condensador	16.0 kW	Diferencia de presión	26.33 bar
Compresor	4.12 kW	Caudal másico	76.33 g/s
		Caudal de volumen desplazado	9.60 m³/h
		Potencia de enfriamiento volúm.	4461 kJ/m³
Conducto de gas por aspiración	0.000 kW	Índice de potencia de enfriamiento	2.89
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 S

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

Vaporizador
 Temperatura 0.00 °C
 Recalentamiento 10.00 K
 Pérdida de presión 0.00 bar
 Capacidad frigorífica 11.9 kW

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

Compresor
 Rendimiento isotrópico 0.800 ☐ Auto

Conducto
 Recale
 Pérdida
 Conducto
 Er
 Pérdida

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

Punto	p bar	t °C	v dm³/kg	h kJ/kg	s kJ/kgK	x --
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	96.17	9.53	485.58	1.8769	
3	34.31	96.17	9.53	485.58	1.8769	
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

