

# ÍNDICE

## 1 Fundamentos de refrigeración

1.1 Sistemas de unidades. Masa y peso .....	9
1.2 Presión y temperatura.....	13
1.3 Energía y potencia.....	19
1.4 Conservación de la energía .....	24
1.5 Cambios de estado. Calor sensible y latente.....	28
1.6 Leyes del gas ideal.....	38
1.7 Máquina frigorífica y bomba de calor .....	44

## 2 Termodinámica de refrigeración

2.1 Sistema de compresión de vapor. ....	49
2.2 Diagrama entálpico y tablas termodinámicas de refrigerante.....	55
2.3 Ciclo de refrigeración saturado .....	58
2.4 Ciclo de refrigeración real.....	68

## 3 Análisis y rendimiento de compresores alternativos

3.1 Características de los compresores alternativos.....	77
3.2 Proceso de compresión ideal.....	79
3.3 Rendimiento volumétrico.....	82
3.4 Proceso de compresión real. Rendimientos de un compresor .....	86

## 4 Utilización del diagrama entálpico

4.1 Determinación de magnitudes de una instalación de simple etapa.....	89
4.2 Análisis del funcionamiento de una instalación de simple etapa.....	92
4.3 Dimensionado del compresor.....	98

## 5 Sistemas de refrigeración de baja y múltiple temperatura

5.1 Sistemas de refrigeración de baja temperatura.....	105
5.2 Sistema de compresión múltiple, con refrigeración intermedia .....	105
5.3 Sistema de compresión múltiple, con recipiente intermedio .....	106
5.4 Sistema en cascada.....	114
5.5 Sistemas de refrigeración de temperatura múltiple.....	117

## 6 Refrigerantes y aceites lubricantes

6.1 Clasificación de los refrigerantes .....	119
6.2 Evolución de los fluidos frigorígenos utilizados en refrigeración.....	119
6.3 Denominación de los fluidos frigorígenos.....	122
6.4 Características generales de los fluidos frigorígenos.....	124
6.5 Clasificación de los fluidos frigorígenos .....	125
6.6 Mezclas azeotrópicas y mezclas zeotrópicas .....	128
6.7 Características particulares de los fluidos frigorígenos .....	129
6.8 Aceites lubricantes para compresores .....	132

## 7 Compresores

7.1 Funciones del compresor y relación de compresión.....	137
7.2 Clasificación de los compresores.....	138
7.3 Compresores alternativos de pistón.....	139
7.4 Compresores rotativos de pistón rodante y de paletas.....	149
7.5 Compresores rotativos de tornillo (helicoidales).....	152
7.6 Compresores rotativos de espiras ( <i>scroll</i> ).....	160
7.7 Compresores centrífugos (turbocompresores).....	162

## 8 Evaporadores

8.1 Funciones del evaporador.....	165
8.2 Rangos de temperatura en la refrigeración.....	165
8.3 Clasificación de los evaporadores.....	166
8.4 Temperaturas características del evaporador.....	171
8.5 Sobrecalentamiento y descenso caliente.....	178
8.6 Cálculo del evaporador.....	179
8.7 Procedimientos de descongelación.....	185

## 9 Condensadores y torres de refrigeración

9.1 Funciones del condensador.....	191
9.2 Clasificación de los condensadores.....	191
9.3 Temperaturas características del condensador.....	199
9.4 Subenfriamiento y gas instantáneo.....	202
9.5 Cálculo del condensador.....	203
9.6 Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.....	207

## 10 Dispositivos de expansión

10.1 Funciones de los dispositivos de expansión.....	217
10.2 Sobrecalentamiento.....	217
10.3 Válvula de expansión termostática (VET).....	218
10.4 Válvula de expansión automática o presostática (VEA).....	230
10.5 Dosificador de tubo capilar.....	232
10.6 Válvulas de flotador o de control de nivel.....	236

## 11 Aparatos de regulación y accesorios

11.1 Reguladores de temperatura y de humedad.....	237
11.2 Presostatos de regulación y protección.....	239
11.3 Válvulas reguladoras de presión.....	246
11.4 Válvulas del circuito frigorífico.....	249
11.5 Circuito de aceite.....	253
11.6 Accesorios.....	255

## **12 Diseño de tuberías de refrigerante**

12.1 Criterios generales de diseño.....	263
12.2 Pérdidas de carga.....	263
12.3 Tuberías utilizadas en refrigeración.....	271
12.4 Determinación del diámetro de las tuberías.....	273
12.5 Presión máxima de utilización.....	278
12.6 Retorno de aceite al compresor.....	278
12.7 Aislamiento térmico de tuberías.....	282

## **13 Tratamiento frigorífico de alimentos**

13.1 Componentes de los alimentos.....	289
13.2 Deterioro y descomposición de los alimentos.....	290
13.3 Conservación mediante refrigeración.....	294
13.4 Congelación.....	295
13.5 Criogenia.....	295
13.6 Liofilización.....	296
13.7 Tratamiento frigorífico de carnes.....	297
13.8 Tratamiento frigorífico de la carne de aves.....	300
13.9 Tratamiento frigorífico de pescados.....	303
13.10 Tratamiento frigorífico de huevos.....	303
13.11 Tratamiento frigorífico de productos lácteos.....	305
13.12 Tratamiento frigorífico de frutas y verduras.....	307

## **14 Cámaras frigoríficas. Construcción y aislamiento térmico**

14.1 Almacenes para refrigeración.....	317
14.2 Almacenes congeladores.....	319
14.3 Unidades de exhibición (vitrinas, arcones, botelleros).....	321
14.4 Construcción de cámaras frigoríficas.....	322
14.5 Determinación del espesor de aislamiento.....	327

## **15 Cálculo de la carga de refrigeración**

15.1 Carga térmica de refrigeración.....	337
15.2 Densidad de almacenamiento.....	338
15.3 Cargas debidas al enfriamiento del producto.....	339
15.4 Ganancias de calor a través de los cerramientos.....	342
15.5 Ganancias de calor internas.....	343
15.6 Ganancias de calor debidas a renovación de aire.....	344
15.7 Tiempo de funcionamiento del equipo de refrigeración.....	345
15.8 Potencia frigorífica total.....	345

## **16 Ejecución y puesta en servicio de instalaciones frigoríficas**

16.1 Montaje de instalaciones frigoríficas .....	349
16.2 Detección de fugas y pruebas de estanquidad .....	364
16.3 Evacuación del sistema. Presencia de humedad .....	369
16.4 Carga de sistemas frigoríficos.....	374
16.5 Puesta en servicio .....	381

## **17 Gestión de refrigerantes**

17.1 Normativa sobre gases fluorados .....	383
17.2 Refrigerantes y medio ambiente.....	384
17.3 Recuperación, reciclado y regeneración.....	389
17.4 Métodos de recuperación de refrigerante .....	390
17.5 Recuperación de aceites .....	394
17.6 Envasado de refrigerantes .....	395
17.7 Tramitación .....	396

## **18 Proyecto y ahorro energético**

18.1 Requisitos de un proyecto de refrigeración.....	399
18.2 Diseño y orientación de la cámara .....	400
18.3 Diseño y ejecución del aislamiento en las cámaras .....	401
18.4 Selección y diseño de la instalación frigorífica.....	401
18.5 Funcionamiento eficiente de la instalación .....	406
18.6 Cálculo del consumo energético de una instalación frigorífica .....	407

## **19 Mantenimiento preventivo**

19.1 Mantenimiento de la instalación .....	413
19.2 Mantenimiento preventivo .....	415
19.3 Técnicas de observación del sistema de refrigeración .....	418
19.4 Medición de parámetros .....	420
19.5 Operaciones de mantenimiento preventivo.....	423
19.6 Comprobaciones del sistema frigorífico .....	429

## **20 Mantenimiento correctivo. Detección y solución de averías**

20.1 Mantenimiento correctivo .....	433
20.2 Localización de averías en una instalación frigorífica.....	434
20.3 Averías en el condensador.....	436
20.4 Averías en el evaporador .....	441
20.5 Averías en el dispositivo de expansión.....	447
20.6 Averías en el compresor .....	450
20.7 Detección y reparación de fugas de gases refrigerantes .....	456
20.8 Limpieza de circuitos frigoríficos .....	458
20.9 Sustitución o reparación de compresores .....	460
20.10 Puesta en servicio de la instalación posterior a la reparación.....	461