

# Índice

## 1. Calor

1.1	Trabajo .....	1
1.2	Energía potencial .....	2
1.3	Energía cinética .....	2
1.4	Teoría cinético molecular .....	3
1.5	Energía interna .....	5
1.6	Calor. Entalpía .....	6
1.6.1	Cantidad de calor .....	6
1.6.2	Unidades .....	7
1.6.3	Calor específico .....	7
1.6.4	Calor sensible .....	8
1.6.5	Calor latente .....	8
1.7	Nivel térmico .....	9
1.7.1	Temperatura .....	10
1.7.2	Termómetros .....	10
1.7.3	Escalas termométricas .....	15
1.8	Dilatación lineal, superficial y cúbica .....	16
1.8.1	Fatiga térmica .....	17

## 2. Propagación del calor

2.1	Generalidades .....	19
2.1.1	Transmisión de calor por conducción. ....	19
2.1.2	Coeficiente de convección. ....	20
2.1.3	Radiación. ....	23
2.2	Coeficiente de transmisión de calor .....	24
2.3	Influencia de la temperatura en el intercambio .....	28
2.3.1	Efectos del diferencial de temperatura del evaporador en la HR .....	31
2.4	Primer principio de la termodinámica .....	33

## 3. Propiedades térmicas de la materia

3.1	Transformaciones de en un gas .....	35
3.2	Concepto de presión .....	35
3.3	Instrumentos de medición de presión .....	36
3.3.1	Manómetros .....	36
3.3.2	Vacúómetros .....	39
3.3.3	Transmisores de presión .....	39
3.4	Volumen .....	39

3.5	Comportamiento de los gases perfectos .....	40
3.5.1	Evolución a volumen constante .....	40
3.5.2	Evolución a presión .....	40
3.5.3	Ley de Boyle-Mariotte .....	41
3.5.4	Ley de Gay Lussac .....	43
3.5.5	Ecuación general de los gases perfectos .....	43
3.6	Compresión o expansión adiabáticas .....	44
3.7	Compresión politrópica .....	45
3.8	Segundo principio de la termodinámica .....	46
3.9	Paradoja de Hirn .....	46
3.10	Ciclo de Carnot .....	47
3.11	Definición de entropía .....	49
3.12	Representaciones gráficas	
3.12.1	Diagrama entálpico .....	54
3.12.1.1	Estudio del diagrama de Mollier .....	55
3.13	Mezcla de gases .....	59
<b>4.</b>	<b>Hidrodinámica</b>	
4.1	Teorema de Bernoulli .....	61
4.2	Efecto Venturi .....	62
4.3	Tubo de Pitot .....	63
4.4	Viscosidad .....	64
4.5	Circulación de fluidos en conductos .....	64
4.6	Concepto de pérdida de carga .....	67
4.7	Flujos bifásicos .....	73
4.7.1	Circulación vertical .....	77
4.7.2	Circulación horizontal .....	79
4.8	Golpe de Ariete .....	81
4.9	Altura de la columna de aspiración .....	82
4.9.1	Cavitación .....	83
<b>5.</b>	<b>Fluidos frigoríficos</b>	
5.1	Generalidades .....	87
5.2	Nomenclatura simbólica alfanumérica .....	87
5.3	Clasificación de los fluidos refrigerantes .....	88
5.3.1	Clasificación en función de la toxicidad .....	88
5.3.2	Clasificación en función de su inflamabilidad .....	89
5.3.3	Clasificación de las mezclas de los refrigerantes .....	91
5.3.4	Conceptos relacionados con las mezclas .....	91
5.3.4.1	Deslizamiento .....	91
5.3.4.2	Punto de burbuja .....	91

# Índice general

5.3.4.3	Punto de rocío .....	91
5.3.5	Límites prácticos .....	92
5.4	Fluidos frigoríficos denominados "naturales" .....	99
5.5	ODP .....	100
5.6	GWP .....	100
5.7	TEWI .....	100
5.8	Comparación entre refrigerantes .....	101
5.9	Criterios a tener en cuenta .....	107
<b>6.</b>	<b>Fluidos secundarios</b>	
6.1	Generalidades .....	109
6.2	Elección del fluido secundario .....	109
6.3	Mezclas sin cambio de estado .....	113
6.4	Mezclas con cambio de estado .....	115
6.4.1	Fluidos con cambio de fase sólida a líquida .....	115
6.4.2	Fluidos con cambio de fase líquida a vapor .....	117
<b>7.</b>	<b>Tecnología específica</b>	
7.1	Utilización de los refrigerantes .....	125
7.1.1	Clasificación de los sistemas de refrigeración .....	125
7.2	Circuito primario y circuito secundario en los sistemas indirectos .....	128
7.2.1	Métodos para control del caudal .....	129
7.2.2	Técnica del caudal variable en evaporador .....	132
7.3	Criterios para dimensionado de tuberías .....	133
7.4	Depósito de inercia: factores a considerar para su dimensionado .....	134
7.5	Protecciones para los circuitos secundarios .....	135
7.5.1	Vasos de expansión .....	135
7.5.2	Válvulas de alivio y válvulas de seguridad .....	136
<b>8.</b>	<b>Cálculo de cargas térmicas</b>	
8.1	Cálculo térmico en una cámara frigorífica .....	139
8.1.1	Cálculo de cargas .....	139
8.1.1.2	Infiltraciones: .....	139
8.1.1.3	Género: .....	143
8.1.1.4	Embalajes: .....	144
8.1.1.5	Calor de maduración: .....	144
8.1.1.6	Ventiladores: .....	145
8.1.1.7	Iluminación: .....	147

8.1.1.8	Personal: .....	147
8.1.1.9	Maquinaria: .....	147
8.2	Tiempo de funcionamiento .....	149
8.3	Casos singulares .....	149
8.3.1	Salas de trabajo .....	150
8.3.1.1	Salas Blancas .....	151
8.3.1.2	Cámaras de enfriamiento rápido. ....	156
8.3.1.3	Cámaras de oreo rápido. ....	158
8.3.1.4	Túneles de congelación continuos. ....	162
8.3.1.5	Túneles de congelación discontinuos .....	162
<b>9</b>	<b>Instalaciones frigoríficas</b>	
9.1	Desarrollo de las instalaciones frigoríficas .....	165
9.2	Estudio de un circuito frigorífico ideal de una etapa .	167
9.2.1	Procesos representados .....	169
9.2.1.1	Evaporación .....	169
9.2.1.2	Compresión .....	170
9.2.1.3	Condensación .....	172
9.2.1.4	Expansión .....	172
9.2.2	Coefficiente de eficacia (COP) .....	173
9.2.3	Grado de calidad .....	174
9.2.4	Intercambios térmicos del ciclo .....	174
9.2.4.1	Cálculo teórico .....	177
9.2.4.2	Cálculo real .....	178
<b>10</b>	<b>Instalaciones de varias etapas</b>	
10.1	Razones para la utilización de instalaciones de dos etapas .....	181
10.2	Sistemas multietápicos .....	182
10.2.1	Con un único circuito .....	182
10.2.2	Con dos circuitos separados .....	189
10.3	Instalaciones de carga limitada .....	191
10.4	Otras disposiciones para el uso de refrigerantes que desarrollan elevadas presiones a la temperatura ambiente .....	191
<b>11</b>	<b>Comparación entre los principales refrigerantes</b>	
11.1	Estudio de un circuito de una etapa .....	193
11.1.1	Influencia del recalentamiento en la aspiración ....	195
11.1.2	Efecto de un intercambiador liquido-gas .....	198

**12 Legislación aplicable**

12.1	Reglamento de seguridad en instalaciones frigoríficas	203
12.1.1	Contenido de los capítulos 1 al 9	203
12.1.2	MI IF 001 Terminología	205
12.1.3	MI IF 002 Clasificación de los refrigerantes	207
12.1.4	MI IF 003 Clasificación de los sistemas de refrigeración	208
12.1.5	MI IF 004 Utilización de los diferentes refrigerantes	208
12.1.6	MI IF 005 Materiales empleados en la construcción de equipos frigoríficos	209
12.1.7	MI IF 006 Maquinaria frigorífica y accesorios	209
12.1.8	MI IF 007 Sala de máquinas	211
12.1.9	MI IF 008 Focos de calor	212
12.1.10	MI IF 009 Protección instalaciones contra sobrepresiones	212
12.1.11	MI IF 010 Estanqueidad de los elementos de un equipo frigorífico	214
12.1.12	MI IF 011 Cámaras de atmósfera artificial	214
12.1.13	MI IF 012 Instalaciones eléctricas	215
12.1.14	MI IF 013 Instaladores y conservadores frigoristas autorizados	216
12.1.15	MI IF 014 Dictamen sobre la seguridad de plantas e instalaciones frigoríficas	217
12.1.16	MI IF 015 Inspecciones periódicas	217
12.1.17	MI IF 016 Medidas de protección personal y de prevención de incendios	218
12.2	Directivas de la comunidad europea	218
12.2.1	Directivas de Nuevo Enfoque	218
12.2.2	Marcado CE	219
12.2.3	Requisitos de seguridad	219
12.3	Reglamento de recipientes a presión	220
12.3.1	Ámbito de aplicación	220
12.3.2	Requisitos técnicos	221
12.3.3	Método de evaluación	223
12.3.4	Utilización de la norma UNE-EN 378	228
12.4	Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis según r.d. 865/2003 del 4 de julio	232