

# Prólogo

No es la primera vez que presento un libro de mi buen amigo el profesor Ángel Luis Miranda, autor de numerosas obras en el campo de la climatización y del ahorro energético. Hace dos años iniciamos juntos la aventura de constituir la Asociación Catalana del Hidrógeno con la voluntad decidida de difundir y promover el uso de este vector energético, limpio y de indudable proyección futura. Pero no es del hidrógeno que debo tratar en estas líneas sino de la climatización. Me consta que el profesor Miranda es un apasionado de este campo del que le he oído muchas veces decir que sufre como ninguno el intrusismo profesional. Todo el mundo se siente capacitado para proyectar una instalación de climatización. Es muy fácil poner frío o calor en un recinto, pero no se trata sólo de esto. Climatizar quiere decir doblegar las condiciones ambientales, para que cuando sean calurosas y húmedas en verano o frías en invierno puedan transformarse en otras que proporcionen una agradable sensación de confort.

Precisamente un material que el técnico acondicionador debe conocer bien es el aire, de ahí que el autor dedique un extenso capítulo a la psicrometría, la ciencia del aire atmosférico.

No puede faltar el estudio de la red de conductos que trasladarán el aire frío o caliente al interior de los recintos, ni los sistemas de distribución, tan importantes en esta técnica.

Una vez instaladas, las instalaciones precisan un mantenimiento, la mayoría de las veces regulado por la normativa; no olvidemos el triste resultado de no aplicarlo correctamente a las torres de refrigeración, con la consiguiente dispersión de la maligna legionela. Reglamento y normativa, otro importante renglón, que no podía faltar en la obra, temas que el profesor Miranda trata de forma amena pero rigurosa.

Por todo ello creo, sinceramente, que la obra será de lectura gratificante y provechosa para los que deseen adentrarse en esta rama de la ingeniería.

Mario Aguer Hortal

Presidente de la Asociación Catalana del Hidrógeno

Miembro de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

# Índice general

**Presentación** .....

## Capítulo 1

### Psicrometría

<b>1. Composición del aire</b> .....	3
<b>2. Radiación solar</b> .....	4
<b>3. La capa de ozono</b> .....	5
<b>4. El efecto invernadero</b> .....	5
<b>5. El aire técnico</b> .....	6
<b>6. Ecuación de estado de un gas ideal</b> .....	6
Ejemplo 1.1 .....	6
Ejemplo 1.2 .....	7
<b>7. Ecuaciones de estado del aire húmedo</b> .....	7
<b>8. Parámetros característicos del aire atmosférico</b> .....	8
8.1 Humedad absoluta .....	8
8.2 Humedad relativa .....	9
8.3 Punto de rocío .....	10
<b>9. Medidores de humedad relativa</b> .....	11
9.1 Introducción .....	11
9.2 Medidor de fibra .....	11
9.3 Psicrómetro .....	11
<b>10. Ecuación fundamental de la psicrometría</b> .....	12
Ejemplo 1.3 .....	12
<b>11. Densidad y volumen específico</b> .....	13
Ejemplo 1.4 .....	13
<b>12. Entalpía del aire húmedo</b> .....	14
Ejemplo 1.5 .....	15
Ejemplo 1.6 .....	15

## Técnicas de climatización

---

Ejemplo 1.7 .....	15
<b>13. El diagrama psicrométrico .....</b>	<b>16</b>
13.1 Descripción del diagrama psicrométrico .....	16
Ejemplo 1.8 .....	18
Ejemplo 1.9 .....	20
Ejemplo 1.10 .....	20
Ejemplo 1.11 .....	22
Ejemplo 1.12 .....	23
<b>14. Operaciones básicas .....</b>	<b>23</b>
14.1 Mezcla de dos caudales de aire húmedo .....	23
Ejemplo 1.13 .....	25
14.2 Calentamiento sensible .....	26
Ejemplo 1.14 .....	27
14.3 Enfriamiento sensible .....	27
14.4 Procesos de humidificación .....	28
14.4.1 Introducción .....	28
14.4.2 Proceso de saturación adiabática .....	28
14.4.3 Humidificación con aporte o extracción de calor .....	29
Ejemplo 1.15 .....	30
14.5 Procesos de deshumidificación .....	31
14.5.1 Introducción .....	31
14.5.2 Deshumidificación por enfriamiento .....	31
Ejemplo 1.16 .....	32
Ejemplo 1.17 .....	32
14.5.3 Deshumidificación química .....	33

## Capítulo 2

### Condiciones de bienestar

<b>1. Introducción .....</b>	<b>35</b>
<b>2. Calor generado por el cuerpo humano .....</b>	<b>36</b>
<b>3. Balance energético alrededor del cuerpo humano .....</b>	<b>37</b>
<b>4. Temperatura efectiva .....</b>	<b>38</b>
<b>5. Condiciones de bienestar o confort .....</b>	<b>39</b>
5.1 Introducción .....	39
5.2 Efecto de la distribución de temperaturas .....	41
5.3 Efecto de la velocidad del aire .....	42
5.4 Necesidad de ventilar un local .....	43
5.5 Ruidos y vibraciones .....	45

## Capítulo 3

### Cálculo de la carga de refrigeración

<b>1. Introducción</b>	47
<b>2. Condiciones de proyecto</b>	47
<b>3. Definición y clasificación de los distintos conceptos que componen la carga térmica</b>	51
3.1 Introducción	51
3.2 Aire de ventilación	51
<b>4. Cálculo de la carga térmica</b>	52
4.1 Cálculo de la carga sensible	52
Ejemplo 3.1	54
4.2 Cálculo de las partidas latentes	56
4.3 Cálculo de las partidas del aire de ventilación	57
<b>5. Cálculo de las cargas totales</b>	57
5.1 Carga sensible efectiva parcial y carga latente efectiva parcial	57
5.2 Carga sensible efectiva total y latente efectiva total	58
<b>6. Hoja de carga</b>	58
Ejemplo 3.2	58

## Capítulo 4

### El acondicionamiento de verano

<b>1. Introducción</b>	65
<b>2. Descripción del proceso</b>	65
<b>3. Cálculo de los parámetros fundamentales</b>	67
3.1 Introducción	67
3.2 Obtención de la temperatura de rocío de la UAA	68
3.3 Obtención del caudal de aire	68
3.4 Obtención de la temperatura del aire a la entrada de la UAA	69
3.5 Obtención de la temperatura del aire a la salida de la UAA	69
3.6 Obtención de la potencia frigorífica de la UAA	70
Ejemplo 4.1	70
Ejemplo 4.2	72

### Capítulo 5

#### Distribución del aire

<b>1. Introducción</b>	73
<b>2. Definición y clasificación de los impulsores</b>	73
2.1 Introducción	73
2.2 Difusores de techo	75
2.3 Difusores lineales	75
2.4 Paneles perforados y toberas	75
2.5 Rejillas	76
2.6 Características	76
2.7 Criterios de elección	77
Ejemplo 5.1	78
<b>3. Clasificación y diferenciación de los tipos de aire en la distribución</b>	79
<b>4. Clasificación técnica en función de las prestaciones</b>	79
<b>5. Rejillas para el aire de recirculación</b>	79
<b>6. Techos perforados</b>	80
<b>7. Criterio muy general de selección</b>	80
<b>8. Diseño de conductos</b>	81
<b>9. Clasificación de la red de conductos</b>	82
<b>10. Diámetro equivalente</b>	82
Ejemplo 5.2	84
<b>11. Caudal y velocidad</b>	85
Ejemplo 5.3	85
<b>12. Cálculo de la pérdida de carga por rozamiento</b>	86
<b>13. Caída de presión debida a los accidentes</b>	86
13.1 Introducción	86
13.2 Pérdidas por curvas	88
Ejemplo 5.4	88
Ejemplo 5.5	90
<b>14. Recuperación estática</b>	91
Ejemplo 5.6	92
<b>15. Cálculo de la red de conductos</b>	92
15.1 Introducción	92
15.2 Cálculo de las derivaciones	93
Ejemplo 5.7	95

Ejemplo 5.8 .....	96
Ejemplo 5.9 .....	100

## **Capítulo 6**

### **Sistemas de aire acondicionado**

<b>1. Introducción</b> .....	105
<b>2. Clasificación de los sistemas de aire acondicionado</b> .....	105
<b>3. Concepto de carga parcial</b> .....	107
Ejemplo 6.1 .....	109
<b>4. Criterios de elección del sistema</b> .....	111
<b>5. Sistemas todo aire, conducto único, caudal constante</b> .....	112
<b>6. Sistema todo aire, doble conducto</b> .....	114
<b>7. Sistema VAV (volumen variable de aire)</b> .....	115
7.1 Introducción .....	115
7.2 Descripción del sistema VAV .....	115
7.3 Dimensionado .....	116
Ejemplo 6.2 .....	117
Ejemplo 6.3 .....	118
7.4 Desventajas del sistema VAV .....	119
7.5 Unidades terminales .....	120
<b>8. Acondicionamiento con <i>fan-coils</i></b> .....	120
8.1 Introducción .....	120
8.2 Clasificación .....	120
8.3 Descripción del fan-coil .....	121
8.4 Fundamento de la clasificación en dos, tres y cuatro tubos .....	122
8.4.1 <b>Fan-coil</b> de dos tubos .....	122
8.4.2 <b>Fan-coil</b> de tres tubos .....	122
8.4.3 <b>Fan-coil</b> de cuatro tubos .....	123
8.5 Sistema de dos tubos .....	123
8.6 Sistema de tres tubos .....	125
8.7 Sistema de cuatro tubos .....	126
8.8 Dimensionado de las instalaciones de fan-coils .....	126
Ejemplo 6.4 .....	128
8.9 Aplicaciones del sistema de fan-coils .....	129
<b>9. Elección del sistema más idóneo</b> .....	130
9.1 Introducción .....	130
9.2 Elección del sistema .....	130

## Técnicas de climatización

---

9.2.1	Criterios	130
9.2.2	Calidad de los sistemas	131
9.2.3	Criterios de elección en base a la naturaleza del local	132
9.2.4	Factores que deben tenerse en cuenta	133
<b>10.</b>	<b>Elementos de la instalación</b>	<b>134</b>
10.1	Introducción	134
10.2	Sistemas de producción de frío	134
10.3	Elementos básicos de una instalación de aire acondicionado	135
10.4	Elementos de regulación	136
10.4.1	Introducción	136
10.4.2	Termostatos	136
10.4.3	Humidostatos	137
10.4.4	Presostatos	137
10.4.5	Órganos finales de regulación	137

## Capítulo 7

### Equipos

<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>139</b>
<b>2.</b>	<b>Unidades autónomas</b>	<b>140</b>
<b>3.</b>	<b>El acondicionador de ventana</b>	<b>142</b>
<b>4.</b>	<b>Consola condensada por aire</b>	<b>142</b>
<b>5.</b>	<b>Consola condensada por agua</b>	<b>143</b>
<b>6.</b>	<b>Equipo partido</b>	<b>143</b>
<b>7.</b>	<b>Funcionamiento en régimen de invierno</b>	<b>144</b>
<b>8.</b>	<b>Producción de calor mediante equipos de bomba de calor</b>	<b>144</b>
<b>9.</b>	<b>Equipo vertical de gran potencia</b>	<b>145</b>
<b>10.</b>	<b>Equipo horizontal de gran potencia</b>	<b>146</b>
<b>11.</b>	<b>Equipo de techo ("ROOF-TOP") de gran potencia</b>	<b>146</b>
<b>12.</b>	<b>Unidades terminales</b>	<b>147</b>
<b>13.</b>	<b>Centrales enfriadoras de agua</b>	<b>150</b>
<b>14.</b>	<b>Torres de refrigeración</b>	<b>150</b>

## Capítulo 8

### El filtrado del aire

<b>1. Introducción</b>	153
<b>2. Teoría básica del filtrado</b>	153
<b>3. Ensayos de normalización</b>	156
3.1 Método numérico	156
3.2 Método ponderal	157
3.3 Método colorimétrico	157
<b>4. Curvas características</b>	157
Ejemplo 8.1	158
<b>5. Clasificación de los filtros</b>	158
<b>6. Esterilización del aire. Utilización de filtros de carbón activo</b>	159
<b>7. Filtros de tipo seco</b>	159
<b>8. Filtros electrostáticos</b>	160
<b>9. Filtros viscosos</b>	160
<b>10. Elección del tipo de filtro adecuado</b>	161

## Capítulo 9

### Mantenimiento de las instalaciones

<b>1. Introducción</b>	163
<b>2. Conceptos básicos sobre mantenimiento</b>	164
2.1 Introducción	164
2.2 Tipos de mantenimiento	164
<b>3. Operaciones de mantenimiento</b>	166
3.1 Introducción	166
3.2 Generalidades	166
3.3 Obligatoriedad del mantenimiento	166
3.4 Operaciones de mantenimiento	167
3.5 Registro de las operaciones de mantenimiento	167

# Capítulo 10

## Normativa

<b>1. Introducción</b> .....	169
<b>2. EI RITE</b> .....	169
2.1 Introducción.....	169
2.2 Proyecto de las instalaciones.....	170
2.3 Mantenimiento de las instalaciones .....	171
2.4 Terminología.....	173
<b>3. EI CTE</b> .....	175
3.1 Introducción.....	175
3.2 Referencias al ahorro energético.....	176
3.2.1 Limitación de demanda energética .....	176
3.2.2 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria .....	177
3.2.3 Contribución fotovoltaica mínima de corriente eléctrica .....	177
3.3 Conclusiones.....	178
<b>Anexos</b> .....	179
<b>Bibliografía</b> .....	195