

## ÍNDICE

<b>21. CORRIENTE ELÉCTRICA</b>	<b>5</b>
<b>PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD</b>	<b>5</b>
21.1. Naturaleza de la electricidad	5
21.2. Átomo	7
21.3. Circuito eléctrico	9
21.4. Intensidad de la corriente	10
21.5. Fuerza electromotriz	11
21.6. Resistencia	11
21.7. Características principales de la corriente continua y alterna	12
21.8. Características del sistema eléctrico	14
21.9. Redes secundarias de distribución	15
21.10. Toma de tierra	16
21.11. Instrumental de medición	17
21.12. Ley de Ohm (relación entre magnitudes)	20
21.13. Potencia eléctrica	21
21.14. Aplicaciones de la corriente alterna	23
21.15. Transformadores y autotransformadores	28
21.16. Propiedades de la corriente alterna (desfase entre tensión e intensidad)	30
21.17. Condensadores eléctricos	37
21.18. Conexión de condensadores en serie y en paralelo	38
21.19. Comprobación de los condensadores	39
21.20. Condensadores de arranque, permanentes o de marcha	40
21.21. Cálculo de la sección de los conductores	41
21.22. Símbolos gráficos para esquemas eléctricos	43
<b>22. COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	<b>49</b>
<b>MOTORES, SISTEMAS DE ARRANQUE Y PROTECCIÓN</b>	<b>49</b>
22.1. Motores eléctricos, principio de funcionamiento	49
22.2. Motores asíncronos y monofásicos	52
22.3. Distribución de bobinados	53
22.4. Comprobaciones ante averías	54
22.5. Motores de ventilación	55
22.6. Motores asíncronos trifásicos	57
22.7. Conexión y cajas de bornes	59
22.8. Sistemas de protección y arranque para motores monofásicos	67
22.9. Protector de motor 'Klixon'	67
22.10. Comprobaciones ante averías	68
22.11. Sistema de arranque con termistores P.T.C. (resistencias de coeficiente térmico positivo)	69
22.12. Comprobaciones ante averías	70
22.13. Sistema de arranque con relé de intensidad	71
22.14. Comprobaciones ante averías	71
22.15. Sistemas de arranque con relé de intensidad y condensador de arranque	73
22.16. Comprobaciones ante averías	74
22.17. Sistema de arranque con relé de tensión o potencial	75
22.18. Comprobaciones ante averías	76
22.19. Sistema de arranque con condensador permanente	77
22.20. Comprobaciones ante averías	77
22.21. Circuitos eléctricos en refrigeradores domésticos	78
22.22. Circuitos eléctricos en muebles de conservación y congelación para hostelería	87
22.23. Circuitos eléctricos en aparatos de aire acondicionado split doméstico	90

<b>23. COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	<b>97</b>
<b>ELEMENTOS DE POTENCIA Y MANIOBRA</b>	<b>97</b>
23.1. Elementos de protección	97
23.2. Fusibles	97
23.3. Interruptores diferenciales	99
23.4. Relé térmico	100
23.5. Relé magnetotérmico	102
23.6. Elementos de potencia	103
23.7. Contactores	103
23.8. Elección del contactor	104
23.9. Elementos de mando	105
23.10. Pulsadores	105
23.11. Arrancador estrella - triángulo	106
23.12. Elementos de señalización	109
23.13. Letras para identificar los aparatos eléctricos y conductores	110
23.14. Identificación de bornes para los elementos de potencia	111
23.15. Componentes del circuito de maniobra	111
23.16. Sistemas de desescarches	111
23.17. Reloj de desescarche por tiempo	112
23.18. Relojes de desescarche por tiempo o resistencias	113
23.19. Relojes de desescarche con retardo de ventiladores	114
23.20. Resistencias de descarche	116

23.21. Otras resistencias empleadas en refrigeración	117
23.22. Circuitos eléctricos en instalaciones de refrigeración	118
23.23. Circuitos eléctricos standard en aparatos de aire acondicionado industrial	119
23.24. Circuitos eléctricos en cámaras de conservación y congelación	122
<b>24. FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA BÁSICA</b>	<b>127</b>
<b>CIRCUITOS ELECTRÓNICOS APLICADOS A LA REFRIGERACIÓN</b>	<b>127</b>
24.1. Introducción	127
24.2. Circuito impreso	128
24.3. Diagrama de funcionamiento por bloques de microprocesador en equipos de aire acondicionado doméstico	129
24.4. Fuente de alimentación, componentes, misión y comprobación	131
24.5. Circuito de mando	156
24.6. Controles exteriores (termistores, sondas)	157
24.7. Ventilador de la unidad interior	161
24.8. Motor paso a paso o de velocidad gradual (deflectores de aire)	163
24.9. Control de funcionamiento del compresor, ventilador y válvula de 4 vías	166
24.10. Características básicas y comprobación del transistor, diac, tiristor, triac y circuito integrado	167
24.11. Ejemplos de controles electrónicos para gama industrial	177
<b>25. REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA</b>	<b>179</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS FRIGORÍFICOS DOMÉSTICOS</b>	<b>179</b>
25.1. Frigoríficos de un compartimemnto	179
25.2. Frigoríficos congeladores	181
25.3. Frigoríficos de dos compartimentos con un compresor	183
25.4. Frigoríficos 'combis' de dos compartimentos y dos motores	186
25.5. Temperaturas de evaporación	187
25.6. Tipos de refrigerante en frigoríficos domésticos	188
25.7. Frigoríficos equipados con Isobutano R-600-a (presiones y temperaturas)	189
25.8. Herramientos específicas para la reparación (R-600-a)	191
25.9. Equipo de carga para R-600-a	194
25.10. Extracción, vaciado y carga de refrigerante R-600-a	195
<b>26. REGRIGERACION DOMÉSTICA</b>	<b>199</b>
<b>PUNTOS Y MEDIDAS DE CONTROL</b>	<b>199</b>
26.1. Puntos de inspección	199
26.2. Datos de ayuda para la detección de posibles averías, según las temperaturas del condensador	201
<b>27. REGRIGERACIÓN DOMÉSTICA</b>	<b>205</b>
<b>CUADROS SINÓPTICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS</b>	<b>205</b>
27.1. Seguimiento de los cuadros sinópticos	205
27.2. Compresor no comprime	206
27.3. Fuga de refrigerante	207
27.4. Tapón de suciedad	208
27.5. Tapón de humedad	209

27.6. Averías eléctricas (el compresor funciona a intervalos de pocos segundos)	210
27.7. Averías eléctricas (el compresor no funciona)	211
<b>28. AIRE ACONDICIONADO SERIE DOMÉSTICA. EXPANSIÓN CON TUBO CAPILAR</b>	<b>213</b>
<b>CARACTERÍSTICAS Y MONTAJE DE EQUIPOS</b>	<b>213</b>
28.1. Características básicas	213
28.2. Ubicación de componentes	216
28.3. Circuitos frigoríficos en equipos solo frío y bomba de calor	218
28.4. Funcionamiento de la válvula de 4 vías	220
28.5. Instalación de la unidad interior	223
28.6. Instalación de la unidad exterior	229
28.7. Interconexión frigorífica de las dos unidades (R-22 y R-410-a)	230
28.8. Interconexión eléctrica de las dos unidades	232
28.9. Barridos, vacíos y comprobación de fugas (R-22, R-407 y R-410-a)	233
28.10. Características de los refrigerante (R-22, R-407-C, R-410-a y R-417-A)	234
28.11. Carga de refrigerante y ajuste de instalaciones (R-22, R-407-C, R-410-a y R-417-A)	238
28.12. Carga de refrigerante en el ciclo de calefacción	241
28.13. Carga de refrigerante en sistemas multisplits o inverter	242
28.14. Ajuste de la carga de refrigerante en días fríos	242
28.15. Generalidades sobre cargas térmicas en aire acondicionado	243
28.16. Humedades y temperaturas	245
28.17. Termómetros e higrómetros	245
28.18. Deshumidificación y función "dry"	246
28.19. Humedad relativa o grado higrométrico	247
28.20. Cálculo de carga térmica para equipos de pequeña y mediana potencia	248
28.21. Ejemplo práctico para el cálculo de carga térmica	252
<b>29. AIRE ACONDICIONADO SERIE DOMÉSTICA. EXPANSIÓN CON TUBO CAPILAR</b>	<b>255</b>
<b>PUNTOS Y MEDIDAS DE CONTROL</b>	<b>255</b>
29.1. Seguimiento y diagnóstico de averías en equipos de la serie doméstica	255
29.2. Salto térmico en evaporadores de aire acondicionado	256
<b>30. AIRE ACONDICIONADO SERIE DOMÉSTICA. EXPANSIÓN CON TUBO CAPILAR</b>	<b>257</b>
<b>CUADROS SINÓPTICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS</b>	<b>257</b>
30.1. Seguimiento de los cuadros sinópticos	257
30.2. Compresor no comprime	259
30.3. Fuga de refrigerante	260
30.4. Tapón de suciedad	261
30.5. Avería en el circuito del aire del evaporador	262
30.6. Mala condensación	263
30.7. Exceso de refrigerante	264
30.8. Tubo de aspiración aplastado	265
<b>31. REFRIGERACION COMERCIAL INDUSTRIAL</b>	<b>267</b>
<b>ESTADO DE LOS COMPONENTES Y PUNTOS DE CONTROL</b>	<b>267</b>
31.1. Compresor (temperaturas de descarga y relación de compresión)	267
31.2. Temperatura de condensación	268
31.3. Condensación por aire forzado (temperaturas y diferencia de temperaturas)	268
31.4. Condensación por agua (temperaturas y diferencia de temperaturas)	270

31.5. Filtro deshidratador (control de temperatura ante averías)	271
31.6. Visor de líquido (control de estado ante averías)	272
31.7. Válvula de expansión (control de funcionamiento)	275
31.8. Contenido de humedad y reacciones en la expansión	276
31.9. Influencia de la humedad expansionando con tubo capilar	277
31.10. Influencia de la humedad expansionando con válvula	277
31.11. Relación entre la presión de aspiración en el compresor y la presión de evaporación	277
31.12. Evaporador (temperaturas y diferencia de temperaturas)	278
31.13. Temperaturas de control en la línea de aspiración	281
<b>32. INSTALACIONES FRIGORÍFICAS</b>	<b>283</b>
<b>ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>283</b>
32.1. Análisis de funcionamiento en instalaciones frigoríficas	283
32.2. Análisis de funcionamiento del condensador	285
32.3. Diferencia de temperatura más alta de lo normal	285
32.4. Diferencia de temperaturas más baja de lo normal	286
32.5. Análisis de funcionamiento del evaporador	286
32.6. Diferencia de temperatura más alta de lo normal	287
32.7. Diferencia de temperatura más baja de lo normal (temperatura interior del recinto más baja de lo normal)	287
32.8. Diferencia de temperatura dentro de lo normal (temperatura del aire de salida alta)	288
32.9. Diferencia de temperatura dentro de lo normal (temperatura del aire de salida baja)	288
32.10. Análisis de funcionamiento de la válvula de expansión	288
32.11. Análisis del funcionamiento del compresor	289
<b>33. REFRIGERACIÓN COMERCIAL INDUSTRIAL</b>	<b>291</b>
<b>CARACTERÍSTICAS Y TEMPERATURAS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>291</b>
33.1. Finalidad de la refrigeración	291
33.2. Temperaturas de mantenimiento y temperaturas de evaporación	292
33.3. Gases refrigerantes más utilizados en conservación	293
33.4. Gases refrigerantes más utilizados en congelación	293
33.5. Inicio al cálculo de cargas térmicas en cámaras frigoríficas	294
33.6. Ejemplo práctico para el cálculo de cámaras	299
<b>34. REFRIGERACIÓN COMERCIAL. EXPANSIÓN CON TUBO CAPILAR</b>	<b>301</b>
<b>CUADROS SINÓPTICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS</b>	<b>301</b>
34.1. Características de instalaciones, seguimiento y diagnóstico de averías	301
34.2. Compresor no comprime	307
34.3. Fuga de refrigerante	308
34.4. Tapón de suciedad	309
34.5. Tapón de humedad	310
34.6. Compresor no funciona o lo hace a intervalos de pocos segundos	311
34.7. Mala condensación	312
34.8. Sobrecarga de refrigerante	313
34.9. Termostato o reloj de desescarche	314
34.10. Filtro secador taponado parcialmente	315

<b>35. AIRE ACONDICIONADO INDUSTRIAL</b>	<b>317</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIONES</b>	<b>317</b>
35.1. Sistemas de aire acondicionado	317
<b>36. REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>327</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIONES. INICIO AL SEGUIMIENTO DE AVERÍAS</b>	<b>327</b>
36.1. Características de instalaciones frigoríficas	327
36.2. Cuadro para mantenimiento y análisis de funcionamiento	338
36.3. Síntoma de la avería: evaporación sin escarcha	339
36.4. Síntoma de la avería: evaporador escarchado sólo al principio	340
36.5. Síntoma de la avería: evaporador con fuerte acumulación de escarcha	341
<b>37. RELACIÓN DE AVERÍAS COMPRESOR</b>	<b>343</b>
37.1. Averías en el compresor	343
37.2. Compresor no comprime (pasado de válvulas)	343
37.3. El compresor funciona a intervalos de pocos segundos (Compresores monofásicos)	344
37.4. El compresor no funciona (Compresores monofásicos)	345
37.5. El compresor no funciona (Compresores trifásicos)	345
37.6. El compresor funciona ininterrumpidamente	346
37.7. El compresor hace ciclos cortos de funcionamiento	347
37.8. Compresor demasiado caliente	348
37.9. Compresor demasiado frío	349
37.10. Compresor con golpes de líquido	349
37.11. Compresor pequeño, restos de componentes dimensionados para la carga térmica	349
37.12. Compresor grande, resto de componentes dimensionados para la carga térmica	350
37.13. Temperatura de descarga alta	351
37.14. Temperatura de descarga baja	351
37.15. Temperatura en la línea de aspiración alta	352
37.16. Temperatura en la línea de aspiración baja	352
37.17. Temperatura en la línea de aspiración inestable	352
37.18. Presión de aspiración alta	353
37.19. Presión de aspiración baja	353
37.20. Presión de aspiración inestable	354
37.21. Ruidos anormales	355
37.22. Aceite, presión nivel y pérdidas	356
37.23. Aceite en ebullición durante el arranque o en el funcionamiento	357
37.24. Aceite descolorido	357
<b>38. RELACIÓN DE AVERÍAS CONDENSADOR</b>	<b>359</b>
38.1. Averías en el condensador	359
38.2. Presión y temperatura de condensación excesiva	359
38.3. Presión y temperatura de condensación baja	362
38.4. Mala condensación, presión y temperatura de condensación inestable	365
38.5. Condensador pequeño, resto de componentes dimensionados a la carga térmica	366
38.6. Condensador grande, resto de componentes dimensionados a la carga térmica	366

<b>39. RELACIÓN DE AVERÍAS</b>	<b>367</b>
<b>ELEMENTO DE EXPANSIÓN</b>	<b>367</b>
39.1. Averías en el elemento de expansión	367
39.2. Comprobación de la existencia de humedad en la válvula	367
39.3. Tapones de suciedad	368
39.4. Mala calidad de líquido delante de la válvula	369
39.5. Verificación de la falta de líquido delante de la válvula	371
39.6. Evaporador sobrellenado trabajo húmedo del compresor	371
39.7. La válvula suministra demasiado refrigerante al arrancar	372
39.8. Escarchado parcial en la entrada del evaporador	373
39.9. La válvula no tiene regulación posile	374
39.10. La válvula se abre estando la máquina parada	375
39.11. Distribución desigual del líquido en instalaciones de inyección múltiple	376
39.12. Rendimiento pobre del evaporador	376
39.13. Recondensación del refrigerante en el evaporador más frío de la instalación	377
39.14. Trabajo irregular, inconstancia en la temperatura de evaporación (instalaciones de un solo evaporador)	377
39.15. Trabajo irregular en instalaciones con varios evaporadores	378
<b>40. RELACIÓN DE AVERÍAS</b>	<b>379</b>
<b>EVAPORADOR</b>	<b>379</b>
40.1. Averías en el evaporador	379
40.2. Comprobaciones ante el seguimiento de averías	379
40.3. Humedad del aire de la cámara demasiado baja	379
40.4. Humedad excesiva en el aire de la cámara	380
40.5. Temperatura interior de la cámara demasiado alta	380
40.6. Temperatura interior de la cámara demasiado baja	381
40.7. Evaporador bloqueado de escarcha	381
40.8. Evaporador escarchado sólo en la válvula y primeros codos	381