

## INDICE

<b>Una Fábula sobre el Acondicionamiento de Aire</b>	<b>XIX</b>
<b>1. Campo y Usos del Acondicionamiento de Aire</b>	<b>1</b>
1.1. Campo del acondicionamiento de aire	2
1.2. Componentes de los sistemas de acondicionamiento de aire	3
1.3. Sistemas de sólo agua (hidrónicos) para acondicionamiento de aire	4
1.4. Sistemas de sólo aire para acondicionamiento de aire	5
1.5. Confort humano	7
1.6. Estándares de confort	8
1.7. El sistema de acondicionamiento de aire como parte del campo de la construcción	10
1.8. Diseño del sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire	11
1.9. Instalación del sistema, de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire	11
1.10. Operación, mantenimiento y servicio para el sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire	12
1.11. Mercado de trabajo en la industria de la calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire	13
1.12. Descripciones de las responsabilidades del puesto	14
1.13. Conservación de energía y uso de computadoras,	15
Preguntas de repaso	15
Problemas	
<b>2. Principios Físicos</b>	<b>17</b>
2.1. Unidades	18
2.2. Conversión de unidades	18
2.3. Sistemas SI e inglés de unidades	20
2.4. Masa, fuerza, peso, densidad y volumen específico	20
2.5. Exactitud de los datos	21
2.6. Presión	22
2.7. Presión de una columna de líquido	24
2.8. Trabajo, potencia y energía	27
2.9. Calor y temperatura	28
2.10. Entalpía	30
2.11. La ecuación de la energía (primera ley de la termodinámica)	30
2.12. Líquidos, vapores y el cambio de estado	32
2.13. tablas de propiedades saturadas	37
2.14. Refrigeración	38
2.15. Ecuaciones para calor sensible y latente	38
2.16. Calores latentes de fusión y sublimación	41
2.17. Leyes del gas ideal (o perfecto)	42
2.18. Utilización de la energía (segunda ley de la termodinámica)	43
Preguntas de repaso	44
Problemas	45
<b>3. Cargas de Calefacción</b>	<b>47</b>
3.1. Cargas de calefacción	47
3.2. Transferencia de calor	48
3.3. Velocidad de la transferencia de calor	50

3.4. Resistencia térmica global	52
3.5. Coeficiente global de transferencia de calor	53
3.6. Pérdidas por transferencia de calor: paredes y pisos de sótanos	55
3.7. Pérdidas por transferencia de calor: pisos sobre el terreno y pisos sobre entrepisos	5658
3.8. Pérdidas de calor por inflación y ventilación	58
3.9. Condiciones de diseño	62
3.10. Pérdidas de calor del recinto y carga del recinto	63
3.11. Cargas de calefacción de la construcción	64
3.12. Otras pérdidas de calor	65
3.13. Resumen de los procedimientos para determinar las cargas de calefacción	68
Preguntas de repaso	74
Problemas	74
<b>4. Calentamiento y Calderas</b>	<b>79</b>
4.1. Calentadores de aire	80
4.2. Controles de los calentadores	82
4.3. Calderas de calefacción	84
4.4. Controles de las calderas	88
4.5. Tiro de calderas y calentadores	89
4.6. Combustible y combustión	91
4.7. Quemaduras de gas y aceite	96
4.8. Controles de falla de flama	101
4.9. Aplicaciones de las calderas	103
4.10. Capacidad y selección de calderas	103
4.11. Instalación de calderas	103
4.12. Calderas y calentadores de alta eficiencia	107
4.13. Conservación de energía	108
Preguntas de repaso	109
Problemas	110
<b>5. Sistemas de Tubería Hidrónica y Unidades Terminales</b>	<b>111</b>
5.1. Trayectoria de tubería	111
5.2. Circuito en serie	112
5.3. cabezal de un tubo	113
5.4. cabezal de dos tubos con retorno directo	114
5.5. Cabezal de dos tubos con retorno inverso	115
5.6. Disposiciones combinadas	116
5.7. Sistemas de cabezal de cuatro tubos	117
5.8. Sistema de cabezal de cuatro tubos	117
5.9. Unidades terminales del sistema hidrónico	117
5.10. Radiadores	119
5.11. Convectores	119
5.12. Zoclos	120
5.13. Tubos aceptados	120
5.14. Páneles radiantes	120
5.15. Unidades calefactores	121
5.16. Unidades de ventilador y serpentín	122
5.17. Unidades de inducción	122
5.18. Temperaturas y flujos de agua en los sistemas	123

5.19. Selección de unidades terminales	124
5.20. Procedimiento de diseño del sistema	126
Preguntas de repaso	131
Problemas	131
<b>6. Cálculo de Cargas de Enfriamiento</b>	133
6.1. Cargas de enfriamiento	133
6.2. El efecto de almacenamiento de calor	134
6.3. Ganancias de calor en recintos	135
6.4. Conducción a través de la estructura exterior	136
6.5. Conducción a través de la estructura interior	142
6.6. Radiación solar a través de vidrio	142
6.7. Condiciones de diseño	148
6.8. Alumbrado	149
6.9. Personas	151
6.10. Equipo	151
6.11. Infiltración	156
6.12. Transferencia de calor a los alrededores	156
6.13. Carga de enfriamiento del recinto	157
6.14. Cargas pico de enfriamiento	157
6.15. Carga pico en la construcción	158
6.16. Carga de enfriamiento o de refrigeración	159
6.17. Ventilación	159
6.18. Ganancia de calor en ductos	161
6.19. Calor desprendido en ventiladores y bombas	162
6.20. Fugas de aire en ductos	162
6.21. Oscilaciones de temperatura	162
6.22. Condiciones del aire de suministro	163
6.23. Resumen de procedimientos de cálculo de cargas de enfriamiento comerciales	163
<b>Cargas de Enfriamiento Residenciales</b>	166
6.24. Ganancia de calor a través de la estructuras	167
6.25. Ganancia de calor a través de ventanas	168
6.26. Personas y aparatos electrodomésticos	169
6.27. Infiltraciones y ventilación	169
6.28. Ganancias de calor y fugas en ductos	170
6.29. Carga de enfriamiento latente y total	170
6.30. Resumen de procedimientos de cálculo de cargas de enfriamiento residenciales	170
6.31. Conservación de energía	171
Problemas	173
<b>7. Psicometría</b>	177
7.1. Propiedades del aire	178
7.2. Determinación de las propiedades del aire	178
7.3. La carta psicométrica	181
7.4. Localización de la condición del aire en la carta psicométrica	185
7.5. Condensación en las partículas	186
<b>Procesos de Acondicionamiento de Aire</b>	187
7.6. Líneas de proceso en la carta psicométrica	187
7.7. Cálculo de procesos de variación de calor sensible (calefacción y	188

enfriamiento sensibles)	
7.8. Cálculo de procesos de variación de calor latente (humidificación y deshumidificación)	197
7.9. Cálculos de procesos sensibles y latentes combinados	193
7.10. Proceso de enfriamiento evaporativo y temperatura de bulbo húmedo	195
7.11. Proceso de mezclado del aire	196
<b>Análisis Psicrométrico del Sistemas de Acondicionamiento de Aire</b>	198
7.12. Determinación de las condiciones del aire de suministro	198
7.13. La relación de calor sensible	200
7.14. La línea RSHR o línea condiciones	201
7.15. Línea de proceso de serpetín	203
7.16. Análisis psicrométrico completo	204
7.17. Factor de contacto y factor de derivación (BYPASS)	206
7.18. Temperatura superficial efectiva	206
7.19. Recalentamiento	209
7.20. Control de carga parcial	210
7.21. Ganancias de calor en ventilador	210
Problemas	211
<b>8. Flujo de Fluidos en Tuberías y Ductos</b>	215
8.1. La ecuación de continuidad	215
8.2. La ecuación de energía de flujos	218
8.3. Presiones en sistemas cerrados y abiertos	219
8.4. Presiones total, estática y de la velocidad	221
8.5. Conversión de presión de velocidad a presión estática (recuperación estática)	223
8.6. Pérdidas de presión por fricción en tuberías y ductos	224
8.7. Pérdidas por fricción en flujo de agua a través de tuberías	224
8.8. Pérdidas de presión en sistemas de tuberías	230
8.9. Caídas de presión en sistemas de tuberías	230
8.10. Dimensión de los sistemas de tubería	232
8.11. Pérdidas por fricción en flujo de aire a través de ductos	235
8.12. Relación de aspecto	236
8.13. Pérdidas de presión en conexiones de ductos	237
8.14. Pérdidas de presión en la entrada y salida de ventiladores	248
8.15. Pérdidas de presión en sistemas de ductos	249
8.16. Método de diseño de ductos	251
8.17. Método de igual fricción	252
8.18. Método de recuperación estática	253
Problemas	255
<b>9. Tuberías, Válvulas, Ductos y Aislamiento</b>	261
9.1. Materiales y especificaciones de tuberías	261
9.2. Conexiones y método de unión para tuberías de acero	264
9.3. Conexiones y métodos de unión para tubería de cobre	264
9.4. Válvulas	266
9.5. Válvulas reguladoras de presión	268
9.6. Construcción de válvulas	268
9.7. Selección de válvulas	269
9.8. Expansión y anclaje de tuberías	270

9.9. Vibración	271
9.10. Aislamiento de tuberías	271
9.11. Instalación de la tubería	273
9.12. Construcción de ductos	274
9.13. Aislamiento de ductos	275
Preguntas de repaso	276
<b>10. Ventiladores y Dispositivos de Distribución de Aire</b>	<b>279</b>
10.1. Tipos de ventiladores	279
10.2. Características de funcionamiento de los ventiladores	281
10.3. Selección de ventiladores	282
10.4. Capacidades de los ventiladores	283
10.5. Características de los sistemas	287
10.6. Interacción ventilador – sistema	287
10.7. Efecto del sistemas	289
10.8. Selección de condiciones óptimas del ventilador	290
10.9. Leyes de los ventiladores	291
10.10. Construcción y dispositivos de los ventiladores	292
10.11. Instalación	293
10.12. Conservación de energía	294
<b>Dispositivos de Distribución de Aire</b>	<b>295</b>
10.13. Distribución de aire en el recinto	295
10.14. Corrientes o “patrones” de aire	296
10.15. Ubicación	297
10.16. Tipos de dispositivos de suministro de aire	297
10.17. Aplicaciones	298
10.18. Selección	300
10.19. Accesorios y conexiones de ductos	304
10.20. Dispositivos de retorno de aire	305
10.21. Ruidos	305
10.22. Control de ruidos	306
Preguntas de repaso	308
Problemas	309
<b>11. Bombas Centrífugas, Tanques de Expansión y Ventilación</b>	<b>311</b>
11.1. Tipos de bomba	311
11.2. Principios de funcionamiento	312
11.3. Características de las bombas	312
11.4. Selección de bombas	316
11.5. Características del sistema	317
11.6. Características del sistema t características de la bomba	318
11.7. Leyes de similitud de las bombas	319
11.8. Construcción de las bombas	319
11.9. Carga de succión positiva neta	323
11.10. El tanque de expansión	324
11.11. Control de presión del sistema	325
11.12. Tamaño del tanque de compresión	328
11.13. Control de aire y ventilación	329
11.14. Conservación de energía	329
Preguntas de repaso	329

Problemas	329
<b>12. Sistemas y Equipo de Acondicionamiento de Aire</b>	<b>331</b>
12.1. Clasificaciones de sistemas	331
12.2. Sistemas de sólo aire	332
12.3. Sistemas de zona única o unísonas	333
12.4. Sistemas de recalentamiento	335
12.5. Sistemas de zonas múltiples o multizonas	335
12.6. Sistemas de doble ducto	337
12.7. Sistema de volumen variable de aire (VAV)	338
12.8. Sistema de sólo agua	339
12.9. Sistemas de aire y agua	339
12.10. Comparación de sistemas unitarios y centrales	340
12.11. Unidades de recinto	341
12.12. Acondicionadores unitarios de aire	342
12.13. Unidades de techo	342
12.14. Unidades manejadoras de aire	343
12.15. Serpentines de enfriamiento y de calefacción	344
12.16. Selección del serpentín	344
12.17. Dispositivos para la limpieza del aire (filtros)	345
12.18. Métodos de eliminación de polvo	346
12.19. Métodos de prueba de filtros	346
12.20. Tipos de limpiadores de aire	348
12.21. Selección de limpiadores de aire	349
12.22. Necesidades energéticas de los diferentes tipos de sistemas de acondicionamiento de aire	349
12.23. Conservación de la energía	353
Preguntas de repaso	354
Problemas	354
<b>13. Sistemas y equipos de Refrigeración</b>	<b>355</b>
<b>Sistema de Refrigeración por compresión de Vapor</b>	<b>356</b>
13.1. Fundamentos	356
13.2. Equipo	357
13.3. Evaporadores	357
13.4. Tipos de compresores	359
13.5. Compresores reciprocantes	359
13.6. Compresores rotatorios	359
13.7. Compresores de tornillo	360
13.8. Compresores centrífugos	360
13.9. Control de capacidad en los compresores	360
13.10. Impulsores	361
13.11. Condensadores	361
13.12. Dispositivos para el control de flujo	363
13.13. Controles de seguridad	364
13.14. Equipos paquete de refrigeración	365
13.15. Selección	365
13.16. Eficiencia energética	370
13.17. Instalación de enfriadores de refrigeración	371
13.18. Torres de enfriamiento	371

<b>Sistema de Refrigeración por Absorción</b>	<b>372</b>
13.19. Fundamentos	372
13.20. Construcción y funcionamiento	375
13.21. Aplicaciones especiales	376
13.22. Control de capacidad	377
13.23. Cristalización	377
13.24. Instalación	377
<b>La Bomba de Calor</b>	<b>377</b>
13.25. Fundamentos	377
13.26. Eficiencia energética	378
13.27. Selección de bombas de calor; el punto de equilibrio	380
13.28. Energía solar: aplicación de la bomba de calor	383
13.29. Refrigeración	384
13.30. Tratamiento de agua	384
13.31. Conservación de energía en refrigeración	384
Preguntas de repaso	385
Problemas	385
<b>14. Controles Automáticos</b>	<b>387</b>
14.1. Descripción de los controles automáticos	388
14.2. Objetivos de los controles	388
14.3. El sistema de control	389
14.4. Sistemas de control por lazo cerrado (retroalimentación) y lazo abierto	390
14.5. Fuentes de energía	391
14.6. Diagrama de componentes de control	392
14.7. Tipos de acciones de control	392
14.8. Controladores	395
14.9. Dispositivos controlados	398
14.10. Selección de sistemas de control	401
14.11. Control por temperatura del recinto	401
14.12. Control por aire exterior	402
14.13. Control a través del medio de calefacción/enfriamiento	404
14.14. Control de humedad	406
14.15. Sistemas de control total	407
Preguntas de repaso	
Problemas	
<b>15. Utilización y Conservación de la Energía</b>	<b>411</b>
15.1. Estándares y códigos	412
15.2. Fuentes de energía	414
15.3. Principios de utilización de energía	415
15.4. Medición de la utilización de energía (eficiencia) en equipo de generación de potencia	417
15.5. Medición de la conservación de energía en el equipo de enfriamiento; coeficiente de funcionamiento y relación de eficiencia energética (CO y EER)	420
15.6. Medición de la conservación de energía en la bomba de calor	422
15.7. Medición de la conservación de energía en el equipo de calefacción	422
15.8. Medición de la conservación de energía en bombas y ventiladores	423

y acondicionamiento de aire en construcciones existentes	
15.9. Medición del uso de energía en los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire en construcciones existentes	423
15.10. Medición del uso de energía en sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire en construcciones nuevas	424
15.11. El método del grado día	424
15.12. Otros métodos de medición de energía	427
15.13. Recuperación de calor aire – aire	427
15.14. Recuperación de calor aire – aire	427
15.15. Recuperación de calor del ciclo de refrigeración	430
15.16. Sistemas de energía total	431
16.17. Métodos de conservación de energía	433
16.18. Edificación de construcciones	433
16.19. Criterios de diseño	434
16.20. Diseño del sistema	435
16.21. Controles	436
15.22. Instalación	436
15.23. Operación y mantenimiento	436
15.24. Computadoras en los servicios de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire	438
15.25. Programación de computadoras	439
15.26. Lenguajes de programación	439
Problemas	440
<b>16. Instrumentación, Prueba y Balanceo</b>	427
16.1. Definiciones	444
16.2. Instrumental	444
16.3. Temperatura	444
16.4. Presión	446
16.5. Velocidad	448
16.6. Gasto	450
16.7. Flujo de calor	452
16.8. Humedad	453
16.9. Velocidad del equipo	453
16.10. Energía eléctrica	453
16.11. Prueba y balanceo	454
16.12. Preparación para balancear el sistema de aire	454
16.13. Proceso de balanceo del sistema de aire	455
16.14. Preparación para balanceo del sistema de agua	457
16.15. Proceso de balanceo del sistema de agua	457
16.16. Conservación de energía	458
16.17. Medición de ruido	458
Preguntas de repaso	459
Problemas	459
<b>17. Planificación y Diseño del Sistema de Calefacción Ventilación y acondicionamiento de Aire</b>	445
17.1. Procedimientos de diseño de un sistema hidrónico	461
17.2. Cálculo de la carga térmica	462
17.3. Tipo y ubicación de las unidades terminales	466
17.4. Disposición del sistema de tubería	466

17.5. Flujo y temperaturas	468
17.6. Selección de las unidades terminales	468
17.7. Dimensionamiento de tuberías	469
17.8. Ubicación de tuberías o ductos	471
17.9. Selección de bombas	472
17.10. Selección de calderas	472
17.11. Tanque de compresión	473
17.12. Accesorios	473
17.13. Controles	473
17.14. Planos y especificaciones	473
17.15. Uso y conservación de energía	474
17.16. Procedimientos de diseño de un sistema de sólo aire	475
17.17. Cálculo de la carga de enfriamiento	475
17.18. Tipo del sistema	482
17.19. Ubicaciones del equipo y la ductería	482
17.20. Tamaños de ductos	482
17.21. Dispositivos de distribución de aire	484
17.22. Equipo	484
17.23. Accesorios	485
17.24. Sistema de control automático	485
17.25. Planos y especificaciones	486
17.26. Conservación de energía	487
Problemas	487
<b>18. Sistemas de Calefacción y Enfriamiento Solar</b>	<b>473</b>
18.1. Colectores solares	490
18.2. Sistemas de almacenamiento y distribución	492
18.3. Tipos de sistemas de calefacción solar	493
18.4. Sistemas de enfriamiento solar	494
18.5. Energía de radiación solar	495
18.6. Tablas de insolación	496
18.7. Factor de claridad	501
18.8. Ángulos de Orientación e Inclinación	502
18.9. Horas de Brillo solar	502
18.10. Funcionamiento del Colector	505
18.11. Dimensionamiento del colector	506
18.12. Análisis económico	507
18.13. Dimensionamiento del Sistema de Almacenamiento	508
18.14. Datos aproximados de Diseño del Sistema	511
18.15. Sistemas pasivos de calefacción solar	512
Problemas	514
Bibliografía	515
Apéndice	517
Tabla A.1. Abreviaturas y símbolos	517
Tabla A.2. Equivalencias de Unidades (Factores de conversión)	519
Tabla A.3. Propiedades del vapor y agua saturados	520
Tabla A.4. Resistencia térmica de materiales aislante y de construcción	521
Tabla A.5. Resistencia	524
Tabla A.6. Secciones transversales de construcciones típicas de techos	525

y paredes	
Tabla A.7. Coeficiente global U de transferencia de calor para componentes de edificación	528
Tabla A.8. Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio	531
Tabla A.9. Condiciones exteriores de diseño	532
Figura A.1. Formato de cálculo de carga de calefacción en el recinto	537
Figura A.2. Formato de cálculo de carga de calefacción en la construcción	538
Figura A.3. Formato de cálculo de carga de enfriamiento en construcción comercial	5398
Figura A.4. Formato de cálculo de carga de enfriamiento residencial	540
Figura A.5. Carta psicrométrica, Unidades Inglesas	541
Figura A.6. Carta psicrométrica, Unidades SI	543