

INDICE

Prólogo	5
Capítulo I. Principios Básicos	15
I.1. Primera ley de la termodinámica	15
I.2. Segunda ley de la termodinámica	15
I.3. Ley de Boyle	15
I.4. Ley de Joule	16
I.5. Ley de Joule	16
I.6. Ley de Avogadro	16
I.7. Gas perfecto	17
I.8. Mol	21
I.9. Ley de Gibbs – Dalton	25
Ejercicios	30
Capítulo II. Características de la Mezcla Vapor – Aire	33
II.1. Generalidades	33
II.2. Aire	33
Composición	33
Calor específico (Cp)	34
Peso específico (w)	34
Volumen específico (v)	35
Humedad absoluta o densidad (d _v)	35
Humedad específica o relación de humedad (W _v)	36
Humedad relativa (ϕ)	36
Variación de la humedad relativa	37
Relación entre presiones parciales y humedad específica	39
Relación de saturación (u)	42
Relación de la “humedad relativa” co la “relación de saturación”	42
Temperatura de bulbo seco y el bulbo húmedo	45
Temperatura de saturación adiabática	47
Relación entre las temperaturas de bulbo seco, de bulbo húmedo y punto de rocío, al pasar el aire por un humidificador	52
Entalpía del aire	53
Volumen de aire seco que se incrementa 1°F por cada Btu suministrado	56
Volumen de una mezcla de aire y vapor de agua	57
Leyes psicrométricas	57
Ejercicios	57
Capítulo III. Tablas y Cartas Psicométricas	59
III.1. Tablas psicométricas	59
III.2. Carta psicométrica	72
III.3. Propiedades psicométricas a diferentes altitudes	76
III.4. Desviación de la entalpía	78
Ejercicios	81
Capítulo IV. Procesos Psicométricos	85
IV.1. Mezcla de dos flujos de aire	85
IV.2. Flujo de aire sobre una superficie seca y más caliente que le aire	88
IV.3. Flujo de aire sobre una superficie seca y más fría que el aire	89
IV.4. Proceso de enfriamiento y deshumidificación	90
IV.5. Proceso de enfriamiento y humidificación	93

IV.6. Proceso de calentamiento y deshumidificación	94
IV.7. Proceso de calentamiento y humidificación	95
Ejercicios	96
Capítulo V. Humidificación y Deshumidificación	99
V. Humidificación	99
V. Deshumidificación	107
V. Humidificación del aire en una torre de enfriamiento de agua	115
Ejercicios	123
Capítulo VI. Cantidad y Características del Aire Suministrado	125
VI.1. Cantidad necesaria de aire	125
En invierno (calefacción)	125
En verano (refrigeración o enfriamiento)	126
VI.2. Cálculos de humedad	129
VI.3. Cálculo de calor latente	131
VI.4. Factor de calor sensible	134
Generalidades	134
Factor de calor sensible en la carta psicrométrica	136
Casos especiales de las líneas de factor de calor sensible	144
VI.5. Aire de retorno	148
VI.6. Ciclo completo del aire suministrado	152
Ejercicios	154
Capítulo VII. Condiciones de Comodidad	157
VII.1. Factores que influyen en la comodidad	157
VII.2. La sensación de comodidad	158
VII.3. Carta de comodidad	160
VII.4. Factores que determinan la temperatura efectiva	160
VII.5. Máximas condiciones tolerables	162
VII.6. Condiciones recomendables para diseñar en verano	163
VII.7. Condiciones recomendables para diseñar en invierno	163
VII.8. Condiciones de diseño para el movimiento de aire	164
VII.9. Condiciones de ventilación	164
Ejercicios	166
Capítulo VIII. Calefacción	167
VIII.1. Consideraciones básicas	167
VIII.2. Condiciones de diseño en invierno	167
VIII.3. Carga de comodidad	160
Trasmisión de calor a través de muros, techos y pisos	173
Coefficiente combinado de trasmisión de calor U	174
Trasmisión por convección entre la superficie y el aire	176
Infiltración de aire	181
Cargas misceláneas	187
VIII.4. Equipo distribuidor de calor	190
1. Relaciones y convectores por gravedad	190
Equivalente de radiación directa	190
Corrección por variación de temperaturas	190
Calefacción de convección forzada	191
2. Calentadores de convección forzada	191
Calefacción central	191

3. Tipos de convectores y radiadores	193
VIII.5. Sistemas de calefacción	195
Sistemas de vapor	195
Sistemas de agua caliente	197
1. Sistema por gravedad	198
2. Sistemas por circulación forzada	200
Sistemas de aire caliente	202
I. Calefacción central cuando se toma todo el aire fresco del exterior	203
II. Calefacción central cuando todo el aire se recircula	204
III. Calefacción central cuando parte del aire se recircula y el resto se toma del exterior	206
IV. Calefacción central cuando se mantiene una humedad relativa constante y se toma todo el aire del exterior	207
V. Calefacción central manteniendo una humedad relativa constante y tomando el aire del exterior, de recirculación y de "by pass" del humidificador	213
VI. Calefacción central cuando se requieren distintas temperaturas en diferentes cuartos	219
Sistemas con energía eléctrica	219
Sistemas con gas	220
VIII.6. Cálculo del costo de combustible	220
Ejercicios	224
Capítulo IX. Refrigeración	227
IX.1. Generalidades	227
Definición	277
Carga de calor	227
Agente de refrigeración	227
IX.2. Ciclo mecánico de compresión	299
Evaporación	229
Control de la temperatura de evaporación	230
Abastecimiento del refrigerante al evaporador	230
Recuperación del refrigerante	231
IX.3. Ciclo termodinámico	234
Ciclo de Carnot	234
Ciclo de un vapor refrigerante	238
Expansión	240
Efecto de refrigeración	241
Capacidad del sistema	243
Tonelada de refrigeración	243
Evaporación	246
Compresión	250
Capacidad del compresor	251
Desplazamiento efectivo	251
Condensación	252
Ciclos actuales o reales	264
I. Efecto de sobrecalentamiento en la succión del compresor	264
II. Efecto de subenfriamiento del líquido	265
III. Efecto de las pérdidas de presión, debidas a la fricción	267
IV. Ciclo real que muestra los efectos de sobrecalentamiento,	268

subenfriamiento y pérdidas de fricción	
IX.4. Carga de refrigeración	268
I. Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad	268
1. Ganancia de calor debida a la transmisión a través de barreras	270
2. ganancia de calor debida al efecto solar	270
3. Ganancia de calor debida a la infiltración de aire	286
4. Ganancia de calor debida a personas	288
5. Ganancia de calor debida al equipo misceláneos	295
6. Ganancia de calor debida al aire para ventilación	296
II. Carga de refrigeración, tratándose de refrigeración industrial	309
a) Generalidades	309
b) Cálculo de la carga de refrigeración	310
1. Transmisión de calor a través de barreras	310
2. Ganancia de calor debida al efecto solar	310
3. Ganancia de calor debida a la infiltración de aire	311
4. Ganancia de calor debida a personas	311
5. Ganancia de calor debida a equipo misceláneo	311
6. Ganancia del calor debida al aire para ventilación	311
7. Ganancia de calor debida a los productos por refrigerar	311
8. Ganancia de calor debida al calor por respiración de algunos productos	317
9. Ganancia de calor debida al descongelamiento del evaporador	319
10. Ganancia de calor debida a las envolturas o envases	321
III. Refrigeración por absorción	328
a) Generalidades	328
b) Descripción de los sistemas	329
Ejercicios	333
Capítulo X. Refrigerantes	337
X.1. Efecto de refrigeración	337
X.2. Punto de ebullición	339
X.3. Temperatura y presión de condensación	341
X.4. Relación de compresión	342
X.5. Coeficiente de comportamiento	343
X.6. Densidad	343
X.7. Calor específico del líquido	343
X.8. Calor específico del vapor	344
X.9. Temperatura y presión críticas	344
X.10. Punto de congelación	344
X.11. Estabilidad química y efecto de la humedad	344
X.12. Relación refrigerante – aceite	345
X.13. Toxicidad	346
X.14. Inflamabilidad	346
X.15. Detección de fugas	346
X.16. Olor	347
X.17. Costo y disponibilidad	347
X.18. Tipos de refrigerantes	347
I. Amoniaco	347
II. Bióxido de carbono	349

III. Anhídrido sulfuroso (SO ₂)	350
IV. Grupo de hidrocarburos	350
V. Grupo halogenado	351
VI. Familia de la azeótropos	353
VII. Refrigerantes misceláneos	354
X.19. Clasificación de los refrigerantes	354
X.20. Refrigerantes secundarios	356
X.21. Anticongelantes	358
I. Amoniaco	347
II. Bióxido de carbono	349
III. Anhídrido sulfuroso (SO ₂)	350
IV. Grupo halogenado	351
V. Grupo halogenado	351
VI. Familia de los azeótropos	353
VII. Refrigerantes misceláneos	354
X.19. Clasificación de los refrigerantes	354
X.20. Refrigerantes secundarios	356
X.21. Anticongelantes	358
Capítulo XI. Ventiladores y Ductos	359
a) Ventiladores	3359
1. Generalidades	359
2. Usos generales	360
3. Potencia y eficiencia	362
4. Leyes de los ventiladores	362
5. Efecto de la densidad del aire en ductos y ventiladores	366
6. Pérdidas en ductos	366
7. Comportamiento de los ventiladores	368
b) Ductos	369
1. Generalidades	369
2. Pérdida debidas a la fricción	369
3. Cálculo de un sistema de ductos para aire acondicionado	371
4. Ecuaciones de recuperación	374
5. Ductos de retorno	375
6. Ganancia o pérdida de calor en ductos	375
7. Medida del flujo de aire	384
Ejercicios	387
Capítulo XII. Equipo Principal de Refrigeración	389
Generalidades	389
a) Evaporadores	389
a) Clasificación	389
b) Construcción de evaporadores	391
c) Capacidad de los evaporadores	393
b) Condensadores	397
1. Tipos	397
2. Capacidad	397
3. Cantidad y temperatura del medio refrigerante	397
4. Condensador de aire	398
5. Condensadores de agua	398

6. Condensadores evaporativos	399
c) Controles de flujo de refrigerantes	400
I. Válvula de expansión manual	400
II. Válvula de expansión automática	400
III. Válvulas de expansión termostática	401
IV. Tubos capilares	403
VI. Control con flotador de baja presión	403
VI. Control con flotador de alta presión	404
VII. Otras válvulas y accesorios de control	404
Apéndice	409
Tabla A-1. Propiedades termodinámicas del amoníaco. Tabla de temperaturas	411
Tabla A-2. Propiedades termodinámicas del amoníaco. Tabla de presiones	415
Tabla A-3. Propiedades termodinámicas del vapor de amoníaco sobrecalentado	419
Tabla A-4. Propiedades termodinámicas del Freón – 12. Tabla de temperatura	435
Tabla A-5. Propiedades termodinámicas del Freón – 12. Vapor sobrecalentado	443
Diagrama D-1. Propiedades del amoníaco. Diagrama de Mollier	
Diagrama D-2. Diagrama presión – entalpia del Freón -12	
Diagrama D-3. Carta psicrométrica	