

## INDICE

### I.- SISTEMAS TERMODINAMICOS

<i>Introducción a la Termodinámica.- Sistemas macroscópicos</i>	<i>1</i>
<i>Ecuaciones de estado</i>	<i>3</i>
<i>Superficies de estado</i>	<i>4</i>
<i>Coeficientes de dilatación, piezotérmico y compresibilidad</i>	<i>6</i>
<i>Ecuación de estado de un gas perfecto</i>	<i>7</i>
<i>Ecuación de estado energética de un gas perfecto</i>	<i>8</i>
<i>Expresiones matemáticas que definen un gas perfecto</i>	<i>9</i>
<i>Relación entre la unidad de masa y el mol.- Leyes de Dalton y Amagat</i>	<i>10</i>

### II.- GASES REALES

<i>Concepto de gas real</i>	<i>13</i>
<i>Potencial de Lennard-Jones</i>	<i>13</i>
<i>Ecuaciones de estado de los gases reales</i>	<i>14</i>
<i>Ecuación de Van der Waals</i>	<i>14</i>
<i>Fluidos condensables</i>	<i>16</i>
<i>Proyecciones de la superficie (p,v,T).- Diagramas de fases</i>	<i>16</i>
<i>Diagrama de fases (p,T)</i>	<i>16</i>
<i>Concepto de línea triple. Punto triple</i>	<i>17</i>
<i>Superficie (p,v,T) de una sustancia que se expande al congelarse. Diagrama de fases y (p,v)</i>	<i>17</i>
<i>Superficie (p,v,T) de una sustancia que se comprime al congelarse. Diagrama de fases y (p,v)</i>	<i>17</i>
<i>Diagrama (p,v)</i>	<i>18</i>
<i>Isotermas</i>	<i>18</i>
<i>Ley de estados correspondientes</i>	<i>18</i>
<i>Factor de compresibilidad</i>	<i>18</i>
<i>Diagrama del factor de compresibilidad generalizado de Nelson-Obert (presiones altas)</i>	<i>19</i>
<i>Diagrama del factor de compresibilidad generalizado de Nelson-Obert (presiones medias)</i>	<i>19</i>
<i>Curva y temperatura de Boyle</i>	<i>19</i>
<i>Otras ecuaciones del comportamiento de los gases reales</i>	<i>20</i>
<i>Aplicación de la ecuación del virial</i>	<i>21</i>
<i>Ecuaciones de estado de segundo grado, <math>p &lt; 15 \text{ atm}</math></i>	<i>21</i>
<i>Ecuaciones de estado de tercer grado, <math>30 &lt; p &lt; 50 \text{ atm}</math></i>	<i>22</i>
<i>Correlaciones generalizadas para gases</i>	<i>23</i>
<i>Técnicas de iteración</i>	<i>23</i>
<i>Volúmenes de vapor</i>	<i>23</i>
<i>Volúmenes líquidos</i>	<i>23</i>
<i>Factor de compresibilidad</i>	<i>23</i>
<i>Ecuación de Redlich /Kwong</i>	<i>24</i>
<i>Ecuación de Benedict /Webb /Rubin</i>	<i>24</i>
<i>Factor acéntrico</i>	<i>25</i>
<i>Método gráfico</i>	<i>27</i>
<i>Correlación para Z desarrollada por Pitzer</i>	<i>27</i>
<i>Método analítico</i>	<i>29</i>
<i>Correlaciones generalizadas para líquidos. Ecuación de Rackett</i>	<i>29</i>

### III.- CALOR Y TRABAJO

<i>Naturaleza física del calor.</i>	<i>31</i>
<i>Capacidad calorífica</i>	<i>31</i>
<i>Calor específico</i>	<i>32</i>
<i>Calores específicos de los gases</i>	<i>33</i>

<i>Calores específicos para algunos gases comunes en condiciones de gas ideal</i>	34
<i>Calor específico de algunos gases en el intervalo, 0°C- 1500°C</i>	34
<i>Trabajo de expansión de un gas</i>	35
<i>Equivalencia entre calor y trabajo</i>	35
<i>Trabajo de expansión en sistemas gaseosos</i>	35
<i>Transformaciones reversibles</i>	36
<i>Transformaciones irreversibles</i>	36
<i>El calor de reacción estándar</i>	37
<i>Calor de formación standar</i>	38
<i>Tabla de calores específicos a presión constante de algunos gases en el estado de gas ideal</i>	39
<i>Tabla de calores específicos de algunos sólidos</i>	40
<i>Tabla de calores específicos de algunos líquidos</i>	40
<i>El calor de combustión estándar</i>	41
<i>Tabla de calores estándar de formación de la sustancia formada a 25°C en, J/mol</i>	42

#### IV.- PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINAMICA

<i>Introducción al Primer Principio</i>	43
<i>El Primer Principio y los sistemas cerrados</i>	44
<i>Energía de un sistema cerrado</i>	44
<i>Balace de energía de un sistema estacionario</i>	45
<i>Ecuaciones energéticas de un sistema</i>	46
<i>Procesos a: <math>v = Cte</math></i>	46
<i>Procesos a: <math>p = Cte</math></i>	47
<i>Procesos a: <math>T = Cte</math></i>	47
<i>Procesos a: <math>Q = Cte</math></i>	47
<i>Coefficientes calorimétricos de un sistema homogéneo</i>	47
<i>Transformaciones adiabáticas</i>	49
<i>Teorema de Reech</i>	49
<i>Transformaciones politrópicas; índice de politropía</i>	50
<i>Transformaciones a volumen constante</i>	51
<i>Transformaciones a presión constante; concepto de entalpía</i>	51
<i>Transformaciones isotérmicas</i>	52
<i>Trabajo de rozamiento</i>	52
<i>Transformación real o politrópica irreversible</i>	52
<i>Politrópica reversible</i>	53

#### V.- APLICACIONES DEL PRIMER PRINCIPIO A SISTEMAS ABIERTOS

<i>Energía de una corriente fluida</i>	55
<i>Energía almacenada en un sistema abierto</i>	56
<i>Balace energético de un sistema aislado</i>	56
<i>Ecuación energética de un fluido en régimen estacionario</i>	57
<i>Consideraciones termodinámicas</i>	57
<i>Consideraciones mecánicas</i>	58
<i>Procesos de calentamiento y enfriamiento</i>	59
<i>Procesos en tubos aislados, toberas y difusores</i>	59
<i>Turbinas y compresores</i>	59
<i>Efecto Joule Kelvin</i>	60
<i>Líneas isoentálpicas y curva de inversión</i>	61
<i>Tabla del efecto Joule-Kelvin para el aire</i>	62
<i>Ecuación de Bernoulli</i>	63
<i>Formulación de Saint.-Venant</i>	64
<i>Formulación de Torricelli</i>	64
<i>Formulación de Navier para expansión isoterma</i>	64
<i>Formulación de Weisbach y Grashoff</i>	64
<i>Formulación de Zeuner</i>	64
<i>Flujo no estacionario</i>	65

## VI.- SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINAMICA

<i>Introducción y definiciones del Segundo Principio de la Termodinámica</i>	67
<i>Transformaciones cíclicas monoterms</i>	68
<i>Transformaciones cíclicas con dos fuentes térmicas</i>	69
<i>Ciclo de Carnot</i>	71
<i>Función entropía</i>	73
<i>Teorema de Clausius</i>	74
<i>Variación de la entropía en procesos reversibles</i>	75
<i>Entropía de una mezcla de gases ideales</i>	76
<i>Diagrama entrópico</i>	77
<i>Representación entrópica de algunas transformaciones</i>	77
<i>Ciclo de Carnot en el diagrama entrópico</i>	79
<i>Aprovechamiento de un salto térmico</i>	80
<i>Ciclo de Carnot con irreversibilidad térmica externa</i>	80
<i>Energía utilizable en las transformaciones cíclicas</i>	81
<i>Ciclos con irreversibilidades internas</i>	82

## VII.- LEYES DEL EQUILIBRIO DE LAS TRANSFORMACIONES REALES

<i>Sistemas termodinámicos</i>	85
<i>Sistemas térmicamente aislados</i>	85
<i>Sistemas a temperatura y volumen constantes. Potencial de Helmholtz</i>	85
<i>Sistemas a presión y temperatura constantes. Función de Gibbs</i>	86
<i>Relaciones de Thomson</i>	87
<i>Trabajo técnico</i>	87
<i>Ecuaciones de Maxwell</i>	89
<i>Función termodinámica U. Primera ecuación de Maxwell</i>	89
<i>Función termodinámica F. Segunda ecuación de Maxwell</i>	90
<i>Función termodinámica I. Tercera ecuación de Maxwell</i>	90
<i>Función termodinámica G. Cuarta ecuación de Maxwell</i>	90
<i>Potencial químico</i>	90
<i>Ecuaciones de Gibbs-Helmholtz</i>	91
<i>Ecuación de Clausius.-Clapeyron</i>	92
<i>Cambios de fase de Primer Orden</i>	92
<i>Ecuación de Riedel</i>	94
<i>Ecuación de Watson</i>	94
<i>Cambios de fase de Segundo Orden; ecuaciones de Ehrenfest</i>	94
<i>Aplicaciones conjuntas de los dos Primeros Principios Termodinámicos</i>	95

## VIII.- RENDIMIENTO Y EXERGÍA

<i>Rendimiento</i>	99
<i>Coefficiente de calidad, rendimiento mecánico y total</i>	99
<i>Determinación del coeficiente de calidad mediante el diagrama entrópico</i>	100
<i>Potencia indicada, potencia útil, consumo de combustible y coste de la energía producida</i>	102
<i>Concepto de Exergía</i>	102
<i>Concepto de medio ambiente</i>	103
<i>Concepto de estado muerto</i>	104
<i>Cálculo de la exergía</i>	104
<i>Balance de exergía para sistemas cerrados</i>	106
<i>Transferencia de exergía</i>	108
<i>Exergía de flujo</i>	109
<i>Balance de exergía en un volumen de control</i>	111
<i>Eficiencia exergética en turbinas</i>	112
<i>Eficiencia exergética en bombas y compresores</i>	112
<i>Eficiencia exergética en intercambiadores de calor de superficie</i>	112

<i>Eficiencia exergética en intercambiadores de calor de mezcla</i>	113
<i>Ejemplos</i>	114

## IX.- FLUJO COMPRESIBLE

<i>Relaciones entre el coeficiente adiabático y la velocidad del sonido en un fluido compresible</i>	121
<i>Formulación de Hugoniot</i>	123
<i>Derrame por toberas</i>	124
<i>Condiciones críticas</i>	126
<i>Estudio de una corriente fluida en una tobera Laval</i>	127
<i>La presión de salida es ligeramente superior a la presión crítica</i>	129
<i>La presión de salida es igual a la presión crítica</i>	129
<i>La presión de salida es menor que la presión crítica</i>	129
<i>La presión del fluido a la salida de la tobera es mayor que la presión exterior</i>	129
<i>Perfil de una tobera por el método gráfico de Kolb</i>	130
<i>Flujo isoentrópico de un gas perfecto</i>	131
<i>Gasto máximo</i>	132
<i>Onda de choque normal</i>	133
<i>Onda de choque normal en conductos</i>	134
<i>Líneas de Rayleigh y Fanno</i>	135
<i>Línea de Rayleigh</i>	136
<i>Línea de Fanno</i>	138
<i>Otras expresiones de las líneas de Rayleigh y Fanno, en coordenadas (i-s)</i>	138
<i>Línea de Fanno</i>	138
<i>Línea de Rayleigh</i>	141
<i>Flujo adiabático en conductos de sección constante, con rozamiento</i>	143
<i>Bloqueo debido a la fricción</i>	145
<i>Flujo sin rozamiento por el interior de conductos con transferencia de calor</i>	147
<i>Flujo isoterma permanente en tuberías largas</i>	149
<i>Tablas de Fanno y Rayleigh</i>	151

## X.- CICLOS DE MAQUINAS TERMICAS QUE FUNCIONAN CON GAS

<i>Ciclo de Carnot</i>	167
<i>Ciclos de igual rendimiento al de Carnot</i>	167
<i>Ciclo Stirling</i>	167
<i>Principio mecánico</i>	168
<i>Funcionamiento del motor</i>	168
<i>Rendimiento térmico</i>	169
<i>Ciclo Ericsson</i>	170
<i>Transformaciones termodinámicas del motor</i>	170
<i>Realización mecánica</i>	171
<i>Funcionamiento del motor</i>	172
<i>Rendimiento térmico</i>	173
<i>Ciclos de turbinas de gas</i>	173
<i>Ciclo de Atkinson.</i>	173
<i>Ciclo de Brayton</i>	175
<i>Esquema de una turbohélice</i>	176
<i>Esquema de una turbosoplante</i>	176
<i>Esquema de una máquina de chorro</i>	176
<i>Esquema de un turborreactor</i>	176
<i>Ciclo Otto.-Beau de Rochas de aire estándar</i>	178
<i>Funcionamiento de un motor de 4 tiempos</i>	178
<i>Funcionamiento de un motor de 2 tiempos</i>	179
<i>Trabajo de compresión</i>	181
<i>Trabajo de expansión</i>	182
<i>Trabajo útil del ciclo</i>	182
<i>Par motor</i>	182

<i>Temperatura y presión alcanzados por la combustión en un ciclo Otto</i>	183
<i>Ciclo Diesel de aire estándar</i>	183
<i>Ciclo Semidiesel.-Sabathe</i>	185
<b>Anexo- Gasolinas</b>	<b>187</b>

#### XI.- PROPIEDADES TERMODINAMICAS DE LOS FLUIDOS CONDENSABLES

<i>Estudio de los fluidos condensables</i>	191
<i>Isoterma crítica</i>	191
<i>Presión de saturación</i>	192
<i>Título de un vapor</i>	193
<i>Estudio calorimétrico del vapor de agua</i>	193
<i>Diagrama de Izart</i>	195
<i>Diagrama de Mollier</i>	196
<i>Tablas y diagramas</i>	198

#### XII.- CICLOS DE MAQUINAS TERMICAS

<i>Introducción y clasificación de las máquinas térmicas</i>	211
<i>Ciclo de Carnot</i>	212
<i>Ciclo Rankine</i>	213
<i>Irreversibilidades internas de un ciclo Rankine</i>	214
<i>Irreversibilidades externas</i>	215
<i>Ciclo Rankine con sobrecalentamiento y recalentamiento</i>	215
<i>Ciclos de regeneración</i>	219
<i>Extracciones y sangrías de vapor</i>	219
<i>Esquema de ciclo Rankine con una extracción de vapor y precalentador de mezcla</i>	220
<i>Esquema de ciclo Rankine con una extracción de vapor y precalentador de superficie</i>	221
<i>Esquema de un ciclo de vapor con dos extracciones y precalentadores de flujos paralelos</i>	222
<i>Esquema de un ciclo de vapor con dos extracciones y precalentadores de mezcla</i>	223
<i>Temperatura óptima de la primera extracción de vapor</i>	223
<i>Temperaturas de extracción para dos sangrías de vapor</i>	224
<i>Temperaturas de extracción para tres sangrías de vapor</i>	224
<i>Ciclos binarios</i>	225
<i>Expansión en cilindros de trabajo</i>	227
<i>Ciclos Compound</i>	230

#### XIII.- CICLOS DE REFRIGERACION POR COMPRESION

<i>Técnicas y sistemas de producción de frío</i>	233
<i>Clasificación</i>	234
<i>Sistemas basados en la expansión adiabática de un fluido gaseoso</i>	234
<i>Sistemas basados en la elevación de la temperatura de un fluido frigorígeno</i>	234
<i>Métodos especiales</i>	235
<i>Efecto Peltier (Termoeléctrico)</i>	235
<i>Efecto Haas-Keenson</i>	235
<i>Efecto Etingshausen (Termo-magneto-eléctrico)</i>	235
<i>Efecto de Ranke-Hilsh (Torbellino)</i>	235
<i>Coefficientes de efecto frigorífico</i>	235
<i>Máquinas frigoríficas de aire</i>	237
<i>Ciclo teórico</i>	237
<i>Ciclos reales</i>	238
<i>Ciclo de gas con regeneración</i>	240
<i>Ciclo de Carnot de un fluido condensable</i>	241
<i>Máquinas frigoríficas de fluidos condensables con ciclos con expansión isentálpica</i>	242
<i>Compresión en régimen húmedo</i>	242
<i>Compresión en régimen seco</i>	243
<i>Esquema de ciclo frigorífico con subenfriamiento en un intercambiador de calor del líquido condensado</i>	244

<i>Sistemas de multicompresión con refrigeración intermedia</i>	244
<i>Compresión múltiple directa</i>	244
<i>Formas de obtener el enfriamiento intermedio en el compresor</i>	245
<i>Refrigeración intermedia exterior</i>	245
<i>Temperatura límite de subenfriamiento cuando se utiliza el agua de refrigeración del condensador</i>	245
<i>Inyección parcial de fluido frigorígeno</i>	246
<i>Sistema de multicompresión con refrigeración intermedia y dos expansiones</i>	245
<i>Inyección directa de fluido frigorígeno</i>	246
<i>Sistema de enfriamiento intermedio por inyección directa de fluido frigorígeno</i>	246
<i>Sistemas de doble compresión y expansión con enfriador intermedio y separador de líquido</i>	247
<i>Enfriador intermedio de tipo cerrado con inyección parcial, (intercambiador de superficie)</i>	247
<i>Enfriador intermedio de tipo abierto con inyección total, (intercambiador de mezcla)</i>	248
<i>Compresores</i>	249
<i>Relación de compresión</i>	249
<i>Sistemas de compresión múltiple indirecta; refrigeración en cascada</i>	250
<i>Esquema de sistema de ciclo en cascada con dos etapas de compresión</i>	251
<i>Esquema de ciclo en cascada con ciclo simple y ciclo de inyección total con enfriador intermedio</i>	252
<i>Expansión múltiple</i>	252
<i>Instalaciones con suministro de fluido frigorígeno a distintas temperaturas</i>	252
<i>Compresión simple y expansión múltiple</i>	252
<i>Compresión doble directa</i>	253
<i>Inyección total</i>	253
<i>La presión intermedia coincide con la presión correspondiente al evaporador de alta temperatura</i>	253
<i>La presión intermedia no coincide con la presión del evaporador de alta temperatura</i>	253
<i>Inyección parcial</i>	253
<i>Refrigeración exterior</i>	254
<i>Esquema de refrigeración con efectos frigoríficos a temperaturas diferentes y refrigeración exterior</i>	254
<i>Ciclos con doble laminación; separador de líquido y refrigeración exterior</i>	254
<i>Esquema de ciclo con doble laminación y separador de líquido</i>	255
<i>Ciclo con doble laminación y barboteo y refrigeración exterior</i>	256
<i>Esquema de ciclo con doble laminación y barboteo</i>	256
<i>Esquemas de ciclo con compresor rotativo de tornillo de dos rotores con sobrealimentación</i>	257
a) <i>Circuito con depósito separador flash tank</i>	257
b) <i>Circuito con depósito separador-subenfriador de líquido flash tank subcooler</i>	257
c) <i>Circuito con intercambiador de calor de carcasa-haz tubular, shell-tube subcooler</i>	257
d) <i>Circuito con un segundo evaporador</i>	257
<i>Principio de funcionamiento de la bomba de calor</i>	258
<i>Objetivo de la bomba de calor</i>	258
<i>Producción simultánea de frío y de calor</i>	258
<i>Bomba de calor asistida por colectores solares</i>	261
<i>Máquinas frigoríficas de eyector</i>	262
<i>Frigoríficos de absorción</i>	263
<i>Esquema de sistema de absorción (amoníaco-agua), para refrigeración</i>	264
<i>Esquema modificado del frigorífico de absorción (amoníaco-agua)</i>	265
<i>Frigorífico Servel.-Electrolux</i>	267
<i>Esquema del funcionamiento del frigorífico Servel.-Electrolux</i>	268
<i>Refrigeración solar por absorción</i>	269
<i>Esquema de un sistema de acondicionamiento de aire por absorción, accionado por energía solar</i>	270
<i>Enfriamiento por absorción de forma intermitente</i>	271
<i>Esquema de refrigerador de absorción con fuente de alimentación geotérmica</i>	272
<i>Bomba de calor por absorción</i>	272
<i>Anexo.- Fluidos frigorígenos</i>	274
<i>Introducción</i>	274
<i>Clasificación de los fluidos frigorígenos</i>	275
<i>Fluidos frigorígenos</i>	275
<i>Fluidos frigoríferos</i>	276
<i>Freones. Nomenclatura</i>	276
<i>Características de calidad de los freones</i>	277

<i>Mezclas azeotrópicas; nomenclatura</i>	277
<i>Mezclas zeotrópicas y cuasiazeotrópicas; nomenclatura</i>	277
<i>Hidrocarburos saturados</i>	278
<i>Compuestos orgánicos</i>	278
<i>Regla de las fases de Gibbs</i>	278
<i>Sustancia pura (componente único)</i>	278
<i>Mezcla binaria, componentes, A + B</i>	279
<i>Mezcla zeotrópica</i>	280
<i>Diagrama de fases</i>	281
<i>Diagrama termodinámico</i>	281
<i>Representación del ciclo frigorífico en el diagrama de fases</i>	282
<i>Mezcla azeotrópica</i>	283
<i>Propiedades del refrigerante ideal</i>	283
<i>Calor latente de vaporización</i>	284
<i>Presión de condensación</i>	284
<i>Presión de evaporación</i>	284
<i>Temperatura crítica</i>	284
<i>Volumen específico</i>	284
<i>Temperatura de congelación</i>	284
<i>Conductividad térmica</i>	284
<i>Viscosidad</i>	284
<i>Resistencia dieléctrica del vapor</i>	284
<i>Inactividad y estabilidad</i>	284
<i>Solubilidad en aceite</i>	284
<i>Solubilidad en agua</i>	285
<i>Características termodinámicas</i>	285
<i>Temperatura de congelación a la presión atmosférica</i>	285
<i>Temperatura de ebullición a la presión atmosférica</i>	285
<i>Presión de condensación</i>	287
<i>Presión y temperatura críticas</i>	287
<i>Peso molecular, constante R y exponente de compresión isentrópica del gas</i>	287
<i>Relación de presiones entre -15°C a 30°C</i>	287
<i>Relación de compresión</i>	288
<i>Temperatura de escape</i>	288
<i>Eficiencia COP</i>	288
<i>Volumen específico en la aspiración</i>	288
<i>Desplazamiento específico</i>	288
<i>Características físicas y químicas</i>	288
<i>Toxicidad</i>	288
<i>Inflamabilidad</i>	288
<i>Reglamentación</i>	288
<i>Grado de seguridad de los refrigerantes</i>	289
<i>Olor</i>	289
<i>Compatibilidad con materiales</i>	289
<i>Compatibilidad y solubilidad con lubricantes</i>	290
<i>Viscosidad y conductividad térmica</i>	290
<i>Características económicas</i>	290
<i>Características medioambientales</i>	290
<i>Antecedentes</i>	291
<i>Efecto invernadero</i>	292
<i>Emisiones y fugas de los fluidos frigorígenos, GWP</i>	292
<i>Consumo eléctrico del equipo refrigerador durante su vida técnica, TEWI</i>	293
<i>Potencial de destrucción del ozono, ODP</i>	293
<i>Sustituyentes</i>	293
<i>Refrigerantes sintéticos</i>	294
<i>Refrigerantes naturales</i>	294
<i>El aceite en los equipos frigoríficos</i>	295
<i>Propiedades de los aceites lubricantes</i>	295

<i>Lubricación de cilindros en los compresores frigoríficos alternativos</i>	295
<i>Ley de Raoult</i>	296
<i>Solubilidad en aceite de los diferentes fluidos frigorígenos en fase líquida</i>	297
<i>Solubilidad en aceite de los diferentes fluidos frigorígenos en fase de vapor</i>	297
<i>Esquema.- Circulación del aceite en sistemas de NH<sub>3</sub></i>	299
<i>Esquema.- Circulación del aceite en sistemas de R-12</i>	299
<i>Refrigerante R-134 a</i>	300
<i>Formulación</i>	302
<i>Entalpía específica</i>	302
<i>Entropía específica</i>	302
<i>Vapor húmedo</i>	302
<i>Exergía específica</i>	303
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del R134a (Vapor húmedo)</i>	304
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del R134a (Volumen específico). Sobrecalentamiento</i>	307
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del R134a (Entropía). Sobrecalentamiento</i>	308
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del R134a (Entalpía). Sobrecalentamiento</i>	309
<i>Diagrama (ln p,i) del R134a</i>	310
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 142b (Vapor húmedo)</i>	311
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 142b (Entalpía). Sobrecalentamiento</i>	312
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 142b (Entropía). Sobrecalentamiento</i>	313
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 124 (Vapor húmedo)</i>	314
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 124 (Entalpía). Sobrecalentamiento</i>	315
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 124 (Volumen específico). Sobrecalentamiento</i>	315
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 124 (Entropía). Sobrecalentamiento</i>	316
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX10 (R408A) Mezcla azeotrópica</i>	317
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX56 (R409A) Mezcla azeotrópica</i>	318
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX56 (R409A) (Vol específico). Sobrecalentamiento</i>	319
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX56 (R409A) (Entropía). Sobrecalentamiento</i>	320
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX56 (R409A) (Entalpía). Sobrecalentamiento</i>	320
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX57 (Vapor húmedo)</i>	321
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX57 (Vol específico). Sobrecalentamiento</i>	322
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 22 (Vapor húmedo)</i>	323
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 22 (Vol específico). Sobrecalentamiento</i>	324
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 22 (Entropía). Sobrecalentamiento</i>	324
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 22 (Entalpía). Sobrecalentamiento</i>	325
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 123 (Vapor húmedo)</i>	326
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 123 (Entropía). Sobrecalentamiento</i>	327
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 123 (Entalpía). Sobrecalentamiento</i>	327
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 123 (Vol específico). Sobrecalentamiento</i>	328
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del Vapor de amoníaco</i>	329

#### XIV.- CRIOGENIA

<i>El fenómeno de la estrangulación</i>	331
<i>Curvas y coeficiente de inversión</i>	332
<i>Determinación del calor específico a presión constante de un gas</i>	335
<i>Aplicación del efecto Joule.-Kelvin a la ecuación de Van der Waals</i>	336
<i>Licuación de gases</i>	339
<i>Licuación del aire por el método Linde</i>	341
<i>Proceso Linde con presión intermedia supercrítica</i>	346
<i>Proceso Linde con presión intermedia subcrítica</i>	349
<i>Licuación por el método Claude</i>	351
<i>Anexo.- Tratamiento industrial del aire (Antecedentes históricos)</i>	355
<i>Fundamentos de la destilación</i>	363

#### XV.- CICLOS DE AIRE ACONDICIONADO



<i>Introducción</i>	383
<i>Condiciones de ventilación</i>	385
<i>Aire húmedo</i>	386
<i>Punto de rocío</i>	387
<i>Humedad relativa</i>	388
<i>Humedad específica</i>	388
<i>Grado de saturación</i>	388
<i>Tabla de propiedades termodinámicas del aire</i>	389
<i>Entalpía del aire</i>	391
<i>Entalpía del aire húmedo y del aire seco</i>	391
<i>Entalpía del aire por debajo del punto de rocío, y por debajo del punto de congelación</i>	392
<i>Peso del aire seco y del aire húmedo</i>	392
<i>Psicrómetros</i>	394
<i>Diagrama de Mollier del aire húmedo</i>	394
<i>Diagrama psicrométrico del aire (Mollier)</i>	395
<i>Diagrama psicrométrico del aire (Carrier)</i>	395
<i>Mezcla de una corriente de aire y otra de agua pulverizada, en régimen permanente</i>	397
<i>Proceso de saturación adiabática</i>	398
<i>Mezcla adiabática</i>	400
<i>Transformaciones del aire húmedo</i>	402
<i>Procesos de acondicionamiento de aire</i>	402
<i>Carga térmica de un local</i>	404
<i>Calentamiento y refrigeración del aire sin variación de la humedad específica</i>	404
<i>Enfriamiento con deshumidificación</i>	404
<i>Deshumidificación con calentamiento</i>	405
<i>Enfriamiento por evaporación</i>	406
<i>Calentamiento con humidificación</i>	408
<i>Torres de enfriamiento</i>	409
<i>Equipos de aire acondicionado</i>	410
<i>Instalaciones de aire acondicionado</i>	411
<i>Cálculo de instalaciones</i>	412
<i>Acondicionamiento de aire en invierno sin recirculación</i>	412
<i>Acondicionamiento de aire en invierno con recirculación</i>	414
<i>Acondicionamiento de aire en verano sin recirculación</i>	415
<i>Acondicionamiento de aire en verano con recirculación</i>	416

## XVI.- COMBUSTION

<i>Introducción</i>	423
<i>Balances de materia en las combustiones completas; reacciones químicas de combustión</i>	424
<i>Características de los combustibles</i>	425
<i>Calores de reacción y potencia calorífica</i>	426
<i>Combustión estequiométrica</i>	426
<i>Cálculo del poder comburívoro</i>	426
<i>Volumen de aire mínimo por kg de combustible</i>	427
<i>Volumen de aire mínimo por m<sup>3</sup> de combustible</i>	427
<i>Cálculo del poder fumígeno</i>	428
<i>Volúmenes de humos y aire mínimo para combustibles sólidos, líquidos y gaseosos (Rosin)</i>	429
<i>Formulación empírica para el cálculo del volumen de humos total</i>	430
<i>Combustión con exceso o con defecto de aire</i>	430
<i>Coefficiente de exceso de aire</i>	430
<i>Volumen total de los gases de combustión</i>	431
<i>Diagrama de Ostwald</i>	432
<i>Estudio de las isolíneas del Diagrama de Ostwald</i>	433
<i>Utilización del diagrama de Ostwald</i>	436
<i>Construcción del diagrama de Ostwald</i>	437
<i>Triángulos de la combustión perfecta para combustibles sólidos y líquidos</i>	439
<i>Triángulos de combustión perfecta e imperfecta</i>	440

<i>Anexo, Problemas</i>	<i>441</i>
<i>Tablas y diagramas</i>	<i>453</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>513</i>