

ÍNDICE

LISTA DE VARIABLES	5
SUBÍNDICES	7
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. OBJETIVOS.....	9
1.2. ALCANCE Y LIMITACIONES	9
1.2.1. Sesiones de laboratorio realizables.....	10
1.2.2. Comprensión y asimilación por parte del alumno	10
1.2.3. Correcto funcionamiento de los equipos de la unidad.....	10
1.3. CONTENIDO	11
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	13
2.1. DIAGRAMA DE LA UNIDAD.....	13
2.2. PANEL DE CONTROL.....	15
2.2.1. Interruptor principal	16
2.2.2. Interruptores de control de los equipos.....	16
2.2.3. Control de velocidad del ventilador	16
2.2.4. Interruptor MCB.....	16
2.3. SERVICIOS REQUERIDOS	16
2.3.1. Electricidad	16
2.3.2. Agua (suministro a la caldera).....	17
2.4. PUESTA EN MARCHA Y DESCONEXIÓN DE LA UNIDAD	17
2.4.1. Consideraciones generales.....	17
2.4.2. Puesta en marcha de la unidad	19
2.4.3. Operación con la unidad	20
2.4.4. Desconexión de la unidad.....	20
2.5. MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	21
2.5.1. Notas generales sobre la seguridad en la unidad	21
2.5.2. Circuito de refrigeración.....	21
2.5.3. Generador de vapor	22
2.5.4. Elementos de instrumentación.....	23
CAPÍTULO 3. COMPONENTES Y EQUIPOS	25
3.1. CICLO DEL AIRE	25
3.1.1. Ventilador	25
3.1.2. Humidificador.....	27
3.1.3. Precalentador	29
3.1.4. Batería de frío.....	30
3.1.5. Recalentador.....	32
3.2. CICLO DE REFRIGERACIÓN	33
3.2.1. Compresor	34
3.2.2. Condensador.....	36
3.2.3. Dispositivo de expansión.....	37
3.2.4. Evaporador	38
3.2.5. Elementos auxiliares	41
3.3. GENERADOR DE VAPOR	43
3.3.1. Válvula de solenoide e interruptor de flotador	43

3.3.2.	Válvula de suministro	44
3.3.3.	Generador de vapor	45
CAPÍTULO 4. INSTRUMENTACIÓN.....		49
4.1.	PUNTOS DE MEDIDA EN LA UNIDAD.....	49
4.1.1.	Estaciones de medida sobre el ciclo del aire	49
4.1.2.	Estaciones de medida sobre el ciclo de refrigeración.....	49
4.2.	TERMÓMETROS.....	50
4.2.1.	Termómetros de mercurio	50
4.2.2.	Termómetros de bulbo húmedo	51
4.2.3.	Termopar	51
4.3.	MANÓMETROS	52
4.3.1.	Manómetro de tubo inclinado	52
4.3.2.	Manómetro metálico de tubo Burdon.....	53
4.4.	CAUDALÍMETROS.....	53
4.4.1.	Placa-orificio con manómetro inclinado.....	53
4.4.2.	Rotámetro	54
CAPÍTULO 5. PRÁCTICA DE PROCESOS PSICROMÉTRICOS.....		57
5.1.	OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	57
5.2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	57
5.3.	MONTAJE EXPERIMENTAL.....	58
5.3.1.	Descripción de la unidad.....	58
5.3.2.	Medida de variables	59
5.4.	TOMA DE DATOS	60
5.5.	CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	61
5.5.1.	Calentamiento sensible.....	61
5.5.2.	Enfriamiento y deshumidificación	64
5.5.3.	Humidificación isoterma	66
5.6.	COMENTARIOS Y ANÁLISIS CRÍTICO	69
5.6.1.	Exactitud de los balances de masa y energía.....	69
5.6.2.	Inyección de vapor previa al enfriamiento y deshumidificación.....	70
5.6.3.	Medida del caudal de condensado en la batería.....	71
5.6.4.	Transferencia sensible en el proceso de humidificación.....	71
5.6.5.	Análisis paramétrico	71
5.6.6.	Uso de las tablas de calibración de termómetros	72
CAPÍTULO 6. PRÁCTICA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO		73
6.1.	OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	73
6.2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	73
6.3.	MONTAJE EXPERIMENTAL.....	75
6.3.1.	Descripción de la unidad.....	75
6.3.2.	Medida de variables	75
6.4.	TOMA DE DATOS	76
6.5.	CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	77
6.5.1.	Resolución del ciclo en la Prueba I.....	77
6.5.2.	Resolución del ciclo en la Prueba II	81
6.6.	COMENTARIOS Y ANÁLISIS CRÍTICO	84
6.6.1.	Exactitud de los balances de energía	84
6.6.2.	Medida del caudal de refrigerante	84
6.6.3.	Uso de la herramienta CoolPack	85

6.6.4.	<i>Regulación del ciclo de refrigeración</i>	85
6.6.5.	<i>Uso de las tablas de calibración de termómetros</i>	88
CAPÍTULO 7.	PRÁCTICA DE TRANSMISIÓN DE CALOR	89
7.1.	OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	89
7.2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	89
7.3.	MONTAJE EXPERIMENTAL	91
7.3.1.	<i>Descripción de la unidad</i>	91
7.3.2.	<i>Medida de variables</i>	92
7.4.	TOMA DE DATOS	92
7.5.	CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	93
7.5.1.	<i>Operación de la caldera en la Prueba I</i>	93
7.5.2.	<i>Operación de la caldera en la Prueba II</i>	95
7.6.	COMENTARIOS Y ANÁLISIS CRÍTICO	96
7.6.1.	<i>Exactitud de los balances de energía</i>	96
7.6.2.	<i>Cálculo del caudal de vapor generado</i>	98
7.6.3.	<i>Uso de las tablas de calibración de termómetros</i>	99
CAPÍTULO 8.	PRÁCTICA DE INTERCAMBIADORES	101
8.1.	OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	101
8.2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	101
8.3.	MONTAJE EXPERIMENTAL	103
8.3.1.	<i>Descripción de la unidad</i>	103
8.3.2.	<i>Medida de variables</i>	104
8.4.	TOMA DE DATOS	105
8.5.	CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	106
8.5.1.	<i>Operación del intercambiador en la Prueba I</i>	106
8.5.2.	<i>Operación del intercambiador en la Prueba II</i>	107
8.5.3.	<i>Operación del intercambiador en la Prueba III</i>	108
8.6.	COMENTARIOS Y ANÁLISIS CRÍTICO	110
8.6.1.	<i>Análisis de las estimaciones realizadas</i>	110
8.6.2.	<i>Validez de las hipótesis realizadas</i>	110
8.6.3.	<i>Uso de las tablas de calibración de termómetros</i>	110
	BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXO I.	FUNDAMENTOS DE PSICROMETRÍA	115
I.1.	INTRODUCCIÓN	115
I.2.	VARIABLES PSICROMÉTRICAS	115
I.2.1.	<i>Presión total</i>	115
I.2.2.	<i>Humedad absoluta</i>	115
I.2.3.	<i>Humedad absoluta de saturación</i>	115
I.2.4.	<i>Grado de saturación</i>	116
I.2.5.	<i>Humedad relativa</i>	116
I.2.6.	<i>Temperatura seca</i>	116
I.2.7.	<i>Temperatura de rocío</i>	117
I.2.8.	<i>Temperatura húmeda</i>	117
I.2.9.	<i>Volumen específico</i>	117
I.2.10.	<i>Entalpía específica</i>	118
I.3.	CÁLCULO DE VARIABLES PSICROMÉTRICAS	118
I.3.1.	<i>Diagramas psicrométricos</i>	118
I.3.2.	<i>Calculadores psicrométricos</i>	120

I.4.	PROCESOS PSICROMÉTRICOS	120
I.4.1.	<i>Balances globales en procesos de tratamiento de aire</i>	<i>120</i>
I.4.2.	<i>Tecnología de los procesos psicrométricos.....</i>	<i>121</i>
I.4.3.	<i>Factor característico j</i>	<i>122</i>
I.4.4.	<i>Factor de calor sensible</i>	<i>122</i>
I.4.5.	<i>Procesos psicrométricos fundamentales</i>	<i>123</i>
ANEXO II.	FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN.....	129
II.1.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO	129
II.1.1.	<i>Refrigeración por compresión mecánica</i>	<i>129</i>
II.1.2.	<i>Refrigeración por absorción</i>	<i>129</i>
II.2.	EL CICLO DE CARNOT DE REFRIGERACIÓN	129
II.2.1.	<i>Ciclo inverso de Carnot.....</i>	<i>129</i>
II.2.2.	<i>Coeficiente de Eficiencia Energética</i>	<i>131</i>
II.3.	CICLO DE COMPRESIÓN MECÁNICA DEL VAPOR.....	132
II.3.1.	<i>Modificaciones del ciclo de Carnot.....</i>	<i>132</i>
II.3.2.	<i>Ciclo estándar de compresión de vapor</i>	<i>133</i>
II.3.3.	<i>Ciclo real de compresión de vapor</i>	<i>135</i>
II.4.	COMPRESORES.....	137
II.4.1.	<i>Clasificación según el método de compresión</i>	<i>137</i>
II.4.2.	<i>Clasificación según el montaje.....</i>	<i>138</i>
II.4.3.	<i>Compresores alternativos.....</i>	<i>139</i>
II.5.	EVAPORADORES	141
II.5.1.	<i>Clasificación y tipologías</i>	<i>141</i>
II.5.2.	<i>Evaporación del refrigerante</i>	<i>142</i>
II.5.3.	<i>Alimentación de refrigerante.....</i>	<i>142</i>
II.5.4.	<i>Transferencia de calor</i>	<i>143</i>
II.6.	CONDENSADORES	146
II.6.1.	<i>Clasificación y tipologías</i>	<i>146</i>
II.6.2.	<i>Condensación del refrigerante</i>	<i>147</i>
ANEXO III.	TABLAS Y GRÁFICAS	149
III.1.	PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE R-134A.....	149
III.1.1.	<i>Propiedades del líquido y vapor saturados.....</i>	<i>149</i>
III.1.2.	<i>Entalpía específica del líquido subenfriado y vapor sobrecalentado ..</i>	<i>150</i>
III.1.3.	<i>Entropía específica del líquido subenfriado y vapor sobrecalentado..</i>	<i>150</i>
III.1.4.	<i>Volumen específico del líquido subenfriado y vapor sobrecalentado..</i>	<i>151</i>
III.2.	DIAGRAMA P-H DEL REFRIGERANTE R-134A	152
III.3.	PROPIEDADES DEL AIRE SECO A PRESIÓN ATMOSFÉRICA	153
III.4.	DIAGRAMA ASHRAE DEL AIRE HÚMEDO.....	154
III.5.	CORRELACIONES EN CONVECCIÓN LIBRE, FLUJO EXTERNO	155
III.6.	TABLAS DE CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS	156
III.6.1.	<i>Calibración de termómetros secos</i>	<i>156</i>
III.6.2.	<i>Calibración de termómetros húmedos.....</i>	<i>156</i>
SEPARATA 1:	PRÁCTICA DE PROCESOS PSICROMÉTRICOS	
SEPARATA 2:	PRÁCTICA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO	
SEPARATA 3:	PRÁCTICA DE TRANSMISIÓN DE CALOR	
SEPARATA 4:	PRÁCTICA DE INTERCAMBIADORES	