

ÍNDICE

1	EQUILIBRIO DE LA ABSORCIÓN.....	13
1.1	Introducción	13
1.2	Notación empleada en absorción y desorción	14
1.2.1	Conversión entre fracción y razón.....	15
1.3	Equilibrio de la absorción	15
1.3.1	Leyes de Henry y de Raoult	15
1.3.2	Uso de modelos para casos no ideales	17
1.3.3	Interpolación a partir de datos experimentales	19
1.3.4	Función de equilibrio en razones	19
2	ABSORCIÓN ISOTERMA	23
2.1	Introducción	23
2.2	Caso ABS-1: Torre de absorción isoterma.....	23
2.3	Balances en una torre de absorción.....	24
2.4	Línea de operación mínima	26
2.5	Corriente líquida dada la relación de líquido respecto del mínimo	30
2.6	Número de platos ideales a partir de la línea de operación	31
2.7	Número de platos reales a partir de la línea de operación.....	35
2.8	Caso ABS-2: Absorción en flujo cruzado	38
2.9	Cálculo de la operación de absorción en flujo cruzado.....	38
3	DESORCIÓN.....	43
3.1	Introducción	43
3.2	Caso DES-1: Torre de desorción	43
3.3	Cálculos previos y balances en la torre de desorción	45
3.4	Determinación de la situación mínima.....	46
3.5	Determinación del flujo de gas necesario.....	47
3.6	Número de platos ideales a partir de la línea de operación	48
3.7	Número de platos reales a partir de la línea de operación.....	50
3.8	Caso DES-2: Etapas de desorción en flujo cruzado	52

3.9	Cálculo de la operación de desorción en flujo cruzado.....	52
4	EQUILIBRIO DE LA DESTILACIÓN	57
4.1	Introducción	57
4.2	Notación empleada en los temas de destilación	57
4.3	Definición del equilibrio en destilación.....	58
4.3.1	Funciones de interpolación de los datos de equilibrio	59
4.3.2	Presión de vapor de los compuestos	60
4.3.3	Modelo ideal del equilibrio líquido-vapor	60
4.3.4	Empleo de modelos termodinámicos para definir el equilibrio... ..	62
4.4	Definición de la entalpía de las mezclas en Mathcad	65
4.4.1	Mezcla ideal.....	65
4.4.2	Mezclas no ideales	66
5	DESTILACIÓN INSTANTÁNEA	71
5.1	Introducción	71
5.2	Caso DEST-1: Destilación instantánea	71
5.3	Balances de materia en la etapa de destilación.....	72
5.4	Calor necesario.....	74
5.5	Equilibrio de reparto en una etapa ideal.....	74
5.5.1	Subrutina para el cálculo del reparto.....	74
5.5.2	Cálculo del reparto mediante la subrutina reparto	76
5.5.3	Resoluciones alternativas del reparto	77
5.6	Estudio del efecto del grado de vaporización.....	78
6	TORRES DE DESTILACIÓN: MÉTODO DE McCABE-THIELE	83
6.1	Introducción	83
6.2	Caso DEST-2: Torre de destilación (McCabe-Thiele).....	84
6.3	Balances globales en la torre	84
6.4	Número mínimo de etapas ideales.....	85
6.5	Obtención de la relación de reflujo mínima	87
6.6	Obtención del número de etapas ideales.....	88
6.6.1	Representación gráfica.....	90

6.7	Perfiles de flujos, composición y temperatura.....	91
6.8	Estudio del efecto del reflujo sobre el número de etapas ideales.....	92
7	TORRES DE DESTILACIÓN: MÉTODO DE PONCHON-SAVARIT.....	97
7.1	Introducción.....	97
7.2	Caso DEST-3: Torre de destilación (Ponchon-Savarit).....	97
7.3	Número mínimo de etapas ideales.....	97
7.4	Relación de reflujo mínima:.....	100
7.5	Cargas térmicas del condensador y calderín.....	101
7.6	Cálculo de las etapas ideales de la rectificación.....	103
7.6.1	Representación del número de etapas.....	104
7.7	Cálculo de los flujos a partir de balances de materia.....	106
7.8	Estudio de la variación del número de etapas con el reflujo.....	109
8	EQUILIBRIO DE EXTRACCIÓN LÍQUIDO – LÍQUIDO.....	113
8.1	Introducción.....	113
8.2	Notación empleada en extracción líquido-líquido.....	113
8.3	Definición del equilibrio en extracción líquido-líquido.....	115
8.3.1	Definición de las composiciones en base libre de disolvente..	117
8.4	Definición en Mathcad del equilibrio de extracción líquido-líquido.....	117
8.4.1	Interpolación del equilibrio a partir de datos experimentales...	118
8.5	Cálculo del reparto para una etapa de equilibrio ideal.....	120
9	EXTRACCIÓN LÍQUIDO – LÍQUIDO EN FLUJO CRUZADO.....	125
9.1	Introducción.....	125
9.2	Caso de estudio ELL-1:.....	125
9.3	Cálculo de una etapa de equilibrio mediante balances.....	126
9.4	Aplicación a varias etapas de flujo cruzado.....	130
9.5	Disolvente necesario para realizar el proceso con una etapa.....	133
9.6	Estudio en función del número de etapas empleado.....	134
10	EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO A CONTRACORRIENTE.....	139
10.1	Introducción.....	139
10.2	Caso de estudio ELL-2.....	139

10.3 Cálculo de la cantidad mínima de disolvente	139
10.4 Cálculo del número de etapas teóricas	142
11 EQUILIBRIO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO.....	149
11.1 Introducción	149
11.2 Notación empleada en extracción sólido-líquido.....	149
11.3 Definición del equilibrio en extracción sólido-líquido.....	151
11.4 Definición en Mathcad del equilibrio de extracción sólido-líquido.....	152
11.5 Cálculo del reparto para una etapa	154
12 EXTRACCIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO EN FLUJO CRUZADO.....	157
12.1 Introducción	157
12.2 Caso de estudio ESL-1.....	157
12.3 Cálculo de las etapas de extracción.....	157
13 EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO A CONTRACORRIENTE	165
13.1 Introducción	165
13.2 Caso de estudio ESL-2.....	165
13.3 Cálculo de la cantidad mínima de disolvente	165
14 PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE LA EVAPORACIÓN	171
14.1 Introducción	171
14.2 Propiedades del agua.....	171
14.3 Entalpía de las disoluciones acuosas de NaOH.....	173
14.4 Rectas de Dühring para disoluciones acuosas de NaOH	174
15 EVAPORACIÓN EN EFECTO SIMPLE	179
15.1 Introducción	179
15.2 Notación empleada en evaporación	179
15.3 Caso de estudio EVAP-1	180
15.4 Cálculo de la cantidad de vapor de calefacción	180
15.5 Cálculo de la superficie de calefacción	182
16 ANEXO DE MÉTODOS MATEMÁTICOS	187
16.1 Interpolación	187
16.2 Resolución numérica de una ecuación.....	189

16.3 Resolución numérica de sistemas de ecuaciones algebraicas	191
16.3.1 Búsqueda de errores dentro de la zona Given-find	197
16.4 Subrutinas auxiliares en Mathcad	198
16.4.1 Líneas	198
16.4.2 Intersecciones	198
16.4.3 Tangencia	200
16.4.4 Inversión de coordenadas de vectores	200
16.4.5 Vector de puntos espaciados uniformemente	201
16.4.6 Paso de valores de etapa a coordenadas gráficas	201
BIBLIOGRAFÍA	205