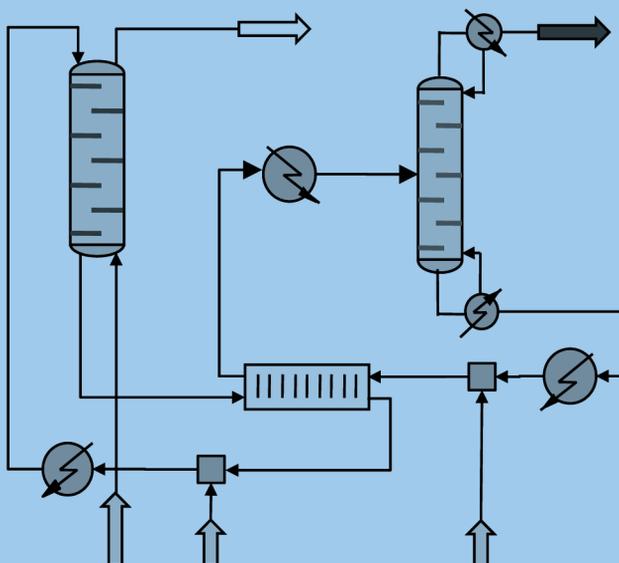


# CÁLCULO DE OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR ETAPAS

José M. Gozávez Zafrilla  
Asunción Santafé Moros  
Jaime Lora García



EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

José M. Gozávez Zafrilla  
Asunción Santafé Moros  
Jaime Lora García

# **CÁLCULO DE OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR ETAPAS**

**EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**



*Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional*

Primera edición, 2012

© de la presente edición:  
Editorial Universitat Politècnica de València  
[www.editorial.upv.es](http://www.editorial.upv.es)

*Distribución:* pedidos@editorial.upv.es  
Tel. 96 387 70 12

© José M. Gozávez Zafrilla  
Asunción Santafé Moros  
Jaime Lora García

Imprime: Empresa.

ISBN: 978-84-8363-788-3  
Depósito Legal: V-0000-2010  
Ref. editorial: 988

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

Impreso en España

## PRÓLOGO

Este libro trata de los métodos de cálculo de operaciones de separaciones por etapas. Está principalmente destinado a alumnos del Grado de Ingeniería Química que cursan la asignatura Operaciones de Separación, si bien se incluyen algunos contenidos de más dificultad correspondientes a las asignaturas Ampliación de Operaciones de Separación y Modelización y Optimización de Procesos Químicos.

Aunque a lo largo de todo el libro se recuerdan constantemente los conceptos teóricos necesarios, hay que destacar que no se trata de un libro sobre teoría de los procesos de separación o sobre descripción de equipos de separación. Es un libro que debe ser utilizado tras haber recibido conceptos teóricos de operaciones de separación a través de otros libros o de los apuntes del profesor.

Todos los cálculos del libro están realizados de forma completa en MATHCAD® acompañados de explicaciones. Si bien, al final de algunos capítulos se presentan desarrollos en MATLAB® para cálculos escogidos. El motivo de esta estructura es que el aspecto del código de Mathcad es prácticamente igual al de la notación matemática convencional, por lo que resulta más adecuado para ilustrar los cálculos. Además, el desarrollo en Mathcad es fácilmente entendible por los usuarios de Matlab facilitándole luego la comprensión de la resolución realizada en este último entorno. En la solución en Matlab se comentan exclusivamente aquellas partes que revisten más dificultad. Respecto de la solución en Mathcad, hay que comentar que, aunque este programa permite el trabajo con unidades, no se han utilizado por lo problemático que resultan cuando se emplean vectores de variables con diferentes unidades. Es por ello, que al igual que se debe hacer forzosamente en Matlab, se trabaja con valores numéricos en un sistema coherente de unidades, lo cual sin duda no representa ningún problema al alumno avezado.

Al final de la mayoría de temas se encuentra una sección denominada “Control del tema” en la que se incluye una tabla. Está pensada para que el alumno continúe trabajando a partir de la solución del libro. De esta forma el profesor puede proponer el estudio de modificar algún parámetro para que el alumno apunte los resultados en el libro, de manera que puedan ser visados si el profesor así lo requiere. Rogamos se respeten los derechos de autor y que los profesores velen por impedir el uso ilegal de fotocopias.

Los autores esperamos que disfruten aprendiendo con este libro y que les sea de utilidad.



# ÍNDICE

1. ABSORCIÓN. EQUILIBRIO DE LA ABSORCIÓN .....	11
1.1. Introducción .....	13
1.2. Notación empleada en absorción y desorción .....	13
1.2.1. Conversiones entre fracción y razón .....	14
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 .....	16
1.3.3. Interpolación a partir de datos experimentales .....	18
1.3.4. Función de equilibrio en razones .....	18
2. ABSORCIÓN ISOTERMA.....	19
2.1. Introducción .....	21
2.2. Caso ABS-1: Torre de absorción isoterma .....	21
2.3. Balances en una torre de absorción .....	22
2.4. Línea de operación mínima .....	24
2.5. Corriente líquida dada la relación de líquido respecto del mínimo .....	28
2.6. Número de platos ideales a partir de la línea de operación .....	29
2.7. Número de platos reales a partir de la línea de operación .....	33
2.8. Cálculo de una etapa en contracorriente .....	35
2.9. Cálculo etapa a etapa del número de platos.....	38
2.10. Caso ABS-2: Absorción en flujo cruzado.....	40
2.11. Cálculo de la operación de absorción en flujo cruzado .....	40
2.12. Resolución en Matlab del caso ABS-1 .....	43
2.12.1. Ficheros de datos .....	43
2.12.2. Función de equilibrio.....	43
2.12.3. Fichero principal .....	44
2.12.4. Función de cálculo de las etapas ideales .....	47
2.13. Control del tema .....	48
3. ABSORCIÓN NO ISOTERMA .....	49
3.1. Introducción .....	51

3.2. Caso ABS-3: Torre de absorción no isoterma .....	51
3.3. Definición de expresiones de equilibrio y entalpía .....	52
3.4. Balances desde la cabeza de la torre .....	53
3.5. Iteración con la temperatura .....	55
3.6. Resolución en Matlab del caso ABS-3.....	57
3.6.1. Fichero de datos .....	57
3.6.2. Fichero de equilibrio.....	58
3.6.3. Funciones para el cálculo de la entalpía de corrientes .....	58
3.6.4. Fichero principal.....	59
3.6.5. Calculo de las etapas supuesta la temperatura del gas .....	60
3.6.6. Función de iteración.....	61
3.7. Control del tema.....	62
4. DESORCIÓN .....	63
4.1. Introducción .....	65
4.2. Caso DES-1: Torre de desorción .....	65
4.3. Cálculos previos y balances en la torre de desorción .....	66
4.4. Determinación de la situación mínima .....	67
4.5. Corriente gaseosa dada la relación de gas respecto del mínimo.....	68
4.6. Número de platos ideales a partir de la línea de operación .....	69
4.7. Número de platos reales a partir de la línea de operación.....	71
4.8. Cálculo etapa a etapa del número de platos.....	72
4.9. Caso DES-2: Etapas de desorción en flujo cruzado .....	74
4.10. Cálculo de la operación de desorción en flujo cruzado .....	75
4.11. Control del tema .....	77
5. EQUILIBRIO DE LA DESTILACIÓN .....	79
5.1. Introducción .....	81
5.2. Notación empleada en los temas de destilación.....	81
5.3. Definición del equilibrio en destilación .....	82
5.3.1. Funciones de interpolación de los datos de equilibrio .....	83
5.3.2. Presión de vapor de los compuestos.....	83
5.3.3. Modelo ideal del equilibrio líquido-vapor.....	84

---

5.3.4. Empleo de modelos termodinámicos para definir el equilibrio....	85
5.4. Definición de la entalpía de las mezclas en Mathcad .....	88
5.4.1. Mezcla ideal.....	88
5.4.2. Mezclas no ideales .....	89
5.5. Interpolación de datos de equilibrio y de entalpía en Matlab .....	90
6. DESTILACIÓN INSTANTÁNEA.....	93
6.1. Introducción .....	95
6.2. Caso DEST-1: Destilación instantánea.....	95
6.3. Balances de materia en la etapa de destilación.....	95
6.4. Calor necesario.....	97
6.5. Equilibrio de reparto en una etapa ideal .....	97
6.5.1. Subrutina para el cálculo del reparto .....	97
6.5.2. Cálculo del reparto mediante la subrutina reparto .....	99
6.5.3. Resoluciones alternativas del reparto.....	101
6.6. Estudio del efecto del grado de vaporización .....	101
6.7. Resolución en Matlab del caso DEST-1 .....	103
6.7.1. Datos termodinámicos .....	103
6.7.2. Datos del enunciado .....	103
6.7.3. Función para calcular el reparto .....	103
6.7.4. Fichero principal .....	104
6.8. Control del tema.....	105
7. TORRES DE DESTILACIÓN: MÉTODO DE McCABE-THIELE .....	107
7.1. Introducción .....	109
7.2. Caso DEST-2: Torre de destilación (McCabe-Thiele).....	109
7.3. Balances globales en la torre.....	110
7.4. Número mínimo de etapas ideales .....	111
7.5. Obtención de la relación de reflujo mínima.....	112
7.6. Obtención del número de etapas ideales.....	113
7.6.1. Representación gráfica .....	115
7.7. Perfiles de flujos, composición y temperatura.....	116
7.8. Estudio del efecto del reflujo sobre el número de etapas ideales .....	117

7.9. Resolución en Matlab del caso DEST-2 (McCabe-Thiele).....	119
7.9.1. Datos termodinámicos y función de reparto.....	119
7.9.2. Datos del caso .....	119
7.9.3. Cálculo de la cantidad de productos .....	119
7.9.4. Número mínimo de etapas.....	120
7.9.5. Relación de reflujo mínima .....	120
7.9.6. Número de etapas ideales .....	121
7.9.7. Perfiles de temperatura, composición y flujos.....	123
7.9.8. Estudio del efecto del reflujo.....	125
7.10. Control del tema .....	126
8. TORRES DE DESTILACIÓN: MÉTODO DE PONCHON-SAVARIT .....	127
8.1. Introducción .....	129
8.2. Caso DEST-3: Torre de destilación (Ponchon-Savarit).....	129
8.3. Número mínimo de etapas ideales .....	129
8.4. Relación de reflujo mínima:.....	131
8.5. Cargas térmicas del condensador y calderín .....	132
8.6. Cálculo de las etapas ideales de la rectificación:.....	134
8.6.1. Representación del número de etapas .....	135
8.7. Cálculo de los flujos a partir de balances de materia.....	137
8.8. Estudio de la variación del número de etapas con el reflujo .....	139
8.9. Resolución en Matlab del caso DEST-3 .....	141
8.9.1. Datos termodinámicos y función de reparto.....	141
8.9.2. Datos del caso, cálculo de la cantidad de productos .....	141
8.9.3. Número mínimo de etapas.....	141
8.9.4. Relación de reflujo mínima .....	142
8.9.5. Cargas térmicas.....	142
8.9.6. Número de etapas ideales .....	143
8.9.7. Perfiles de temperatura, composición y flujos.....	145
8.9.8. Estudio del efecto del reflujo.....	147
8.10. Control del tema.....	147

---

9. EQUILIBRIO DE EXTRACCIÓN LÍQUIDO – LÍQUIDO.....	149
9.1. Introducción .....	151
9.2. Notación empleada en extracción líquido-líquido .....	151
9.3. Definición del equilibrio en extracción líquido-líquido .....	152
9.3.1. Definición de las composiciones en base libre de disolvente ...	154
9.4. Definición en Mathcad del equilibrio de extracción líquido-líquido.....	154
9.4.1. Interpolación del equilibrio a partir de datos experimentales....	155
9.5. Cálculo del reparto para una etapa de equilibrio ideal.....	156
9.6. Funciones para el equilibrio líquido-líquido en Matlab .....	158
10. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO EN FLUJO CRUZADO.....	161
10.1. Introducción .....	163
10.2. Caso de estudio ELL-1: .....	163
10.3. Cálculo de una etapa de equilibrio mediante balances.....	164
10.4. Aplicación a varias etapas de flujo cruzado .....	167
10.5. Disolvente necesario para realizar el proceso con una etapa .....	170
10.6. Estudio en función del número de etapas empleado .....	171
10.7. Resolución en Matlab del caso ELL1.....	172
10.7.1. Datos de operación y funciones auxiliares .....	172
10.7.2. Cálculo de una etapa.....	172
10.7.3. Cálculo de tres etapas en flujo cruzado.....	174
10.7.4. Etapa equivalente a tres etapas en flujo cruzado .....	175
10.7.5. Número óptimo de etapas .....	176
10.8. Control del tema.....	177
11. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO A CONTRACORRIENTE .....	179
11.1. Introducción .....	181
11.2. Caso de estudio ELL-2 .....	181
11.3. Cálculo de la cantidad mínima de disolvente.....	181
11.4. Cálculo del número de etapas teóricas.....	183
11.5. Resolución en Matlab del caso ELL2.....	186
11.5.1. Datos de operación y funciones auxiliares .....	186
11.5.2. Preparación de datos.....	187

11.5.3. Flujo mínimo de disolvente .....	187
11.5.4. Cálculo de las etapas .....	188
11.6. Control del tema.....	191
12. ANEXO DE CÁLCULOS .....	193
12.1. Interpolación .....	195
12.1.1. Interpolación en Mathcad .....	195
12.1.2. Interpolación en Matlab .....	197
12.2. Resolución numérica de una ecuación .....	197
12.2.1. Resolución numérica de una ecuación en Mathcad .....	198
12.2.2. Resolución numérica de una ecuación en Matlab .....	200
12.3. Resolución numérica de sistemas de ecuaciones algebraicas.....	201
12.3.1. Resolución de sistemas de ecuaciones con Mathcad .....	202
12.3.2. Búsqueda de errores dentro de la zona Given-find .....	205
12.3.3. Resolución de sistemas de ecuaciones con Matlab .....	206
12.4. Subrutinas auxiliares en Mathcad .....	207
12.4.1. Líneas .....	207
12.4.2. Intersecciones.....	208
12.4.3. Tangencia .....	209
12.4.4. Inversión de coordenadas de vectores .....	209
12.4.5. Vector de puntos espaciados uniformemente.....	210
12.4.6. Paso de valores de etapa a coordenadas gráficas .....	210
12.5. Subrutinas auxiliares en Matlab .....	211
12.5.1. Líneas .....	212
12.5.2. Intersecciones.....	212
12.5.3. Tangencia .....	214
12.5.4. Inversión de coordenadas de vectores .....	214
12.5.5. Paso de valores de etapa a coordenadas gráficas .....	215

# CAPÍTULO 1

*ABSORCIÓN. EQUILIBRIO  
DE LA ABSORCIÓN*

---



# 1. ABSORCIÓN. EQUILIBRIO DE LA ABSORCIÓN

## 1.1. Introducción

La absorción es una operación de separación desde un gas mediante la intermediación de un líquido. El fundamento físico de la operación es que uno o varios componentes presentes en el gas tienen una afinidad por el líquido muchísimo más grande que el resto y que al ponerse en contacto el gas con el líquido pasan al seno de éste, es decir son absorbidos (Figura 1). Los componentes sin capacidad de ser absorbidos apreciablemente se conocen como 'inertes'.

En nuestro caso estudiaremos la absorción de un componente al que denominaremos 'componente A', si bien, los cálculos son fácilmente adaptables a la absorción de más de un componente.

El equilibrio de absorción se ve favorecido generalmente por el aumento de la presión y el descenso de la temperatura. También para favorecer la absorción se añade al líquido una sustancia capaz de reaccionar con el componente que se absorbe. La absorción con reacción química no es tratada en los problemas, si bien la aproximación de cálculo etapa a etapa que se ofrece en el libro puede servir para desarrollarla.

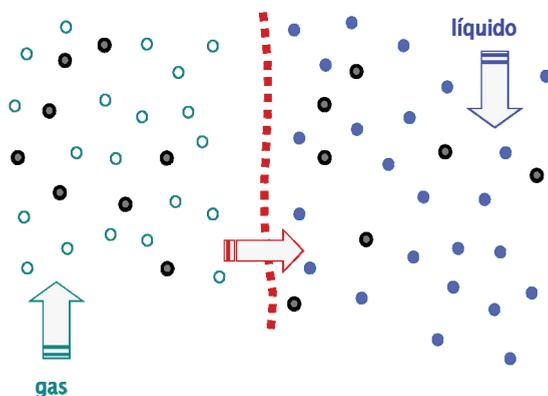


Figura 1. Fenómeno de absorción

## 1.2. Notación empleada en absorción y desorción

La notación empleada en los temas de absorción y desorción se puede ver en la Tabla 1. Respecto de las variables que se refieren a la composición (fracciones

o razones) hay que notar que si no se especifica ningún componente se refieren al componente 'A'.

**Tabla 1.** Notación del tema

<i>Variables</i>	
$x$	Fracción (de A) en el líquido
$y$	Fracción (de A) en el gas
$z$	Fracción (de A) (en líquido o gas)
$X$	Razón (de A) en el líquido
$Y$	Razón (de A) en el gas
$Z$	Razón (de A) (en líquido o gas)
$L$	Flujo molar de líquido
$G$	Flujo molar de gas
$T$	Temperatura
<i>Subíndices</i>	
$A$	Componente que se transfiere entre líquido y gas
$B$	Componente(s) inerte(s) del líquido (no transferidos)
$C$	Componente(s) inerte(s) del gas (no transferidos)
$i$	Componente genérico
$a$	Cabeza de la torre (extremo superior)
$b$	Cola de la torre (extremo inferior)
$e$	Corriente de entrada a una etapa
$k$	Corriente saliente de la etapa $k$
$s$	Corriente de salida de una etapa

### 1.2.1. Conversiones entre fracción y razón

La fracción de A representa la relación entre la cantidad de A y la cantidad total, de esta manera si existe en la mezcla solo otro componente B, se tiene:

$$z = \frac{m_A}{m_A + m_B}$$

La razón de A representa la relación entre la cantidad de A y lo que no es A, si existe en la mezcla solo otro componente B, se tiene:

$$Z = \frac{m_A}{m_B}$$

Es fácil demostrar las siguientes expresiones que permiten convertir de un tipo de variable a otro:

Paso de fracción a razón:

$$\text{razón}(z) := \frac{z}{1 - z}$$

Paso de razón a fracción:

$$\text{fracción}(Z) := \frac{Z}{1 + Z}$$

### 1.3. Equilibrio de la absorción

Para poder calcular la absorción necesitamos definir el equilibrio, es decir conocer como es la composición del gas a partir de la composición en el líquido.

En los cálculos de absorción en torre de relleno interesa que la composición esté en fracciones, pero para el cálculo de etapas resulta más conveniente la expresión en razones.

#### 1.3.1. Leyes de Henry y de Raoult

La Figura 2 muestra el comportamiento de la fugacidad del componente frente a la composición en un sistema binario. A presiones moderadas, la fugacidad puede asimilarse a la presión parcial. Como se puede ver, las mezclas ideales cumplen la ley de Raoult en todo el rango de composición siendo la presión parcial del componente en el gas proporcional a la presión de vapor del componente. Las mezclas no ideales no cumplen la ley de Raoult, pero sí ley de Henry para concentraciones suficientemente bajas, según esta ley la presión parcial de un componente en la fase gaseosa muestra una relación lineal aproximada con la fracción de componente en el líquido.

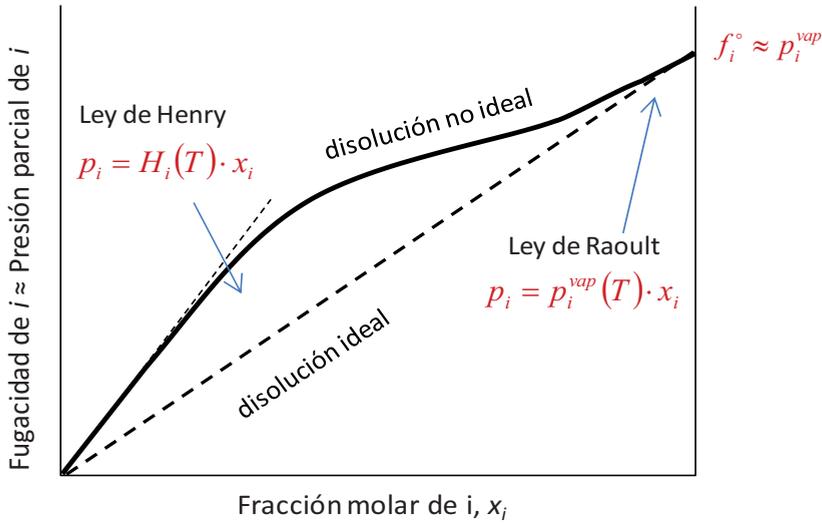


Figura 2. Leyes de Henry y de Raoult

Ley de Raoult:

$$y = \frac{p_{vap,A}(T)}{p_t} \cdot x$$

Ley de Henry:

$$y = \frac{H_A(T)}{p_t} \cdot x$$

### 1.3.2. Uso de modelos para casos no ideales

Para disoluciones no ideales es necesario corregir las leyes ideales utilizando coeficientes de actividad correspondiente a un modelo termodinámico determinado. De esta manera, tendríamos dos casos:

- a) Para temperatura por encima de la temperatura crítica del gas:

$$y = \left( \frac{\gamma_A(T, x)}{\gamma_A^\infty} \right) \cdot \frac{H_A(T)}{p_t} \cdot x$$

- b) Para temperatura por debajo de la temperatura crítica del gas:

$$y = \gamma_A(T, x) \cdot \frac{p_{vap,A}(T)}{p_t} \cdot x$$

### Ejemplo 1-1

Se tiene un gas a 1 atm y 25°C (por encima de su temperatura crítica).

Obtégase la expresión de equilibrio para una constante de Henry de  $2.3 \times 10^6$  Pa cuando los coeficientes de Van Laar entre el componente absorbido (1) y el componente mayoritario del líquido (2) son  $A_{12} = 1.016$ ,  $A_{21} = 1.355$ .

Represéntese la curva de equilibrio y compárese con la expresión de Henry.

Los datos asignados en Mathcad son:

$$A_{12} := 1.016 \quad A_{21} := 1.355$$

$$p_t := 101300 \cdot \text{Pa} \quad H := 2.3 \cdot 10^6 \cdot \text{Pa}$$

La expresión de equilibrio correspondiente a la ley de Henry es:

$$y_{\text{eqH}}(x) := \frac{H}{p_t} \cdot x$$

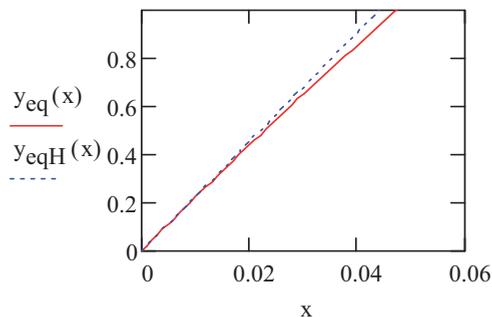
La expresión de Van Laar es:

$$\ln(\gamma_A) = A_{12} \cdot \left( \frac{x_1}{x_2} \cdot \frac{A_{12}}{A_{21}} \right)^{-2}$$

A dilución infinita se tiene:

$$\ln(\gamma_A^\infty) = \lim_{x \rightarrow 0} [\ln(\gamma(x))] = A_{12}$$

$$y_{\text{eq}}(x) := \frac{\exp \left[ A_{12} \cdot \left[ 1 + \frac{x}{(1-x)} \cdot \frac{A_{12}}{A_{21}} \right]^{-2} \right]}{\exp(A_{12})} \cdot \frac{H}{p_t} \cdot x \quad x := 0, 0.001 .. 0.05$$



### 1.3.3. Interpolación a partir de datos experimentales

En este caso se debe proceder a interpolar valores de 'y' frente a valores de 'x' mediante el procedimiento explicado en el anexo 12.1.

Como sabemos que el comportamiento es lineal en los extremos conviene incorporar en la interpolación el punto (x=0, y=0) y definir una interpolación del tipo "Ispline" que forzará que los puntos se interpolen de acuerdo con esta condición.

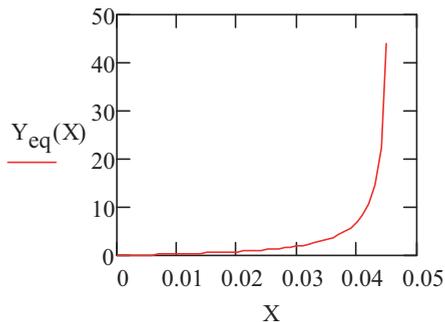
### 1.3.4. Función de equilibrio en razones

Hemos visto que la forma con sentido más físico de expresar el equilibrio es utilizar fracciones. No obstante, veremos más adelante que en algunos casos interesa realizar los cálculos en razones. Abajo se muestra un algoritmo para la conversión de una curva de equilibrio en fracciones en una que relaciona razones. En primer lugar se convierte el argumento de razón a fracción, para que pueda aplicarse la expresión conocida en fracciones. Posteriormente, se aplica el cambio inverso a razón sobre el resultado de fracción en el gas en equilibrio:

$$Y_{eq}(X) := \begin{cases} x \leftarrow \text{fracción}(X) \\ y_{eq} \leftarrow y_{eq}(x) \\ Y_{eq} \leftarrow \text{razón}(y_{eq}) \\ Y_{eq} \end{cases}$$

A continuación se aplica al equilibrio anteriormente definido:

$$X := 0, 0.001 .. 0.045$$



# CAPÍTULO 2

*ABSORCIÓN ISOTERMA*

---



## 2. ABSORCIÓN ISOTERMA

### 2.1. Introducción

En el capítulo trataremos la absorción isoterma en torre de platos en contracorriente y en flujo cruzado a través de un sistema de tanques en serie.

Para resolver la torre de absorción a contracorriente será necesario en primer lugar realizar balances globales para toda la torre atendiendo al grado de separación deseado.

Posteriormente se aplicarán dos formas de resolución equivalentes para determinar el número de etapas ideales: una mediante balances desde el punto más concentrado y otra mediante balances etapa a etapa. En ambas se explicará cómo aplicar la eficacia para determinar el número de etapas reales. Esta última forma de cálculo se modificará posteriormente para resolver el caso de flujo cruzado y el de absorción no isoterma.

### 2.2. Caso ABS-1: Torre de absorción isoterma

Una corriente gaseosa es una mezcla de un componente orgánico (A) con otro componente (B). El componente orgánico se absorbe en un aceite de lavado (C), los componentes A y C constituyen una mezcla líquida ideal. La cantidad de B que es absorbida por C se puede considerar despreciable.

Atendiendo a los datos de la Tabla 2, se desea diseñar la torre para tener un rendimiento de eliminación de A del 96%, para lo cual se resolverán los siguientes apartados:

- 1) Obtener a través de balances todos los flujos y composiciones de las corrientes externas que se puedan calcular (apdo. 2.3).
- 2) Calcular el flujo mínimo de líquido necesario (apdo. 2.4)
- 3) Calcular los flujos y composición de la corriente líquida para una relación de flujo de líquido respecto del mínimo igual a 1.5 (apdo. 2.5)
- 4) Calcular el número de etapas ideales (apdo. 2.6)
- 5) Calcular el número de etapas reales para una eficacia de Murphree de fase vapor del 75% (apdo. 2.7, apdos. 2.8 y 0).

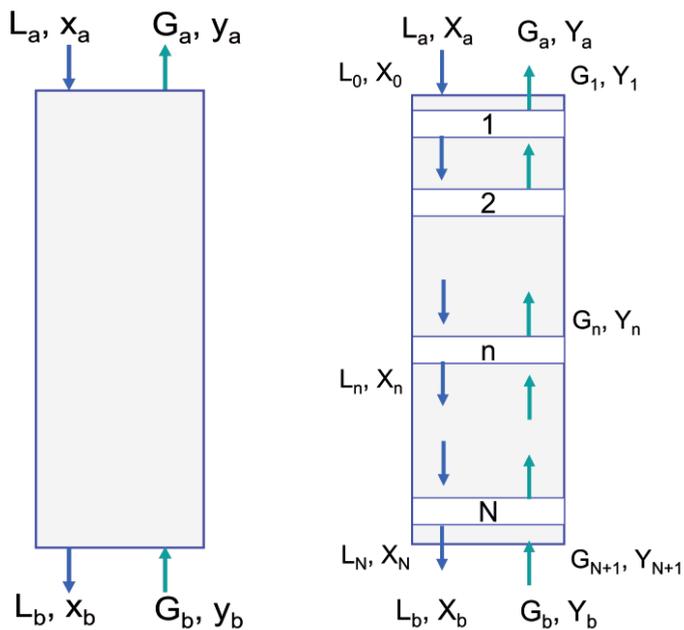
**Tabla 2.** Datos de la torre de absorción

Corriente gaseosa entrante	caudal	$Q_{\text{gas}_b} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$
	fracción de A	$y_b = 0.02$
Aceite de lavado entrante	fracción de A	$x_a = 0.005$
	peso molecular	$M_C = 420 \text{ g/mol}$
Datos de operación	operación isotérmica	$T = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
	operación isóbara	$p_t = 760 \text{ mmHg}$
Componente A	presión de vapor a T	$p_{\text{vapA}} = 100 \text{ mmHg}$

### 2.3. Balances en una torre de absorción

Los balances globales son previos a cualquier cálculo interno de la torre.

Para la torre de absorción funcionando a contracorriente se tendría la situación de la Figura 3:



**Figura 3.** Corrientes de entrada y salida de una torre de absorción (izda.) y numeración de las corrientes internas (dcha.)

**Para seguir leyendo haga click aquí**