

TEMA 2.

DESTILACIÓN Y RECTIFICACIÓN

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Contenido

2.1. Introducción

2.2. Destilación súbita o flash

2.3. Rectificación

2.4. Diseño de columnas de pisos

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a white background with a blue and orange gradient behind the text.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

2.1. Introducción

Destilación: separación de una mezcla líquida de componentes miscibles entre sí en varios o cada uno de esos componentes individuales, mediante vaporización parcial.

- Basada en el uso de un Agente Energético de Separación (AES)
- Transferencia de materia entre fases L-V generadas
- La fase vapor generada se enriquece en los componentes más volátiles
- Tras el contacto entre las fases L y V, ambas se separan mediante gravedad

Modalidades

○ En función del tipo de contacto entre fases

Continuo: torres de relleno

Intermitente: columnas de pisos o platos

○ En función del número de etapas de contacto

Una etapa: Destilación súbita o flash

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Discontinuo o por cargas

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V

- Variables controlantes: temperatura, presión, concentraciones
- Tipos de equilibrio existentes:

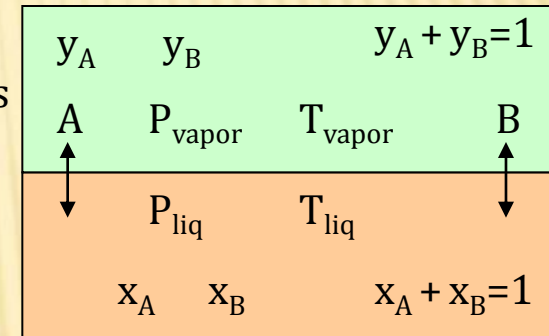
- a) Térmico $\Rightarrow T_L = T_V$
- b) Mecánico $\Rightarrow P_L = P_V$
- c) Químico $\Rightarrow \mu_i^L = \mu_i^V$

- Regla de las fases de Gibbs:

$$F = C - \Pi + 2$$

Siendo

- F : n^a variables intensivas independientes (grados de libertad)
- C : n^o total componentes del sistema
- Π : n^o total de fases del sistema



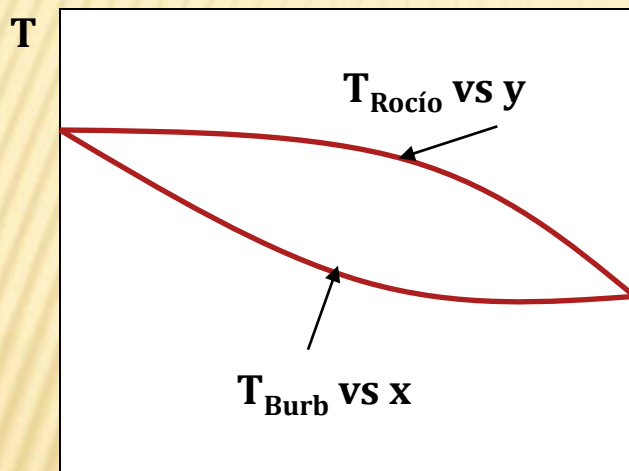
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

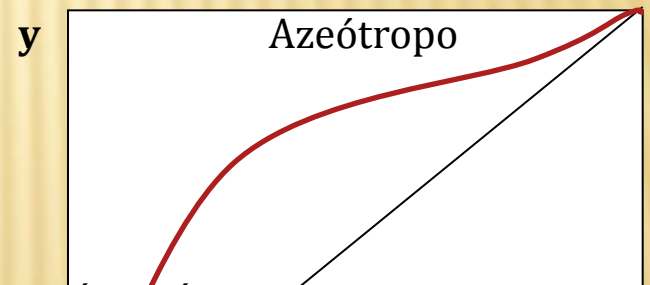
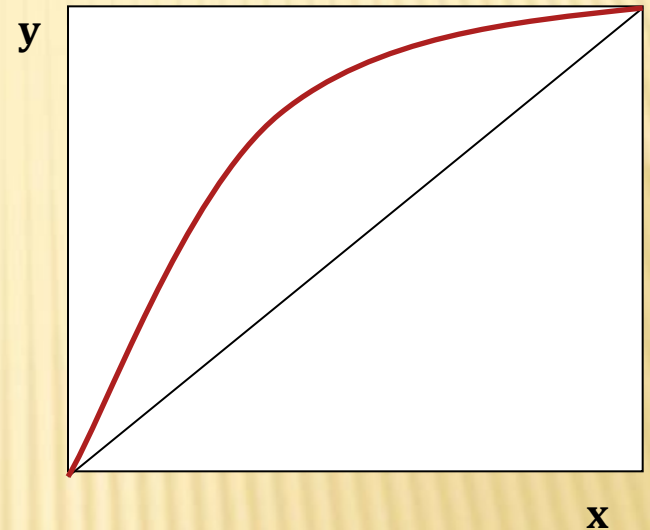
2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V.

Curvas de equilibrio



x, y



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

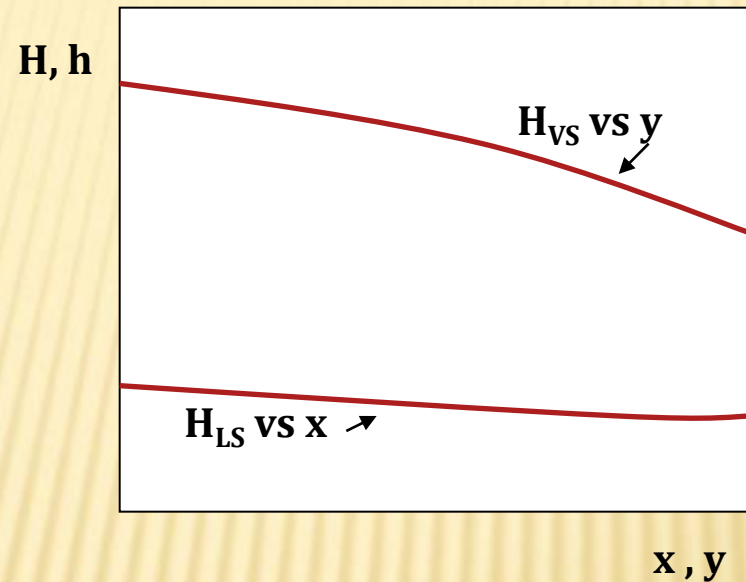
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

X

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V.

Curvas de equilibrio



Cartagena99

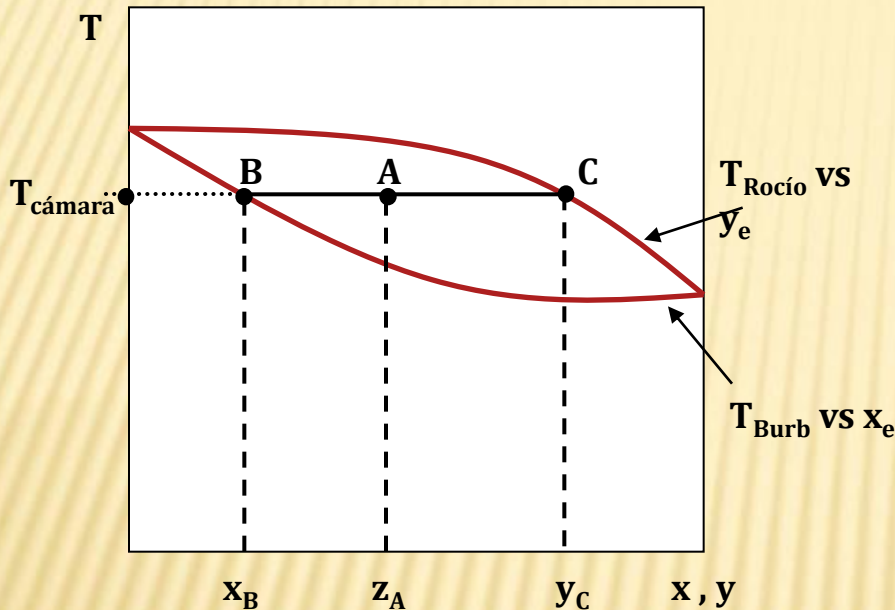
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V.

Curvas de equilibrio



1º Balance de componente:

$$F \cdot z_A = L \cdot x_B + V \cdot y_C \quad [1]$$

2º Balance Global:

$$F = L + V \quad [2]$$

3º Dividiendo [1] entre V :

$$\frac{F}{V} \cdot z_A = \frac{L}{V} \cdot x_B + y_C \quad [3]$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V

Constantes de equilibrio (o de reparto)

$$K_i = \frac{y_i}{x_i}$$

[5] **Estimación de K**

- Correlaciones gráficas (Ej.: Perry, R.)
- Correlaciones analíticas:

❑ Formas rigurosas (basadas en ecuaciones de estado)

Coefficientes de fugacidad

$$K_i = \frac{\bar{\Phi}_i^L}{\Phi_i^V}$$

HC y mezclas de gases ligeros desde T^a criogénica hasta T^a crítica[6]

Coefficientes de

$$\gamma_i^L \Phi_i^L$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V

Constantes de equilibrio (o de reparto)

Estimación de K

- Correlaciones analíticas:

▣ Formas aproximadas

$\bar{\Phi}_i^L, \bar{\Phi}_i^V$ Coef. Fugacidad de i en mezcla líquida y vapor, respectivamente, a T y P

Φ_i^L, Φ_i^V Coef. Fugacidad de i puro líquido y vapor, respectivamente, a T,P

Φ_i^S Coef. Fugacidad de i puro a T, P^{sat}

γ_i^L Coef. Actividad de i en mezcla líquida, a T,P

P_i^S Presión de saturación a T

$(FP)_i$ Factor de corrección de Poynting

Ley de Raoult

$$K_i = \frac{P_i^S}{P}$$

Disoluciones ideales a T^a próxima a la ambiente [8]

Ley de Raoult modificada

$$K_i = \frac{\gamma_i^L \cdot P_i^S}{P}$$

Disoluciones líquidas no ideales a T^a próxima a la ambiente [9]

Corrección de

$$\gamma_i^L \cdot \Phi_i^S \cdot P_i^S$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

P

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V.

Volatilidad relativa

$$\alpha_{ij} = \frac{K_i}{K_j} = \frac{y_i/x_i}{y_j/x_j} \longrightarrow \alpha_{AB} = \frac{K_A}{K_B} = \frac{y_A/x_A}{y_B/x_B} = \frac{y_A \cdot (1-x_A)}{x_A \cdot (1-y_A)} \longrightarrow y_A = \frac{\alpha_{AB} \cdot x_A}{1 + (\alpha_{AB} - 1) \cdot x_A} \quad [12]$$

↑
Mezclas binarias

Punto de Burbuja

$$\sum_{i=1}^{Nc} y_i = \sum_{i=1}^{Nc} K_i \cdot x_i = 1 \quad [13] \longrightarrow \sum_{i=1}^{Nc} \alpha_{i,ref} \cdot K_{ref} \cdot x_i = 1 \longrightarrow K_{ref} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{Nc} \alpha_{i,ref} \cdot x_i} \quad [14]$$

↑
 K_i

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

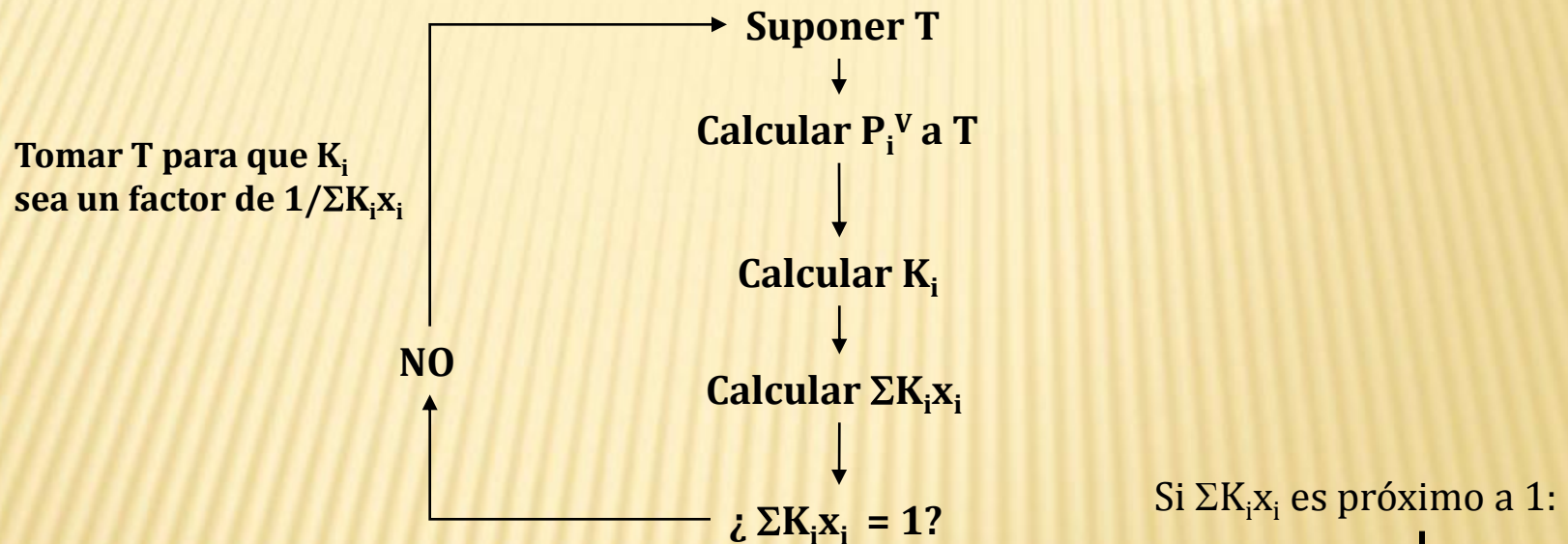
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V.

Punto de Burbuja

- Suponiendo que K_i es independiente de la composición:



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Si $K_i = f(T, P, \text{composición}) \Rightarrow$ Henley y Seader

2.1. Introducción

EQUILIBRIO L-V.

Punto de Rocío

$$\sum_{i=1}^{Nc} x_i = \sum_{i=1}^{Nc} \frac{y_i}{K_i} = 1 \quad [15]$$

Cálculo análogo a T_B

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, sans-serif font. The '99' is slightly larger and more prominent. Below the text is a horizontal line that is blue on the left and orange on the right, with a slight curve.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Contenido

2.1. Introducción

➔ 2.2. Destilación súbita o flash

2.3. Rectificación

2.4. Diseño de columnas de pisos

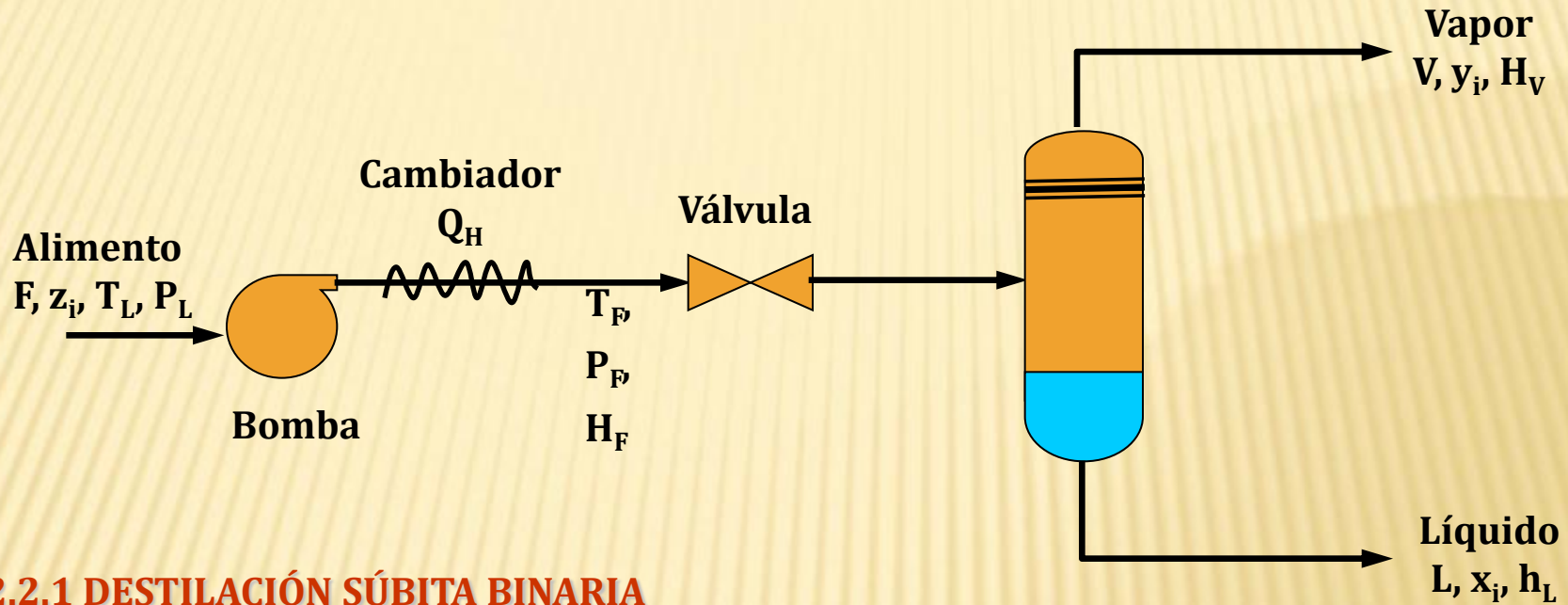
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash



2.2.1 DESTILACIÓN SÚBITA BINARIA

Relaciones de equilibrio

Componentes (equilibrio químico):

$$K_i(T_{\text{cámara}}, P_{\text{cámara}}, x, y) = \frac{y_i}{x_i} \quad [5]$$

Balances de materia:

Balance Global: $F = L + V$ [2]

Componentes: $F \cdot z_i = L \cdot x_i + V \cdot y_i$ [1]

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.1 DESTILACIÓN SÚBITA BINARIA

$$n^{\circ} \text{ variables} = n^{\circ} \text{ corrientes} \times \underbrace{(c+2)}_{\text{composiciones, T y P}} + \underbrace{1}_{Q_{\text{intercambiado}}} = 3 \times (2+2) + 1 = 13$$

$$n^{\circ} \text{ ecuaciones} = \underbrace{c}_{\text{BM}} + \underbrace{1}_{\text{BE}} + \underbrace{(c+2)}_{\text{Equilibrios comp, T, P}} = 2c + 3 = 7$$

Variables de diseño (GL) = 13 - 7 = 6



- Variables conocidas habituales (5): F , z_F , T_F , P_F y $P_{\text{Cámara}}$
- Variables adicionales (1): y , x , $f = V/F$, $q = L/F$, $T_{\text{Cámara}}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.1 DESTILACIÓN SÚBITA BINARIA

A partir de los balances de materia:

$$\text{Línea de operación} \quad y_i = -\frac{L}{V} \cdot x_i + \left(\frac{L}{V} + 1 \right) \cdot z_i \quad [21]$$

Si se especifica la fracción vaporizada (f) o la fracción líquida (q) tras destilación:

$$\frac{L}{V} = \frac{1-f}{f} \quad [22] \quad \frac{L}{V} = \frac{q}{1-q} \quad [23]$$

La línea de operación puede expresarse como:

$$y_i = \frac{1-f}{f} z_i + \left(\frac{1-f}{f} + 1 \right) z_i$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.1 DESTILACIÓN SÚBITA BINARIA

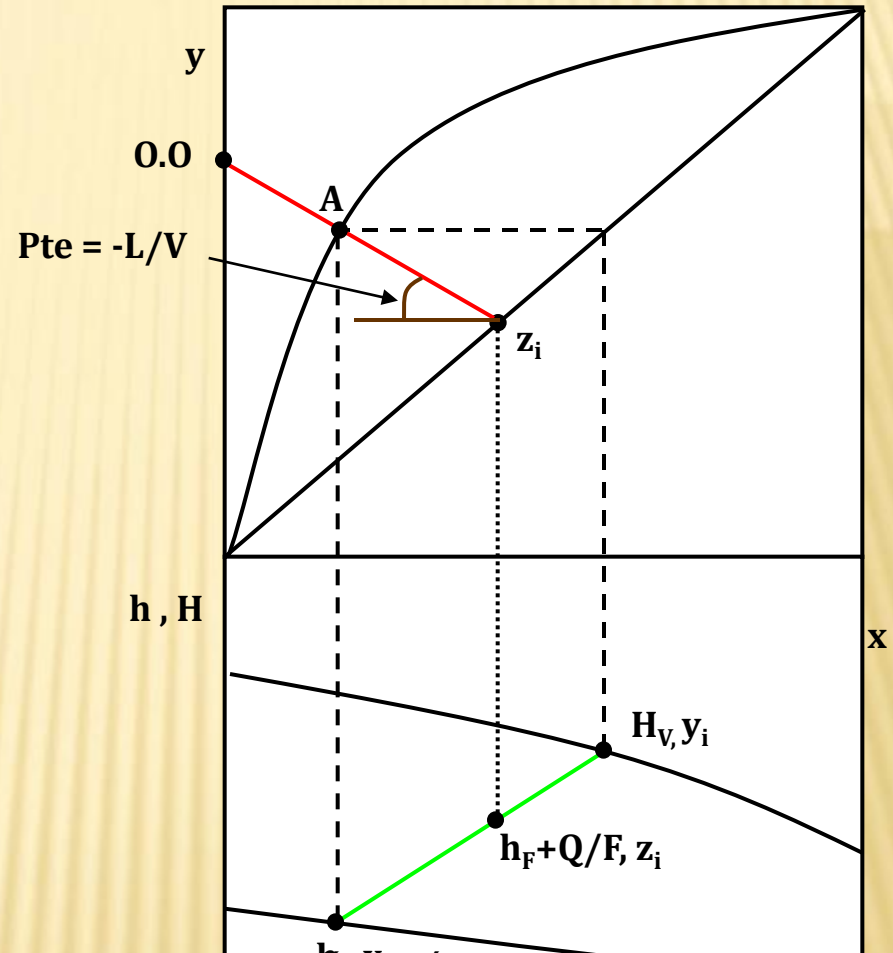
Solución gráfica:

$$pte = -\frac{L}{V} = -\frac{1-f}{f} = -\frac{q}{1-q}$$

$$O.O. = \frac{F}{V} \cdot z_i = \frac{1}{f} \cdot z_i = -\frac{1}{1-q} \cdot z_i$$

Balance de energía:

$$[20] \rightarrow h_F + \frac{Q}{F} = q \cdot h_L + (1-q) \cdot H_V$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

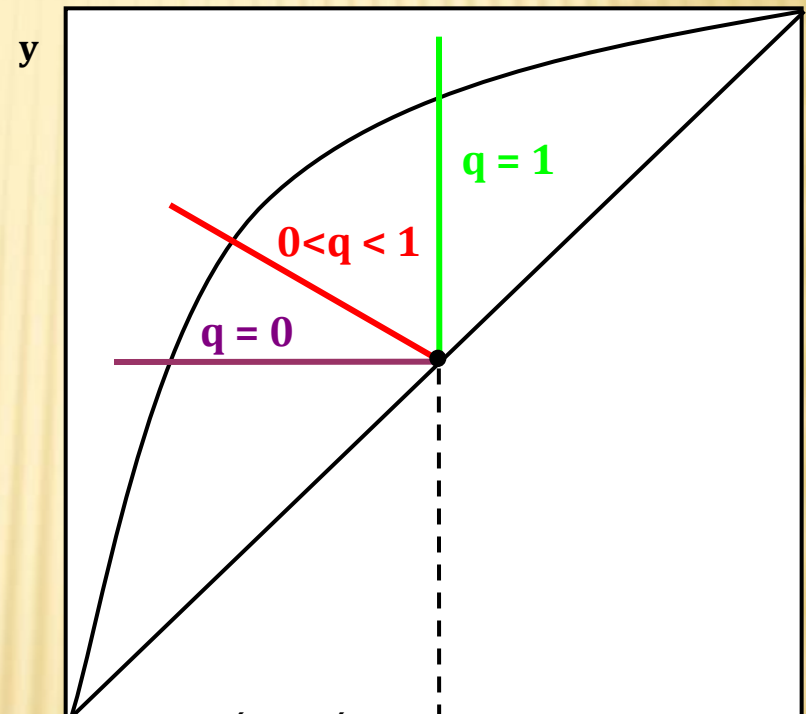
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.1 DESTILACIÓN SÚBITA BINARIA

Solución gráfica:

- $q > 1 \Rightarrow$ Líquido subenfriado
- $q = 1 \Rightarrow$ Líquido saturado
- $0 < q < 1 \Rightarrow$ Vapor húmedo
- $q = 0 \Rightarrow$ Vapor saturado
- $q < 0 \Rightarrow$ Vapor sobrecalentado



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

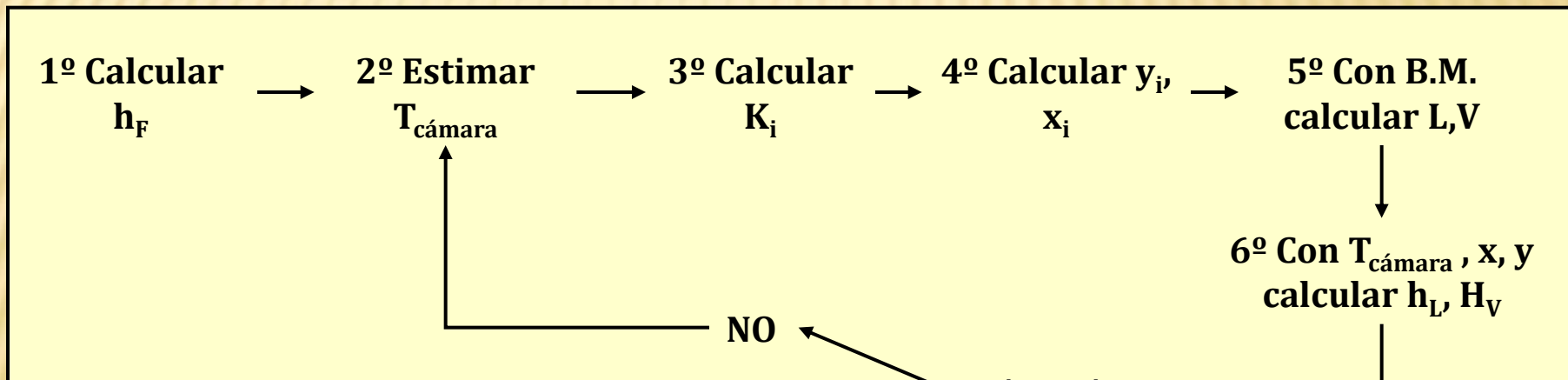
2.2.1 DESTILACIÓN SÚBITA BINARIA

Caso más complejo:

- Variables conocidas: $F, z_F, T_F, P_F, P_{\text{Cámara}}, Q$
- A resolver: $y, x, V, L, T_{\text{Cámara}}$



Ejemplo: cálculo de $T_{\text{cámara}}$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.2 DESTILACIÓN SÚBITA MULTICOMPONENTE

$$n^{\circ} \text{ variables} = n^{\circ} \text{ corrientes} \times \underbrace{(c+2)}_{\text{composiciones, T y P}} + \underbrace{1}_{Q_{\text{intercambiado}}} = 3 \times (c+2) + 1 = 3c + 7$$

$$n^{\circ} \text{ ecuaciones} = \underbrace{c}_{\text{BM}} + \underbrace{1}_{\text{BE}} + \underbrace{(c+2)}_{\text{Equilibrios comp, T, P}} = 2c + 3 = 7$$

$$\text{Variables de diseño (GL)} = 3c + 7 - (2c + 3) = c + 4$$



- Variables conocidas habituales (c+2): F, z_i, T_F, P_F
- Variables adicionales (2): $P_{\text{Cámara}}, T_{\text{Cámara}}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.2 DESTILACIÓN SÚBITA MULTICOMPONENTE

Suponiendo que K_i es independiente de la composición:

B.M. Componentes:

$$F \cdot z_i = L \cdot x_i + V \cdot y_i$$
$$y_i = K_i \cdot x_i$$
$$x_i = \frac{F \cdot z_i}{L + V \cdot K_i} \quad [26]$$

$F = L + V$

$$x_i = \frac{z_i}{1 + (K_i - 1) \cdot \frac{V}{F}}$$

$$y_i = \frac{K_i \cdot z_i}{1 + (K_i - 1) \cdot \frac{V}{F}}$$

[27,28]

Cálculo de V/F:

$$\sum_{i=1}^{N_c} x_i = \sum_{i=1}^{N_c} \frac{z_i}{1 + (K_i - 1) \cdot \frac{V}{F}} = 1 \quad [29]$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.2 DESTILACIÓN SÚBITA MULTICOMPONENTE

Rachford y Rice:

$$\sum_{i=1}^{Nc} \frac{K_i \cdot z_i}{1 + (K_i - 1) \cdot \frac{V}{F}} - \sum_{i=1}^{Nc} \frac{z_i}{1 + (K_i - 1) \cdot \frac{V}{F}} = 0$$



$$\sum_{i=1}^{Nc} \frac{(K_i - 1) \cdot z_i}{1 + (K_i - 1) \cdot \frac{V}{F}} = 0 \quad [31]$$

Calcular V/F
con [31]



Calcular x_i, y_i
con [27, 28]



Calcular L y V
con B, M



Calcular Q
con B, F

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

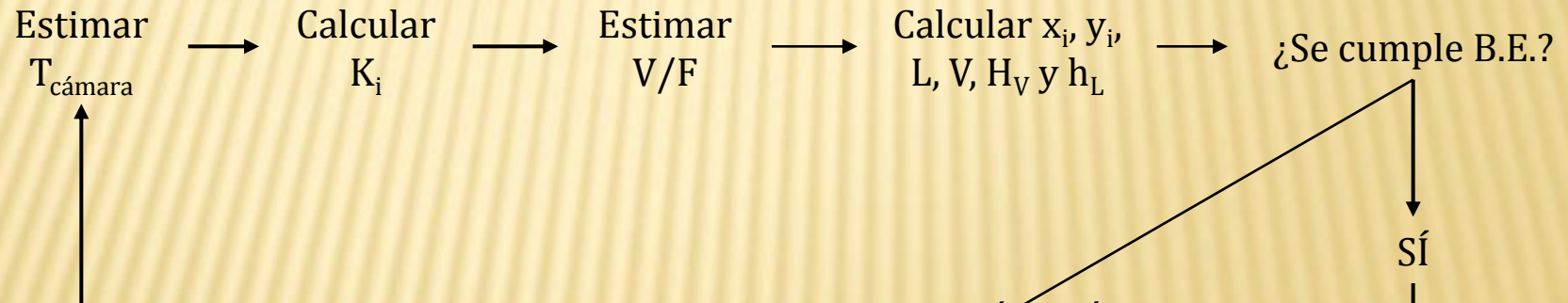
2.2.2 DESTILACIÓN SÚBITA MULTICOMPONENTE

Caso más complejo:

- Variables conocidas: $F, z_F, T_F, P_F, P_{\text{Cámara}}, Q$
- A resolver: $y, x, V, L, T_{\text{Cámara}}$



Caso a) mezclas con grandes divergencias entre T_B y T_R (80-100°C)



Cartagena99

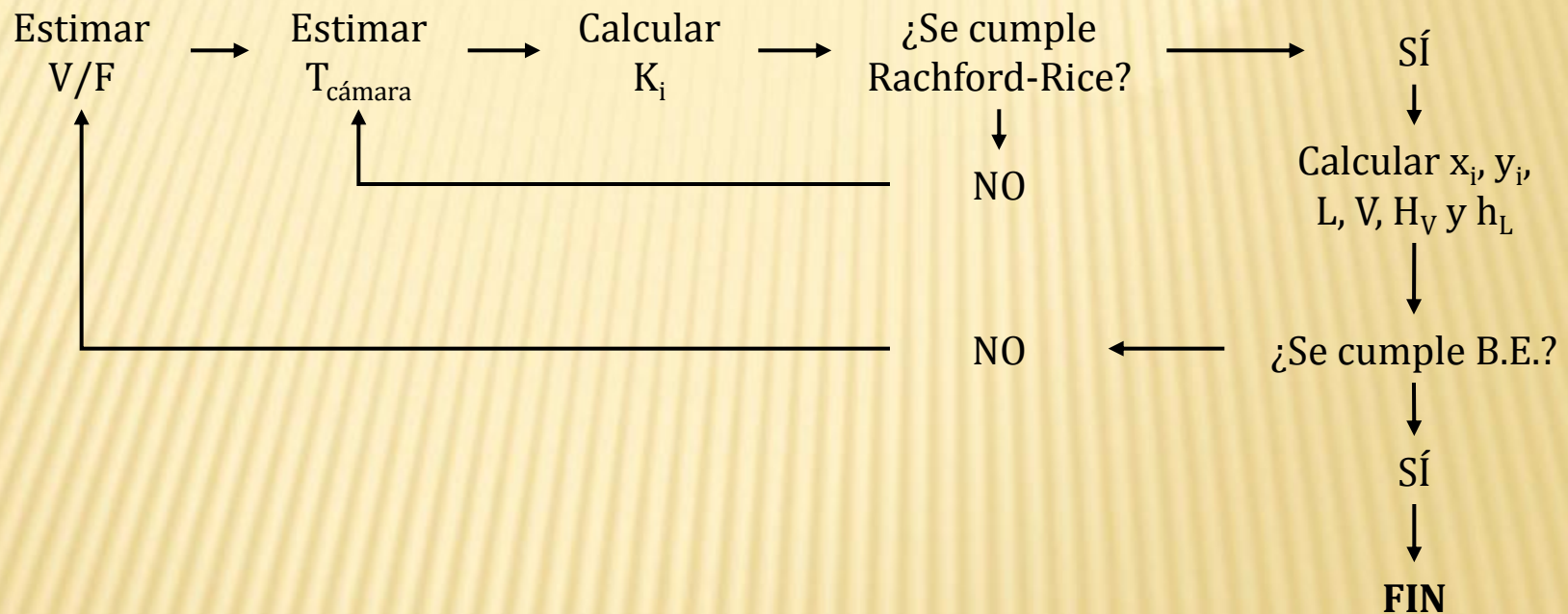
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.2 DESTILACIÓN SÚBITA MULTICOMPONENTE

Caso B) mezclas con pequeñas divergencias entre T_B y T_R



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.3 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA CÁMARA

1º. Cálculo de la velocidad del vapor máxima permisible (v_{\max})

$$v_{\max} \text{ (ft/s)} = K_{\text{cámara}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} \quad [32]$$

$$K_{\text{cámara}} = \exp \left[A + B \cdot \text{Ln}(F_{LV}) + C \cdot (\text{Ln}(F_{LV}))^2 + D \cdot (\text{Ln}(F_{LV}))^3 + E \cdot (\text{Ln}(F_{LV}))^4 \right] \quad [33]$$

Siendo:

$$F_{LV} = \frac{L}{V} \cdot \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}} \quad [34]$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.2. Destilación súbita o flash

2.2.3 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA CÁMARA

2º. Cálculo del área transversal (A_L)

$$A_L = \frac{V \cdot MW_V}{v_{\max} \cdot 3600 \cdot \rho_V} \quad [35]$$

Siendo:

MW= Peso molecular (lb)

V= Caudal vapor (lbmol/h)

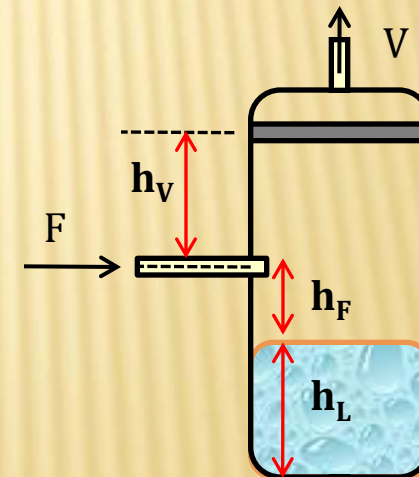
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_L}{\Pi}} \quad [36]$$

3º. Determinar D/L

$$h_V = 36 + \frac{1}{2} \cdot D_{\text{tubería_ent}} \quad \text{Mínimo 48''}$$

$$h_F = 12 + \frac{1}{2} \cdot D_{\text{tubería_ent}} \quad \text{Mínimo 18''}$$

$$h_L = \frac{V_{\text{acum_líq}}}{\Pi \cdot D^2 / 4}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

SI $L/D > 5 \Rightarrow$ cámara horizontal

Contenido

2.1. Introducción

2.2. Destilación súbita o flash

➔ 2.3. Rectificación

2.4. Diseño de columnas de pisos

Cartagena99

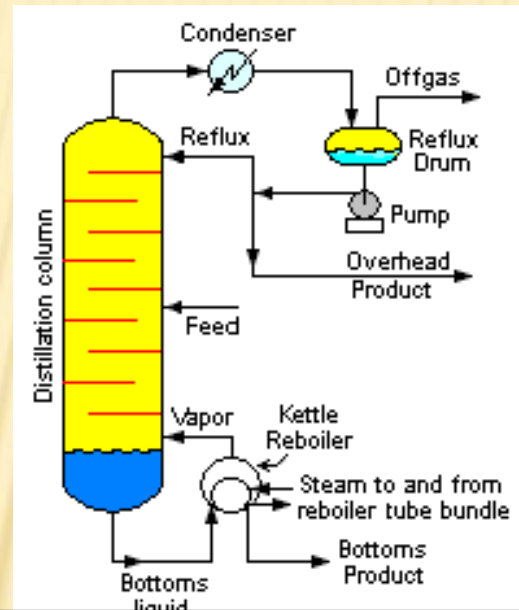
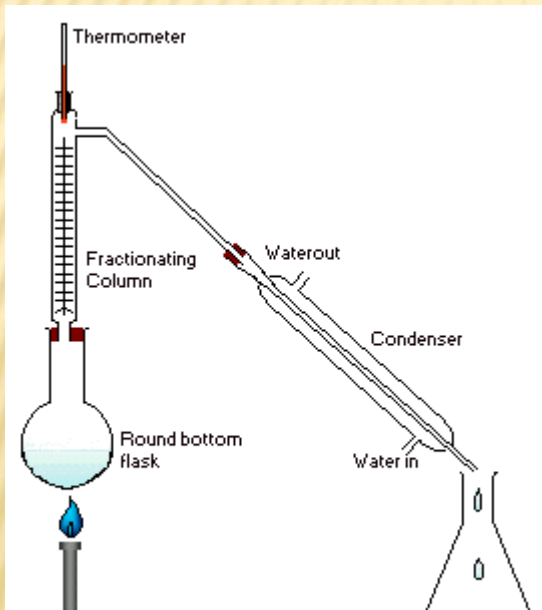
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.1 EQUIPOS PARA RECTIFICACIÓN



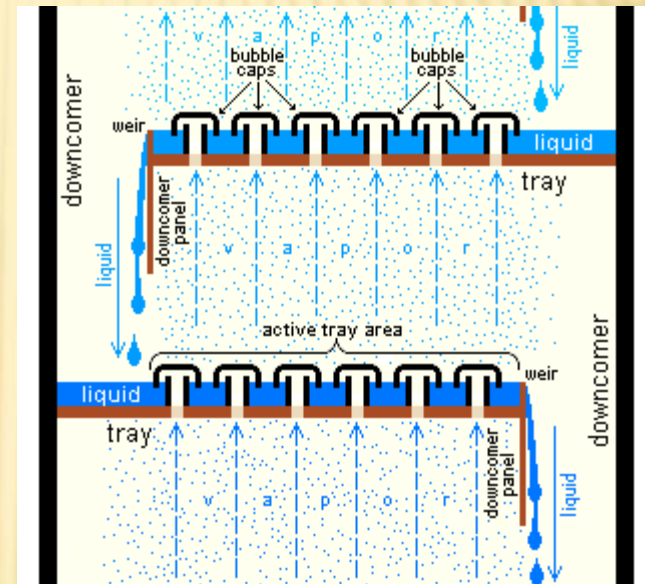
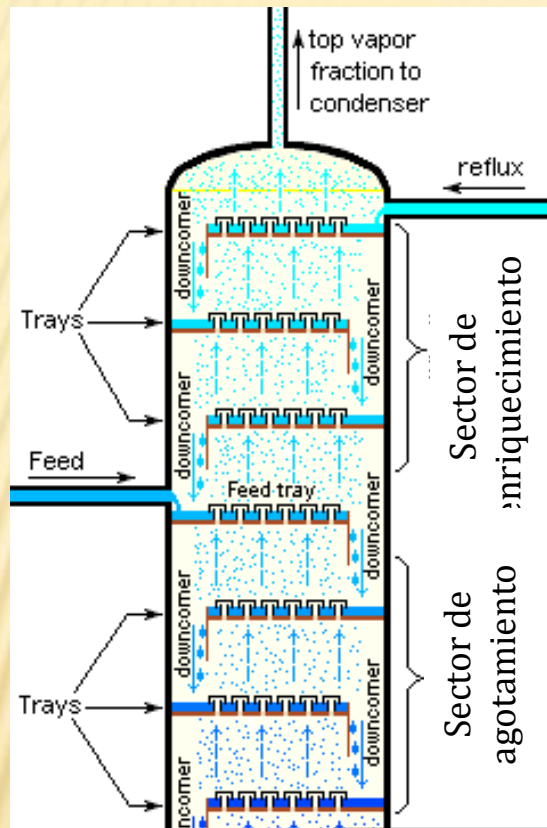
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

2.3. Rectificación

2.3.1 EQUIPOS PARA RECTIFICACIÓN



Cartagena99

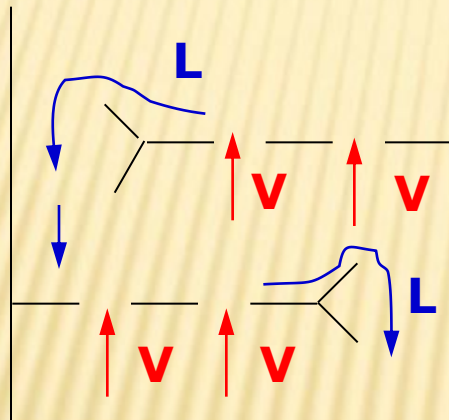
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

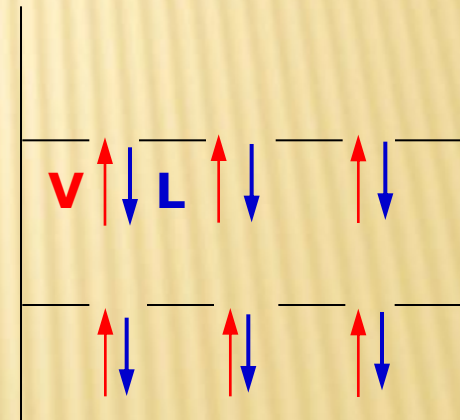
2.3. Rectificación

2.3.1 EQUIPOS PARA RECTIFICACIÓN

a. Pisos con vertederos



b. Pisos sin vertederos



Cartagena99

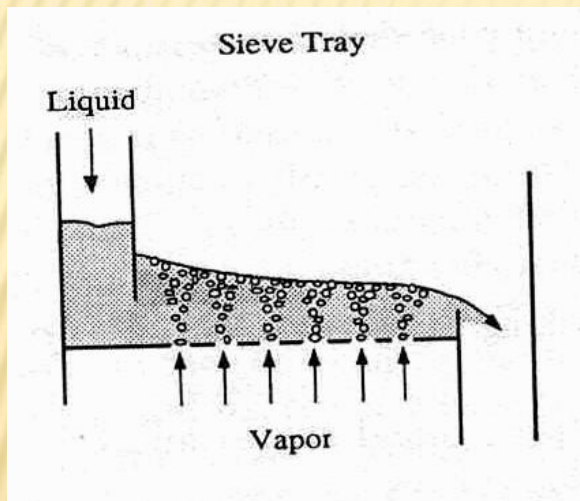
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.1 EQUIPOS PARA RECTIFICACIÓN

a.1 Pisos perforados



Cartagena99

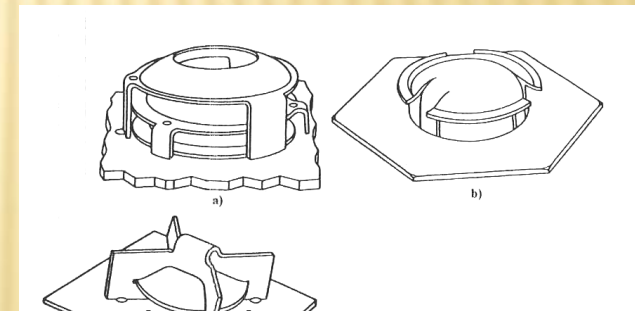
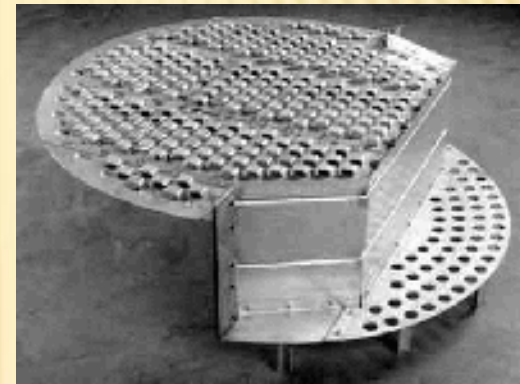
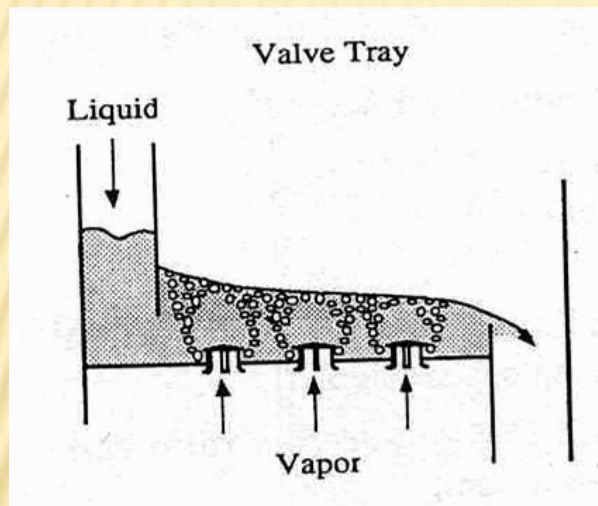
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.1 EQUIPOS PARA RECTIFICACIÓN

a.2 Pisos de válvulas



Cartagena99

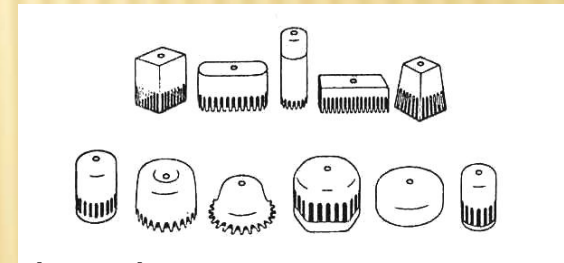
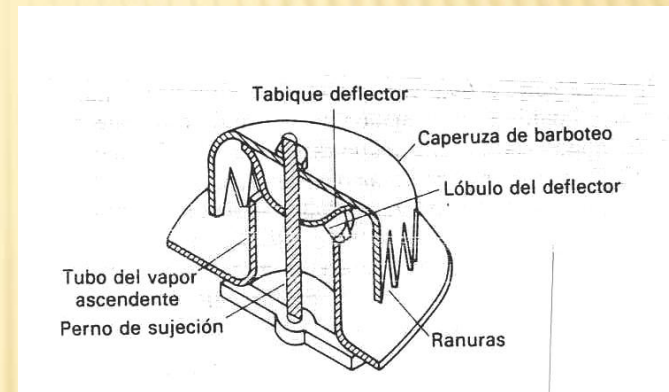
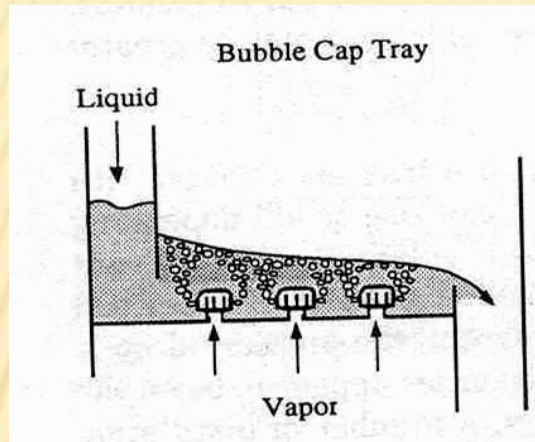
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.1 EQUIPOS PARA RECTIFICACIÓN

a.3 Pisos de campanas



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

I. Variables de diseño

$$V_D = \sum (V_D)_{Elementos} - C_c \cdot (c + 2) + V_c \quad [38]$$

- $(V_D)_{Elementos}$ = variables de diseño de cada elemento o dispositivo
- C_c = corrientes comunes
- V_c = variable de construcción

Variables

- Composiciones (c)
- Temperatura y presión (2)
- Calor intercambiado (1)

Ecuaciones

- Balances de materia por componentes (c-1)
- Balance de materia global (1)
- Balance de energía (1)
- Equilibrio químico (c)
- Equilibrio térmico (1)

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, sans-serif font. The '99' is slightly larger and more prominent. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

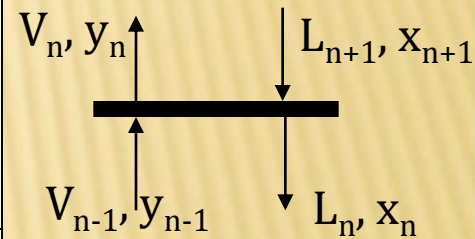
I. Variables de diseño

Ejemplo 1: etapa de equilibrio

$$n^{\circ} \text{ variables} = n^{\circ} \text{ corrientes} \times \underbrace{(c+2)}_{\text{composiciones, T y P}} + \underbrace{1}_{Q_{\text{intercambiado}}} = 4 \times (c+2) + 1 = 4c + 9$$

$$n^{\circ} \text{ ecuaciones} = \underbrace{c}_{\text{BM}} + \underbrace{1}_{\text{BE}} + \underbrace{(c+2)}_{\text{Equilibrios comp, T, P}} = 2c + 3 = 7$$

$$(V_D)_{\text{etapa}} = 4c + 9 - (2c + 3) = 2c + 6$$



Ejemplo 2: divisor de corriente

$$n^{\circ} \text{ variables} = n^{\circ} \text{ corrientes} \times \underbrace{(c+2)}_{\text{composiciones, T y P}} + \underbrace{1}_{Q_{\text{intercambiado}}} = 3 \times (c+2) + 1 = 3c + 7$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$(V_D)_{\text{horno}} = 3c + 7 - (2c + 2) = c + 5$$

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

I. Variables de diseño

Condensador parcial + Sector de enriquecimiento + etapa de alimentación + sector de agotamiento + caldera

$$V_D = C+7 = 9$$

- Variables fijas = 5 (F, z_F, T_F, P_F, P_D)
- Variables libres = 4 ($y_D, x_R, L_D/D, a_{\text{óptimo}}$)

Condensador total + Sector de enriquecimiento + etapa de alimentación + sector de agotamiento + caldera

$$V_D = C+8 = 10$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

Consideraciones previas

Presión

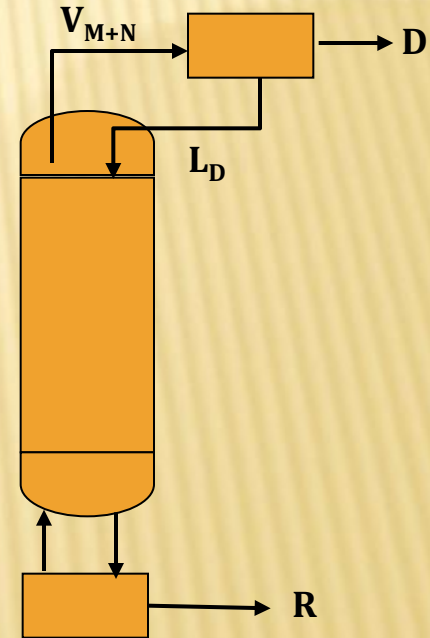
- ΔP columna = 0,35 atm
 - ΔP condensador = 0,35 atm
- $P_D = 10$ atm; $P_R = 10,7$ atm
 - $P_D = 1$ atm; $P_R = 1,7$ atm
 - $P_D = 0,1$ atm; $P_R = 0,8$ atm

Condición del alimento

- ¿Destilación súbita? \Rightarrow Calcular T_{Burb} , $T_{Rocío}$, q

Condensador

- Condensador parcial: L_D líquido a T_{Burb} ; D vapor a $T_{Rocío}$
- Condensador total: L y D líquidos a $T < T_{Burb}$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Balance económico: $1,2 \cdot (L_D/D)_{\min} < (L_D/D)_{\text{óptimo}} < 2 \cdot (L_D/D)_{\min}$

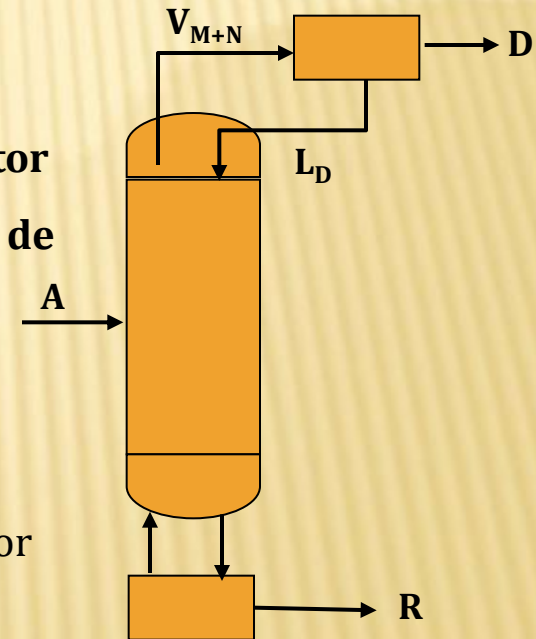
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS

- Suponen flujo molar de cada fase constante en cada sector
- Resolución a través de balances de materia y relaciones de equilibrio
- Válido si:
 - Calores latentes de los dos componentes son iguales
 - Calores de mezcla, pérdidas de calor y variaciones de calor sensible del L y V despreciables



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

--

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

• Resolución empleando caudales y fracciones molares

2.3. Rectificación

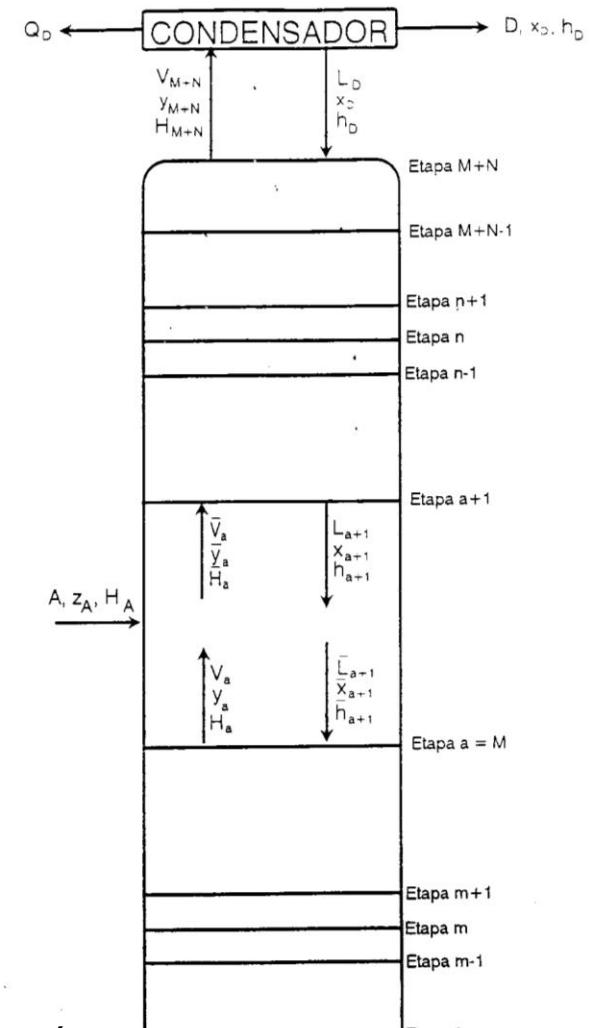
2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. A) Analíticos. Método de Lewis

Datos de partida:

- Variables fijas = A, z_A, T_A, P_A, P_D
- Variables libres = $z_D, x_R, L_D/D, a_{\text{óptimo}}$
- Equilibrio $K = f(T)$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Q_R → CALDERA → R, x_R, h_R

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. A) Analíticos. Método de Lewis

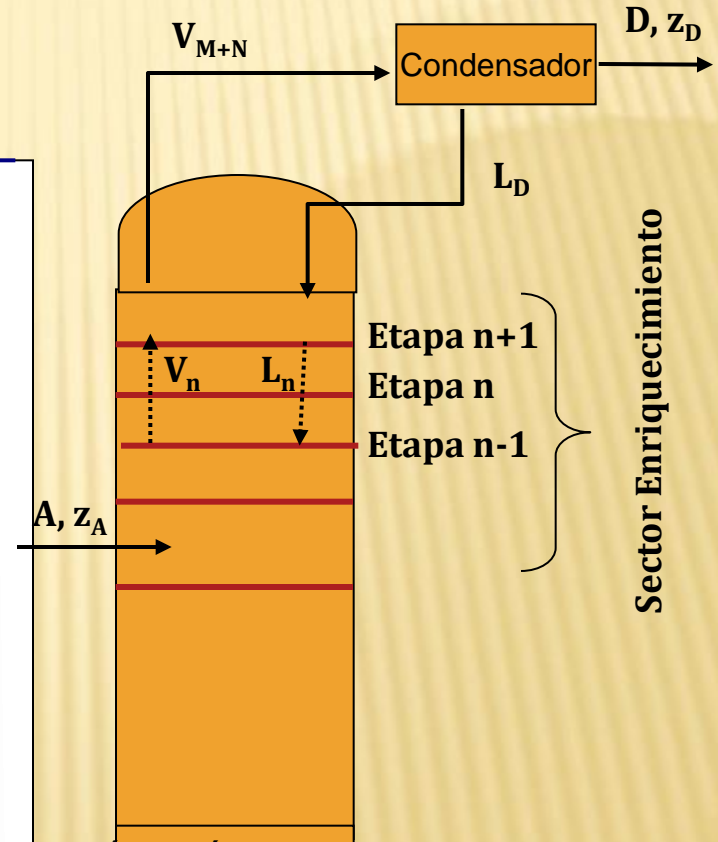
1º $A = D + R$
 $Az_A = Dz_D + Rx_R$ D, R

2º $L_D = D (L_D/D)$; $L_D = L_n$
 $V_{M+N} = L_D + D$; $V_{M+N} = V_n$ L_n, V_n

3º CONDENSADOR TOTAL: $x_D = y_{M+N}$; $T_{BURB} = T_D$ T_D, x_D
 CONDENSADOR PARCIAL: y_D ; $T_{ROCIO} = T_D$; $x'_D = y_D/K_D$ T_R, y_R
 CALDERA: x_R ; $T_{BURB} = T_R$; $y'_R = K_R x_R$

4º RECTA OPERATIVA DEL SECTOR DE ENRIQUECIMIENTO y_{M+N}
 $y_{M+N} = (L_D/V_{M+N}) x_D + (D/V_{M+N}) z_D$

5º y_{M+N} ; $T_{ROCIO} = T_{M+N}$; $x'_{M+N} = y_{M+N}/K_{M+N}$ T_{M+N}, x_{M+N}



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

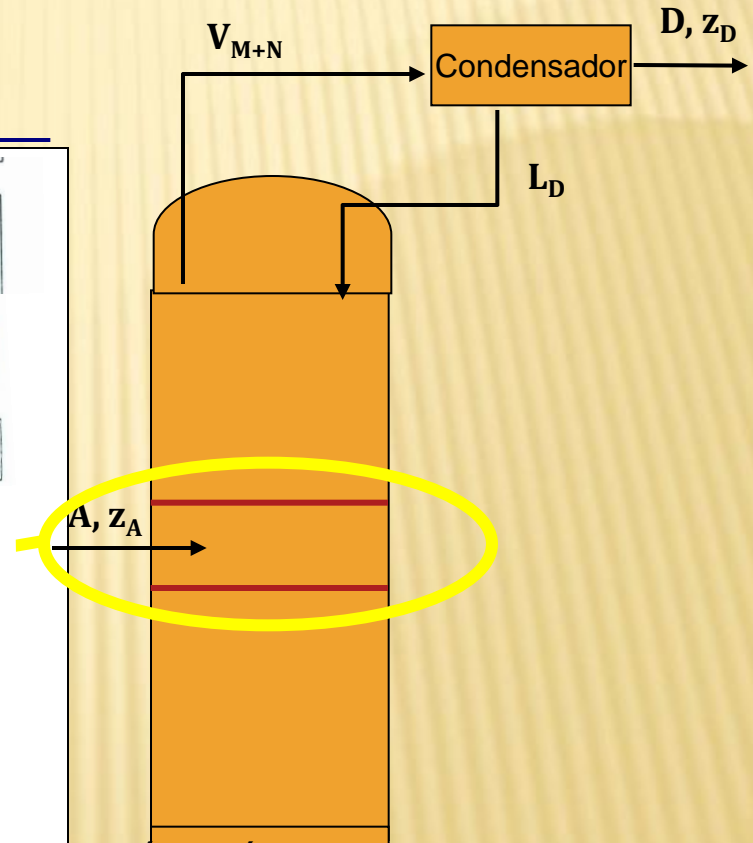
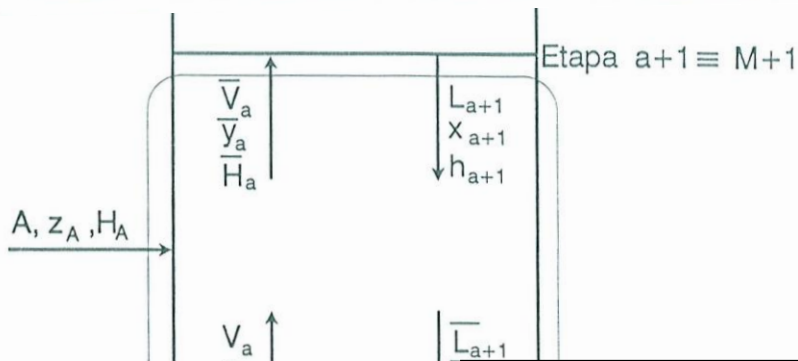
II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. A) Analíticos. Método de Lewis

7º $\overline{L}_{a+1} = L_n + q A; \overline{L}_{a+1} = L_m$ L_m, V_m
 $V_n = V_a + (1-q) A; V_a = V_m$

8º $V_m y_a + (1-q) A y_A = L_n x_{a+1} + D z_D; y_a = y_M$ y_M

9º $y_M: T_{ROCIO} = T_M; x'_M = y_M / K_M$ T_M, x_M



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

q = $\frac{L_n - L_m}{V_m - V_n}$

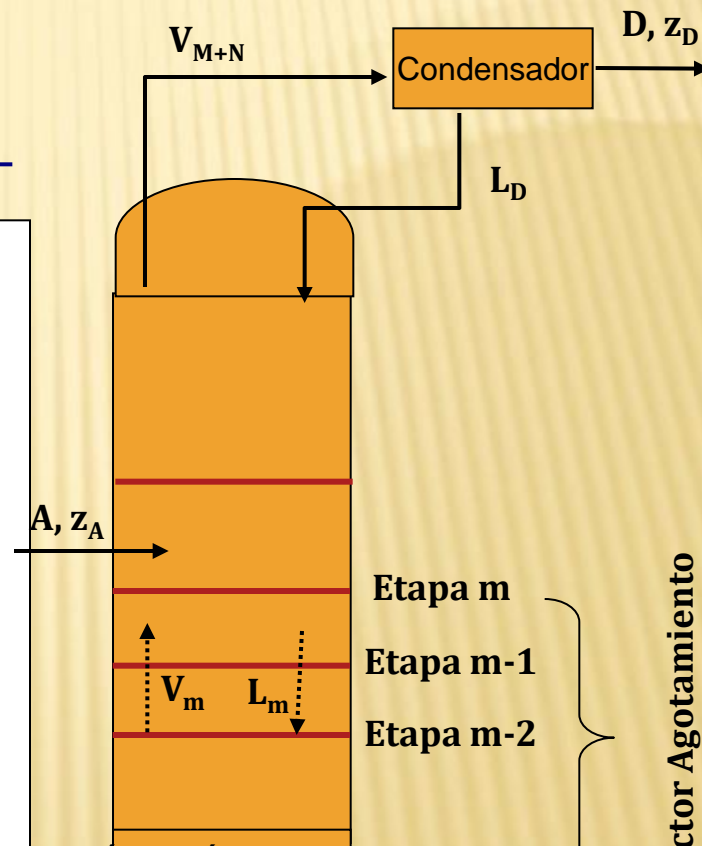
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. A) Analíticos. Método de Lewis

- 10º RECTA OPERATIVA DEL SECTOR DE AGOTAMIENTO y_{M-1}
- $$y_{M-1} = (L_m / V_m) x_M - (R / V_m) x_R$$
- 11º $y_{M-1} : T_{\text{ROCIO}} = T_{M-1} ; x'_{M-1} = y_{M-1} / K_{M-1}$ T_{M-1}, x_{M-1}
- 12º REPETIR LOS PASOS 10º Y 11º HASTA LLEGAR A LA CALDERA, ES DECIR, QUE LAS FRACCIONES MOLARES EN EL LÍQUIDO EN DOS PISOS SUCESIVOS SEAN RESPECTIVAMENTE MAYOR Y MENOR QUE LAS DEL RESIDUO



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Datos de partida:

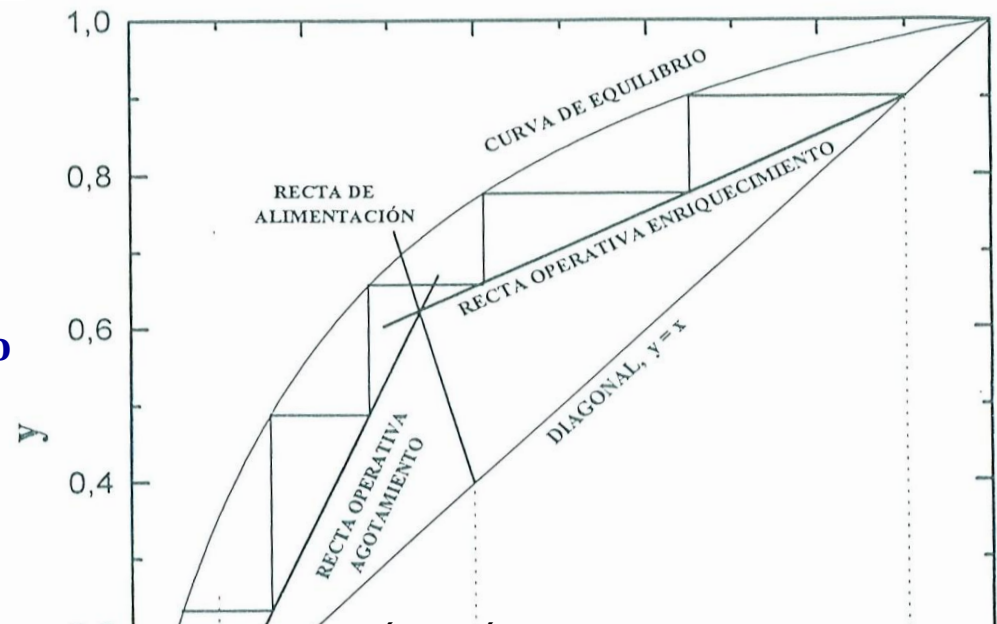
- Variables fijas = A, z_A, T_A, P_A, P_D
- Variables libres = $z_D, x_R, L_D/D, a_{\text{óptimo}}$
- Curva de Equilibrio

Recta operativa Sector Enriquecimiento

$$y_n = \frac{L_n}{V_n} \cdot x_{n+1} + \frac{D \cdot x_D}{V_n} \quad [39]$$

Recta de Alimentación

$$v = \frac{q}{r} \cdot y - \frac{z_A}{r} \quad [40]$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

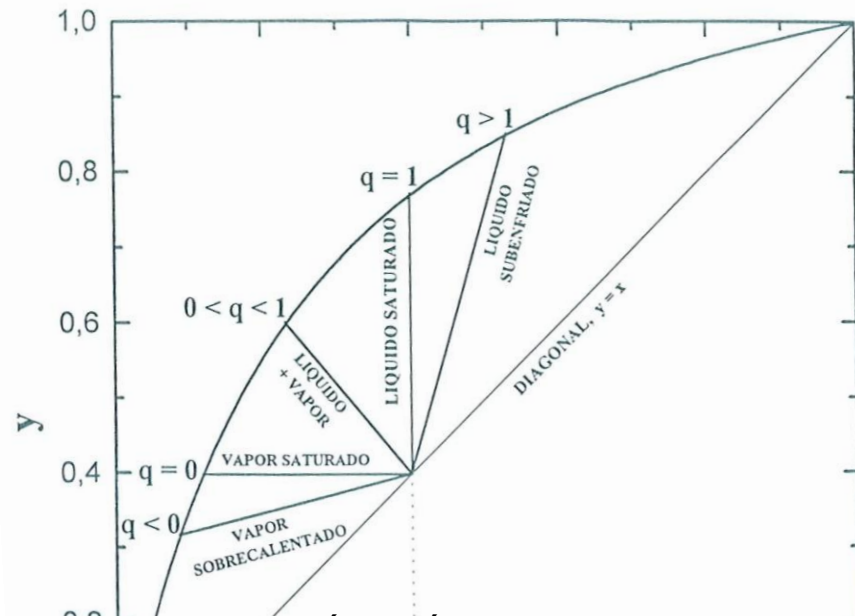
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Condición térmica del alimento



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

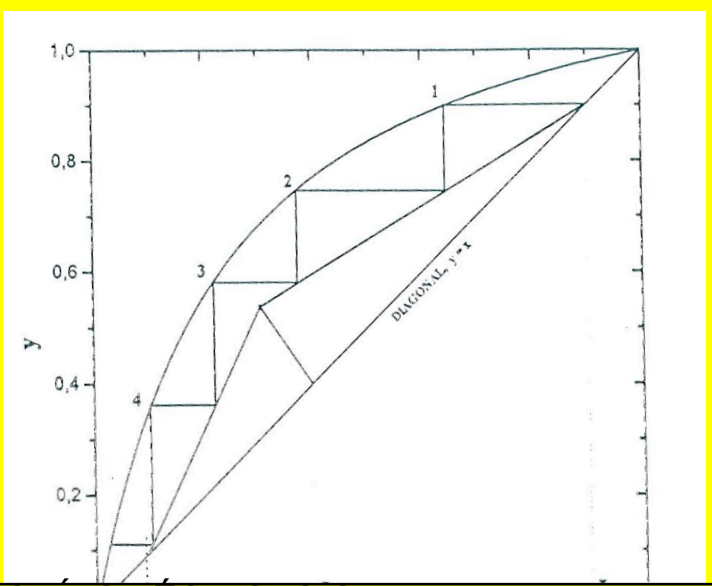
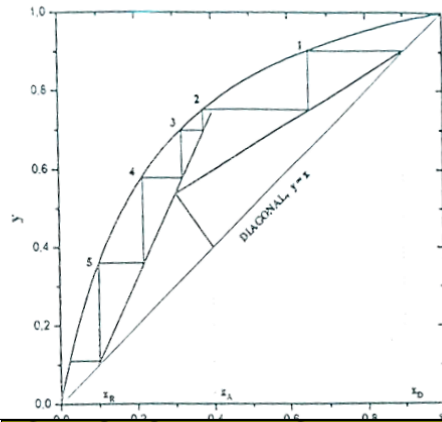
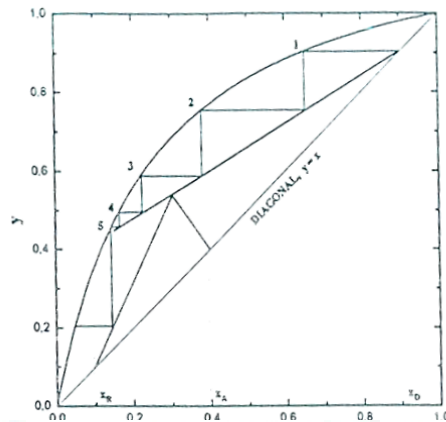
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Posición óptima del piso de alimentación



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

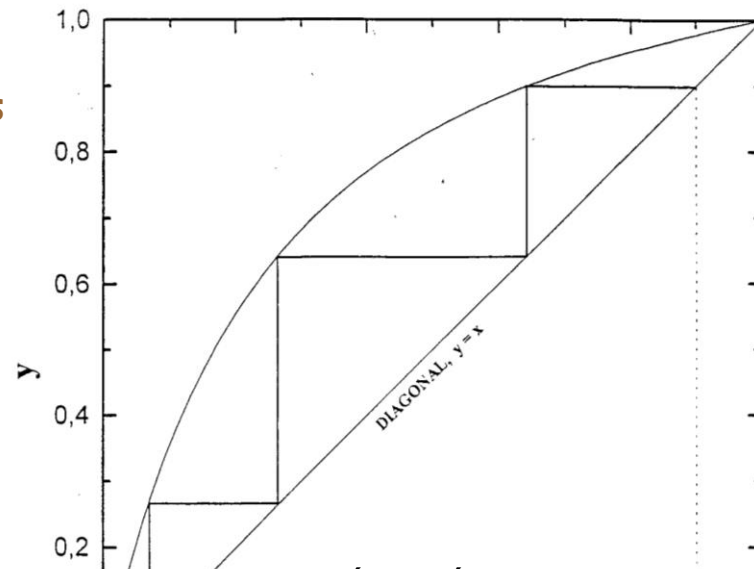
II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Condiciones de operación límite

Número mínimo de pisos

$$\frac{L_D}{D} = \infty \Rightarrow D = 0 \Rightarrow L_D = V_{M+N} \Rightarrow \frac{L_D}{V_{M+N}} = 1$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

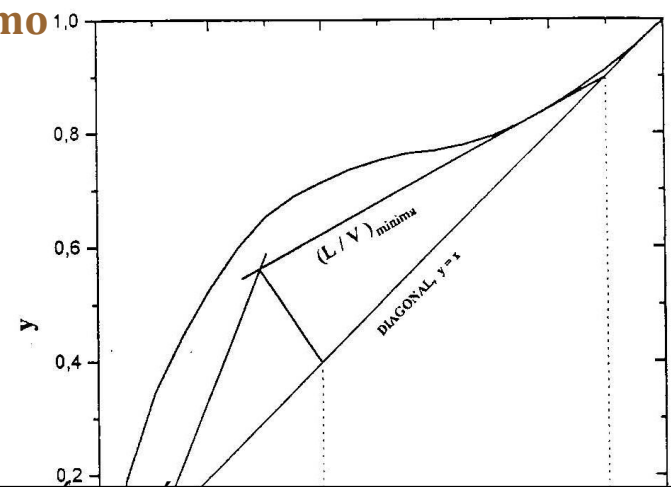
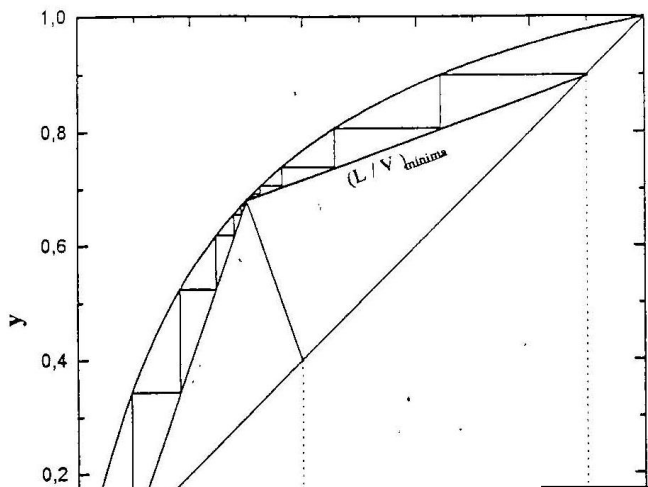
2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Condiciones de operación límite

Razón de reflujo mínima



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

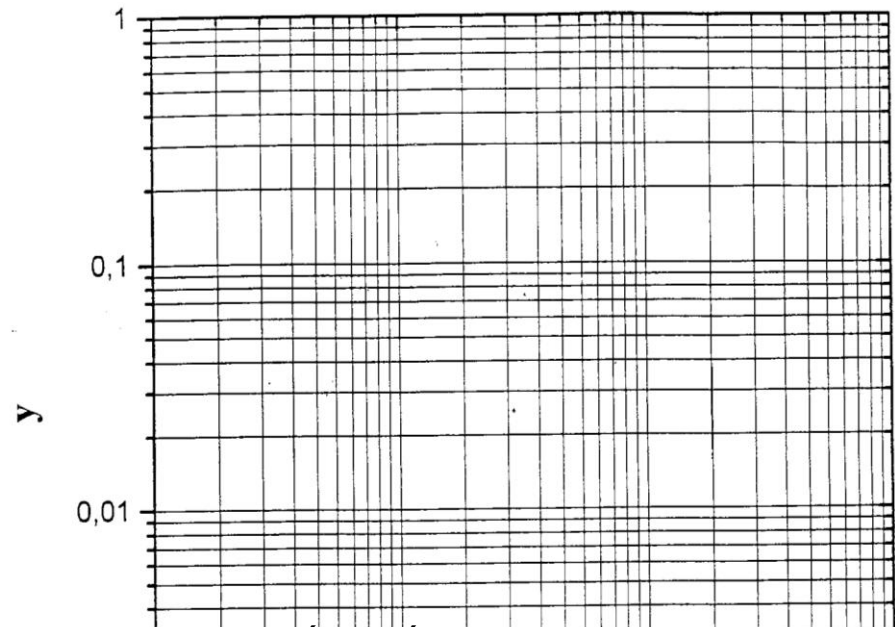
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

PAPEL LOGARÍTMICO: Se utiliza cuando las purezas de los componentes son extremos (XD ó XR 99,9%). Las rectas operativas se transforman en curvas por lo que necesitaremos varios puntos para su representación. Los escalones serán rectos.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

X

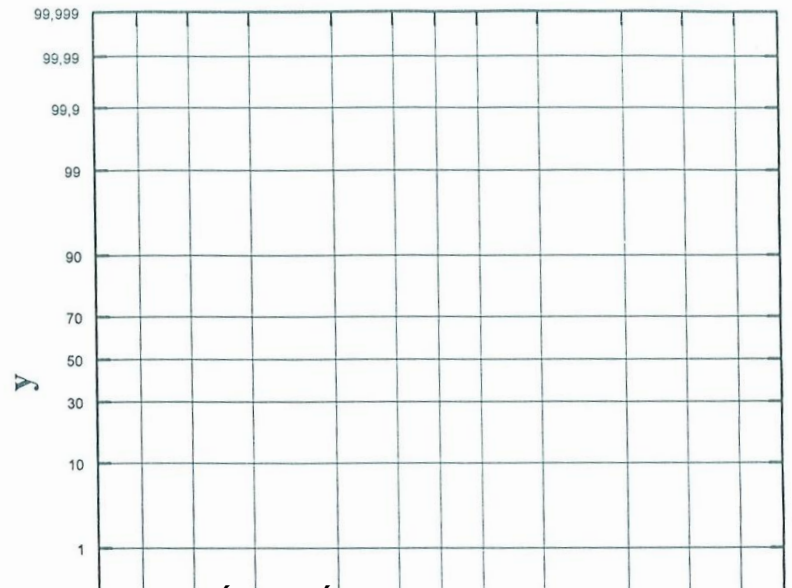
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

PAPEL PROBABILÍSTICO: Permite representar simultáneamente concentraciones altas y bajas.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

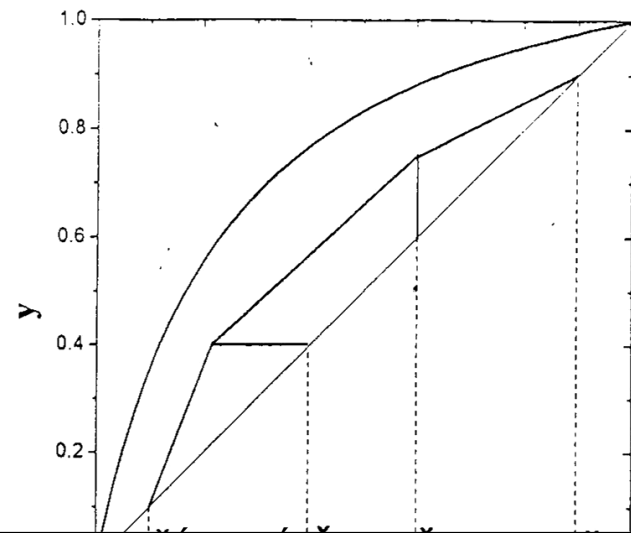
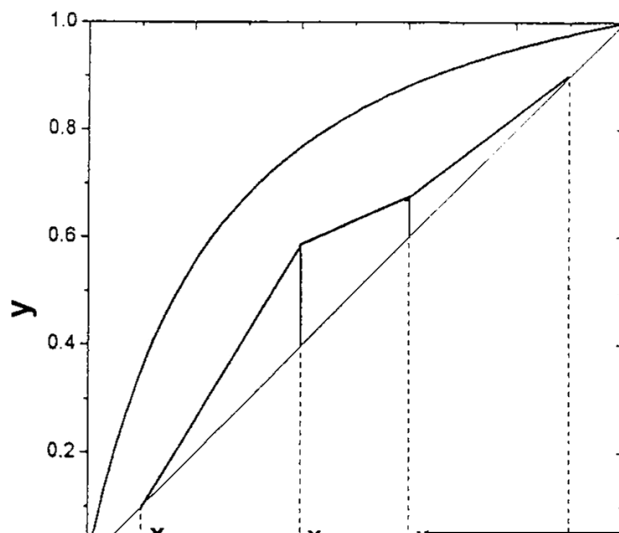
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Corrientes laterales, alimentaciones múltiples



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

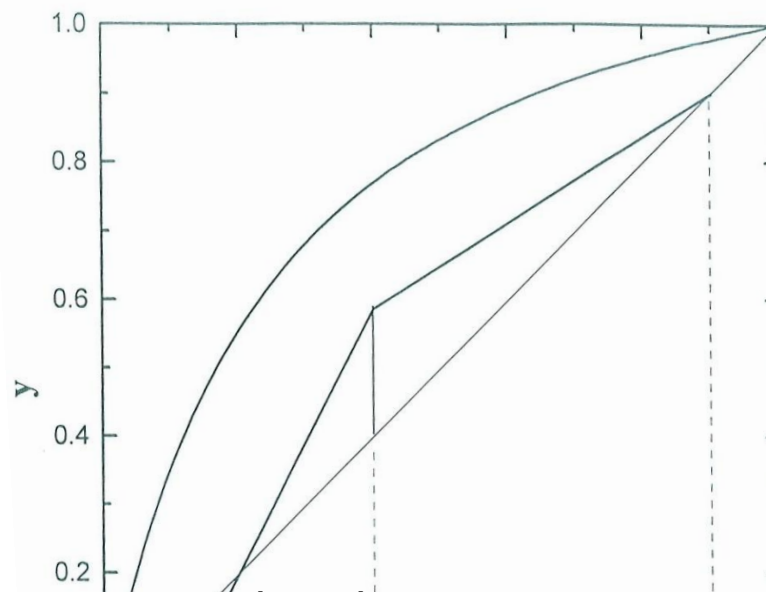
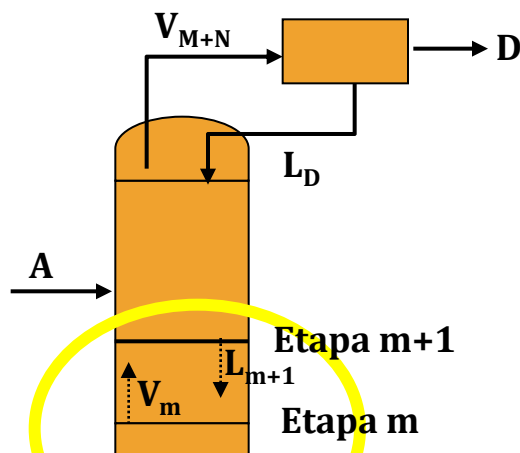
2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

SIMPLIFICADOS. B) Gráficos. Método de McCabe-Thiele

Vapor directo como agente de calefacción



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

RIGUROSOS. A) Analítico. Método de Sorel

Datos de partida:

- Variables fijas = A, z_A, T_A, P_A, P_D
- Variables libres = $z_D, x_R, L_D/D, a_{\text{óptimo}}$
- Datos de equilibrio a distintas presiones
- Datos entálpicos

1.	$A = D + R$ $A z_A = D z_D + R x_R$	D, R
2.	$L_D = D (L_D/D); L_D \neq L_n$ $V_{M+N} = L_D + D; V_{M+N} \neq V_n$	$L_D, V_{R(i+j)}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

RIGUROSOS. A) Analítico. Método de Sorel

4.	RECTA OPERATIVA DEL SECTOR DE ENRIQUECIMIENTO $y_{M+N} = (L_D / V_{M+N}) x_D + (D / V_{M+N}) z_D$	y_{M+N}
5.	$y_{M+N}: T_{\text{ROCIO}} = T_{M+N}; h_{M+N}; H_{M+N}$ $x_{M+N} = y_{M+N} / K_{M+N}$	T_{M+N}, x_{M+N} h_{M+N}, H_{M+N}
5.1	$(D + L_D) H_{M+N} - L_D h_D = D M_D = D H_D + Q_D$	M_D, Q_D
5.2	$A H_A = (D H_D + Q_D) + (R h_R - Q_R) = D M_D + R M_R$	M_R, Q_R
5.3	$V_{M+N-1} - L_{M+N-1} = D$ $V_{M+N-1} y_{M+N-1} - L_{M+N-1} x_{M+N-1} = D z_D$	4 incógnitas 3 ecuaciones V_{M+N-1}, y_{M+N-1} T_{M+N-1}, H_{M+N-1}

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

RIGUROSOS. A) Analítico. Método de Sorel

6. Repetir los pasos 5.3 y 5.4 hasta llegar al PISO DE ALIMENTACIÓN, es decir hasta que las fracciones molares de ambos componentes en el líquido en dos pisos sucesivos sean, respectivamente, mayor y menor que las de la fracción líquida del alimento

7.

8.

$\bar{V}_a = V_a + (1 - q) A$ $\bar{V}_a \bar{y}_a = V_a y_a + (1 - q) A y_A$ $\bar{V}_a \bar{H}_a = V_a H_a + (1 - q) A H_A$	4 incógnitas 3 ecuaciones $H = j(T, y)$
---	---

Si $q = 0$: $y_A = z_A$; $H_A = j(T_A, y_A)$; sistema resoluble
 Si $q = 1$: $y_A = 0$; $H_A = 0$; sistema resoluble
 Si $0 < q < 1$: MÉTODO APROXIMADO: Recta de alimentación
Datos de equilibrio
 Datos entálpicos

$q, V_M = V_a; y_M = y_a$
 $T_M = T_a; H_M = H_a$

MÉTODO DE TANTEOS

9. $y_M, T_M; x_M = y_M / K_M; h_M$ x_M, h_M

10. $L_M - V_{M-1} = R$ V_{M-1}, y_{M-1}
 $L_M x_M - V_{M-1} y_{M-1} = R x_R$ T_{M-1}, H_{M-1}
 $H = j(T, y)$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

mayor y menor que las del residuo

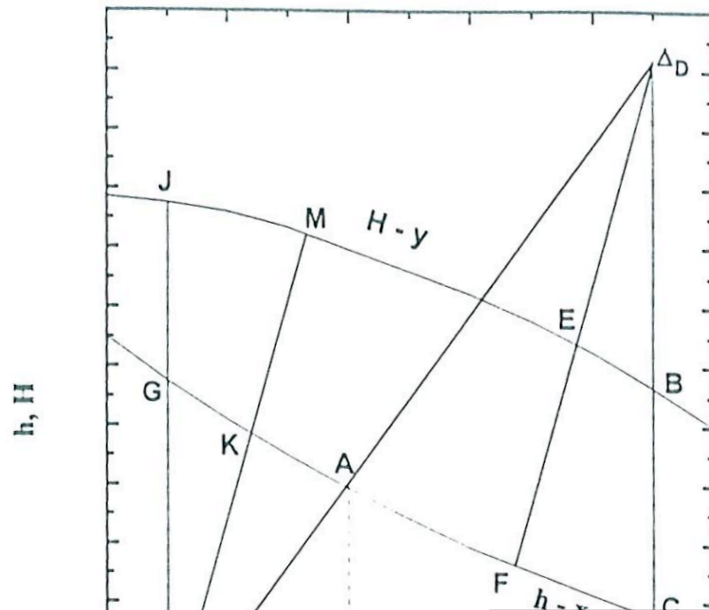


2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

RIGUROSOS. B) Gráfico. Método de Ponchon-Savarit



- Δ_D = caudal neto de energía en sector superior
- Δ_R = caudal neto de energía en sección inferior
- Recta $\Delta_D - \Delta_R$: **recta polar**

$$\frac{L_D}{D} = \frac{M_D - H_{M+N}}{H_{M+N} - h_D} = \frac{\overline{\Delta_D B}}{BC} \quad [42]$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

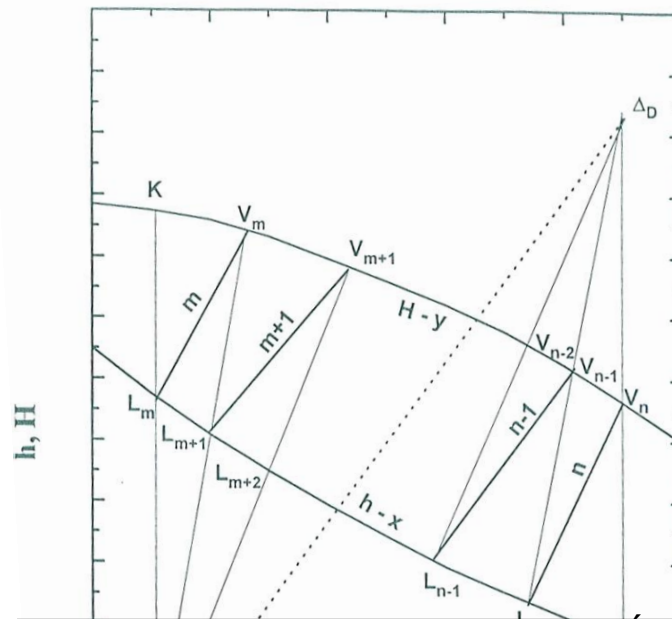
Cartagena99

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

RIGUROSOS. B) Gráfico. Método de Ponchon-Savarit



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

0.0 x_D 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

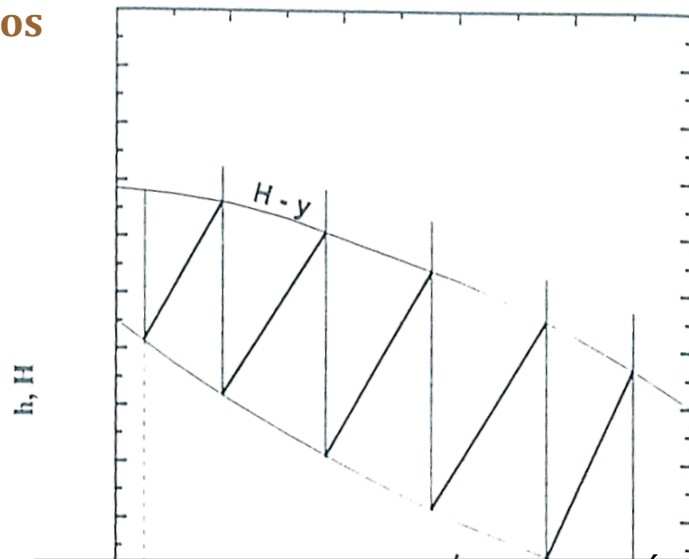
RIGUROSOS. B) Gráfico. Método de Ponchon-Savarit

Condiciones de operación límite

Número mínimo de pisos

$$\frac{L_D}{D} \mapsto \infty$$

$$M_D \mapsto \infty$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

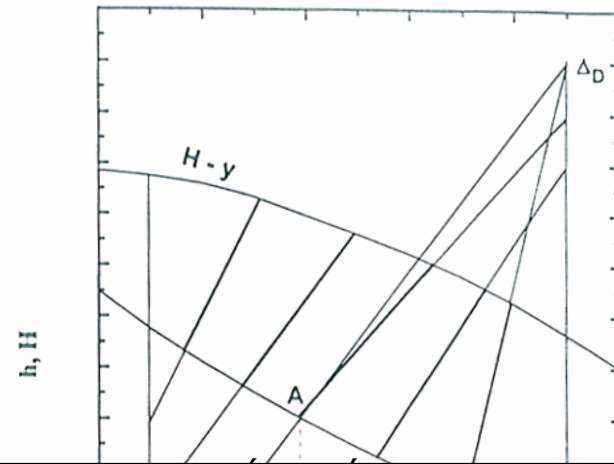
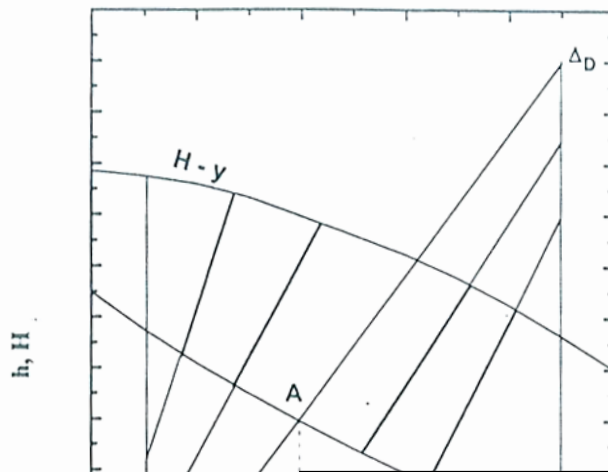
II. Métodos de cálculo

RIGUROSOS. B) Gráfico. Método de Ponchon-Savarit

Condiciones de operación límite

Razón de reflujo mínima

$$[42] \longrightarrow \left(\frac{L_D}{D}\right)_{\min} = \frac{(M_D)_{\min} - H_{M+N}}{H_{M+N} - h_D} = \frac{(\Delta_D)_{\min} \overline{B}}{\overline{BC}}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

0.0 x_R 0.2 0.4 0.6 0.8 x_D 1.0

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

II. Métodos de cálculo

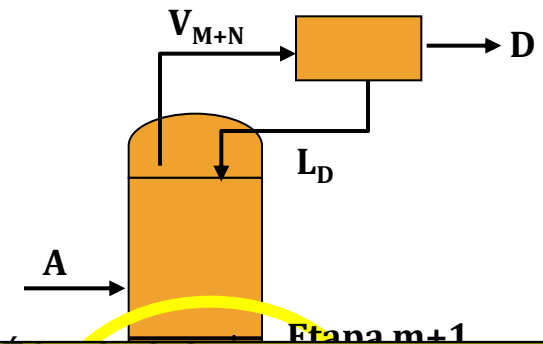
RIGUROSOS. B) Gráfico. Método de Ponchon-Savarit

Extracciones laterales o alimentaciones múltiples

- N° polos = N° secciones de columna
- N° rectas polares = N° secciones de columna - 1
- Polos de secciones consecutivas están alineados a través de la corriente lateral que los separa

Vapor directo como agente de calefacción

$$\bullet T = R-C = L_{m+1} - V_m = A-D \quad [43]$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

C R

Cartagena99

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo

A) APROXIMADOS. Basados en:

A.1) Condiciones límite de operación

- Fenske: Reflujo Total. Estimación del número mínimo de etapas de contacto de equilibrio
- Underwood: Relación de reflujo mínima. Estimación de la relación de reflujo mínima
- Gilliland: Estimación del número de etapas de contacto de equilibrio
- Kirkbride: Estimación de la localización de la etapa de alimentación

“Operaciones de separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química”. E.J. Henley y J.D. Seader.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, sans-serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo

B) SIMPLIFICADOS. Basados en:

Resolución del sistema de ecuaciones formado por los balances de materia, las relaciones de equilibrio y las relaciones de identidad, asumiendo caudales constantes en cada sector de la columna solamente alterados por una entrada/salida de materia o energía

C) RIGUROSOS. Basados en:

Al sistema de ecuaciones anterior se añaden los balances entálpicos en cada etapa de contacto, lo que permite estimar la variación de los caudales de vapor y líquido entre etapas dentro de cada sector

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Sum-Rates (SR), Newton-Raphson.

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo. APROXIMADOS

MÉTODO DE FENSKE: Reflujo total con etapas de contacto en equilibrio

$$N_{\min} = \frac{\ln \left(\frac{\left(\frac{x_{CL}}{x_{CP}} \right)_D}{\left(\frac{x_{CL}}{x_{CP}} \right)_R} \right)}{\ln(\alpha_{CL,CP}^m)} \quad [46]$$

$$\alpha_{CL,CP}^m = \sqrt{(\alpha_{CL,CP})_D \cdot (\alpha_{CL,CP})_R} \quad [48]$$

Distribución de los componentes no clave

$$r_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad \left. \begin{array}{l} a_i = d_i + r_i \\ r_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \end{array} \right\}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo. APROXIMADOS

MÉTODO DE UNDERWOOD: Condiciones de reflujo mínimo

- En mezclas binarias la localización de la etapa más restrictiva para definir una posible zona pinch es la alimentación.
- En el caso de mezclas binarias con comportamiento no ideal esa etapa puede estar en el sector de enriquecimiento o en el sector de agotamiento
- En el caso de mezclas multicomponentes, si hay especies que no se distribuyen en ambos sectores puede haber zonas pinch tanto en el sector de enriquecimiento como en el de agotamiento:
 - Compuestos no-clave pesados que no se distribuyen: pinch en el sector de

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo. APROXIMADOS

MÉTODO DE UNDERWOOD: Condiciones de reflujo mínimo

1º. Determinar θ :

$$\sum_{i=1}^c \frac{\alpha_{i,r} \cdot z_i^F}{\alpha_{i,r} - \theta} = 1 - q \quad [50]$$

2º. Determinar $(L_D/D)_{\min}$:

$$\sum_{i=1}^c \frac{\alpha_{i,r} \cdot x_i^D}{\alpha_{i,r} - \theta} = 1 + \left(\frac{L_D}{D} \right)_{\min} \quad [51]$$

Cuando no existen componentes interclave:

$$\alpha_{CP,CP} < \theta < \alpha_{CL,CP}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

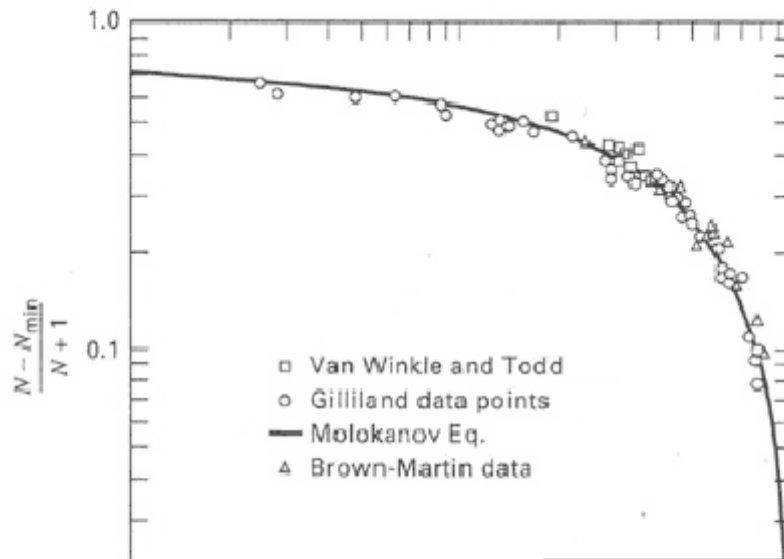
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo. APROXIMADOS

MÉTODO DE GILLILAND: Cálculo del número de etapas de contacto de equilibrio teóricas



$$Y = 1 - \exp \left[\left(\frac{1 + 54,4 \cdot X}{11 + 117,2 \cdot X} \right) \cdot \left(\frac{X - 1}{X^{0,5}} \right) \right] \quad [52]$$

$$Y = \frac{N - N_{\min}}{N + 1} \quad [53]$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

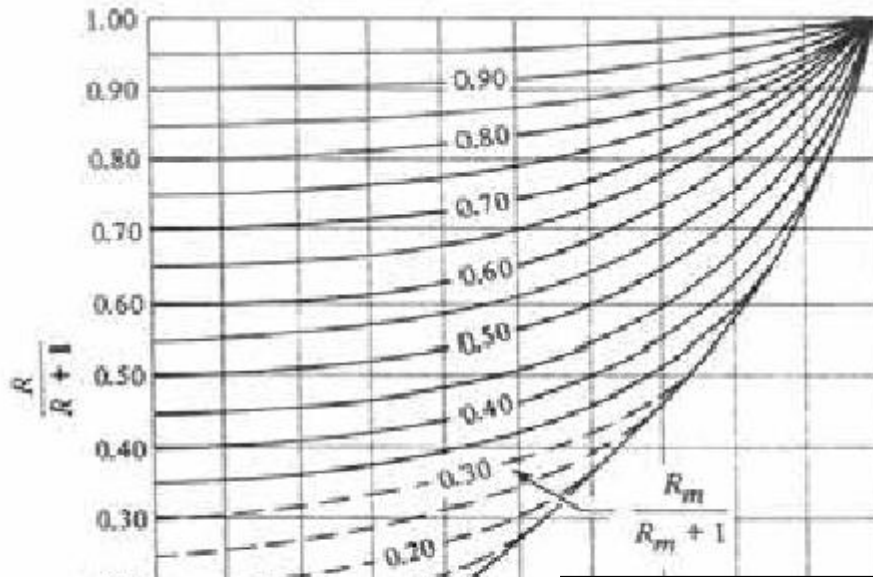
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.3. Rectificación

2.3.2 RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

I. Métodos de cálculo. APROXIMADOS

MÉTODO DE ERBAR-MADDOX: Cálculo del número de etapas de equilibrio teóricas



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

N_m/N

Contenido

2.1. Introducción

2.2. Destilación súbita o flash

2.3. Rectificación

➔ 2.4. Diseño de columnas de pisos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

- a) Capacidad de la columna

- b) Caída de presión

- c) Costes

- d) Facilidad de operación
 - Formación de espumas
 - Anegamiento
 - Mala distribución del líquido
 - Goteo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Límites de operación estable de pisos



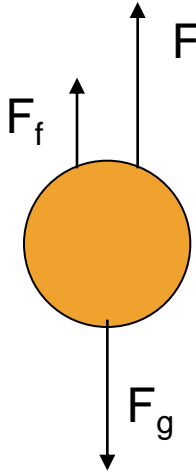
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA


$$\sum F = F_g - F_f - F_r = 0$$
$$F_f = \rho_V \cdot \left[\frac{\Pi \cdot d_P^3}{6} \right] \cdot g$$
$$F_r = C_R \cdot \left[\frac{\Pi \cdot d_P^2}{4} \right] \cdot \frac{V_g^2}{2} \cdot \rho_V$$
$$V_g = C_{SB} \cdot \left(\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right)^{0,5} \quad [55]$$
$$C_{SB} = \left(\frac{4 \cdot d_P \cdot g}{3 \cdot C_R} \right)^{0,5} \quad [56]$$

C_{SB} : Parámetro de capacidad

Cartagena99

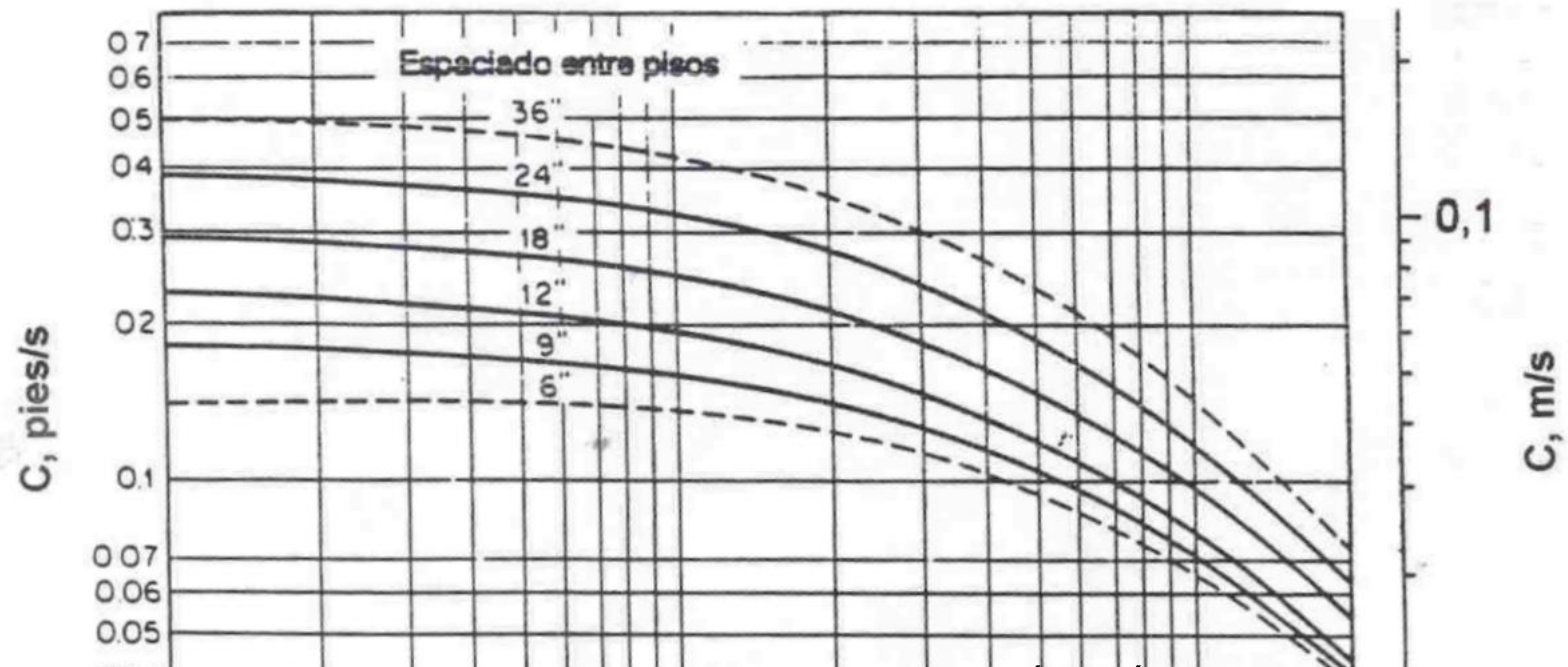
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA

Límites de anegamiento para pisos de campanas de burbujeo y pisos perforados



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA

Correlación de Fair

$$C_{SB} = C \cdot F_{TS} \cdot F_E \cdot F_{VA}$$

F_{TS} = Factor de tensión superficial

$$F_{TS} = \left(\frac{\sigma \left(\frac{\text{dinas}}{\text{cm}} \right)}{20} \right)^{0,2} \quad [57]$$

F_E = Factor de espuma

$F_E = 1$ (sistemas no espumantes)

$F_E > 0,75$ (sistemas espumantes, absorbedores)

F_{VA} = relación entre orificios de paso del vapor y área activa de plato

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

para

A_a

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA COLUMNA

1. Localizar el piso con caudales de L y V máximos (L_p y V_p).
2. Suponer un espaciado entre pisos : $H_v \sim 15-25$ in
3. Estimar la densidades de líquido y vapor (ρ_L y ρ_V).
4. Calcular la velocidad límite de arrastre (V_g)
5. Estimar una velocidad para calcular el diámetro de la columna (V_v):
 - Sistemas espumantes: $V_v = 70-75 \% V_g$
 - Sistemas no espumantes: $V_v = 80-85 \% V_g$
6. Determinar el área neta de flujo del vapor:

$$A_a = Q_v / V_v$$

7. Seleccionar el tipo de piso en función del caudal de líquido en m^3/h (Tabla 12.1)
8. Seleccionar un valor del área de vertedero como porcentaje del área de la columna correspondiente al

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA COLUMNA

9. Calcular el área de la columna:

$$A_{Col} = \frac{Aa}{(\% A_{Col})_V} \quad [58]$$

$$A_{Col} = A_a + A_{vert} + A_{dl} + A_{no_útil} \quad [59]$$

10. Calcular el diámetro de la columna:

$$D_{Col} = \left[\frac{4}{\pi} A_{Col} \right]^{1/2} \quad [60]$$

11. Comprobar que el espaciado entre pisos está dentro de los límites recomendados para el diámetro de la columna calculado:

- $D_{Col} = 0,78 - 1,5 \text{ m} \rightarrow H_V = 18 \text{ in } (0,4572 \text{ m})$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

- Resto: $Q_L \leq 0,032 \text{ m}^3/\text{s}$ por metro de longitud de presa

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA COLUMNA

Tabla 9.1: Selección de tipo de piso en función del caudal de líquido (m³/h)

Diámetro columna, m	Flujo invertido	Flujo cruzado	Flujo de paso doble	Flujo en cascada, con paso doble
0.9	0-7	7-45	-	-
1.2	0-9	9-70	-	-
1.8	0-11	11-90	90-160	-
2.4	0-11	11-115	115-180	-
3.0	0-11	11-115	115-205	205-320
3.7	0-11	11-115	115-230	230-360

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.2 CAPACIDAD Y DIÁMETRO DE LA COLUMNA

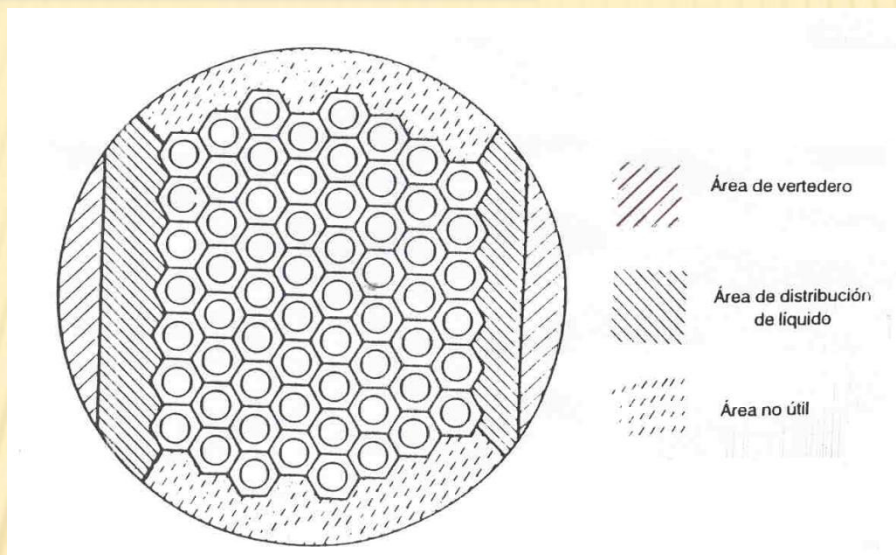


Tabla 9.2: Distribución aproximada de áreas como porcentaje del área de la

Diámetro de columna, m	Área de vertedero		Área de distribución del líquido			Área no útil
	Flujo cruzado	Flujo de paso doble	Flujo cruzado	Flujo de paso doble	Flujo en cascada	
0.9	10-20	-	10-25	-	-	10-30

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

6.1	-	10-15	-	5-7	9-15	2-6
-----	---	-------	---	-----	------	-----

Cartagena99

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.3 CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA COLUMNA

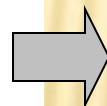
$$H = H_{\min} + H_V \cdot N \quad [61]$$

$$H_{\min} = 3 \cdot H_V \quad [62]$$

2.4.4 EFICACIA DE LA COLUMNA

Variables que influyen sobre la eficacia de piso

- Sistema gas-líquido
- Tipo de piso
- Diámetro del piso
- Altura del líquido en el piso
- Espaciado entre pisos
- Viscosidad del líquido



- FLUJO DE TRANSFERENCIA DE MATERIA A TRAVÉS DEL GAS
- FLUJO DE TRANSFERENCIA DE MATERIA A TRAVÉS DEL LÍQUIDO
- GRADO DE MEZCLA DEL LÍQUIDO
- ARRASTRE DE LÍQUIDO POR EL GAS

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

•etc.

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.4 EFICACIA DE LA COLUMNA

Eficacia global

$$E_T = \frac{N_{teórico}}{N_{real}} \quad [63]$$

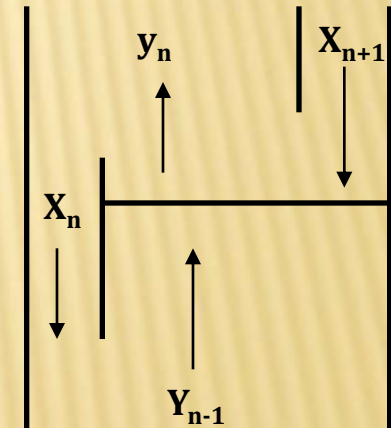
Eficacias individuales de Murphree

Composición uniforme de L y V en piso

$$E_{MG} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_{ne} - y_{n-1}}$$

$$E_{ML} = \frac{x_{n+1} - x_n}{x_{n+1} - x_{ne}}$$

[64]



Eficacias puntuales

Composición no uniforme de L y V en piso

Cartagena99

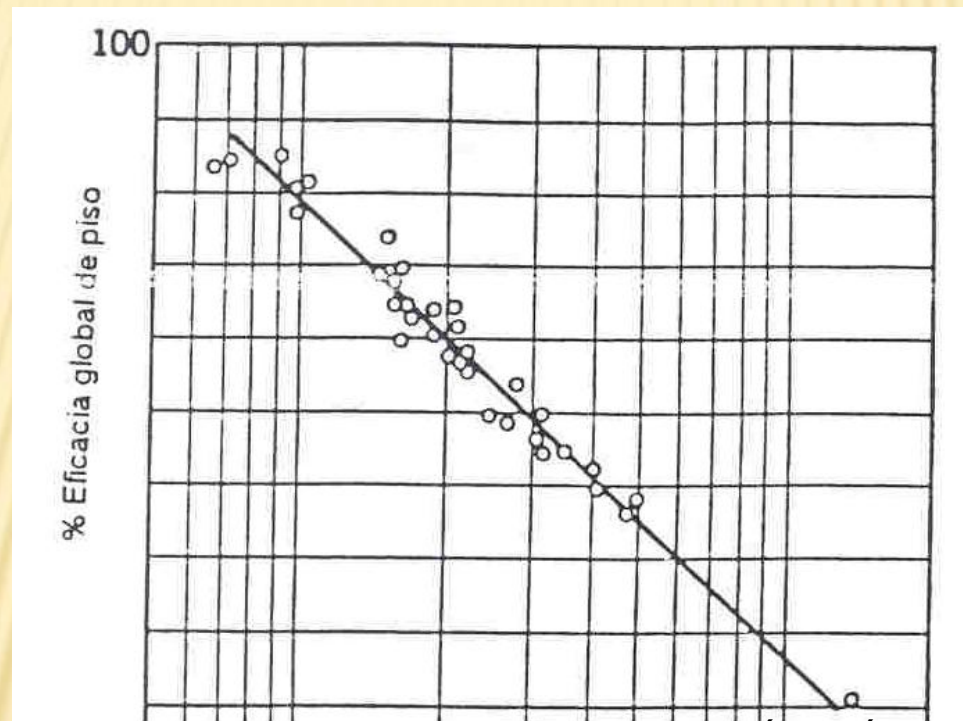
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.4 EFICACIA DE LA COLUMNA. Eficacia Global

Correlación de Drickamer-Bradford



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

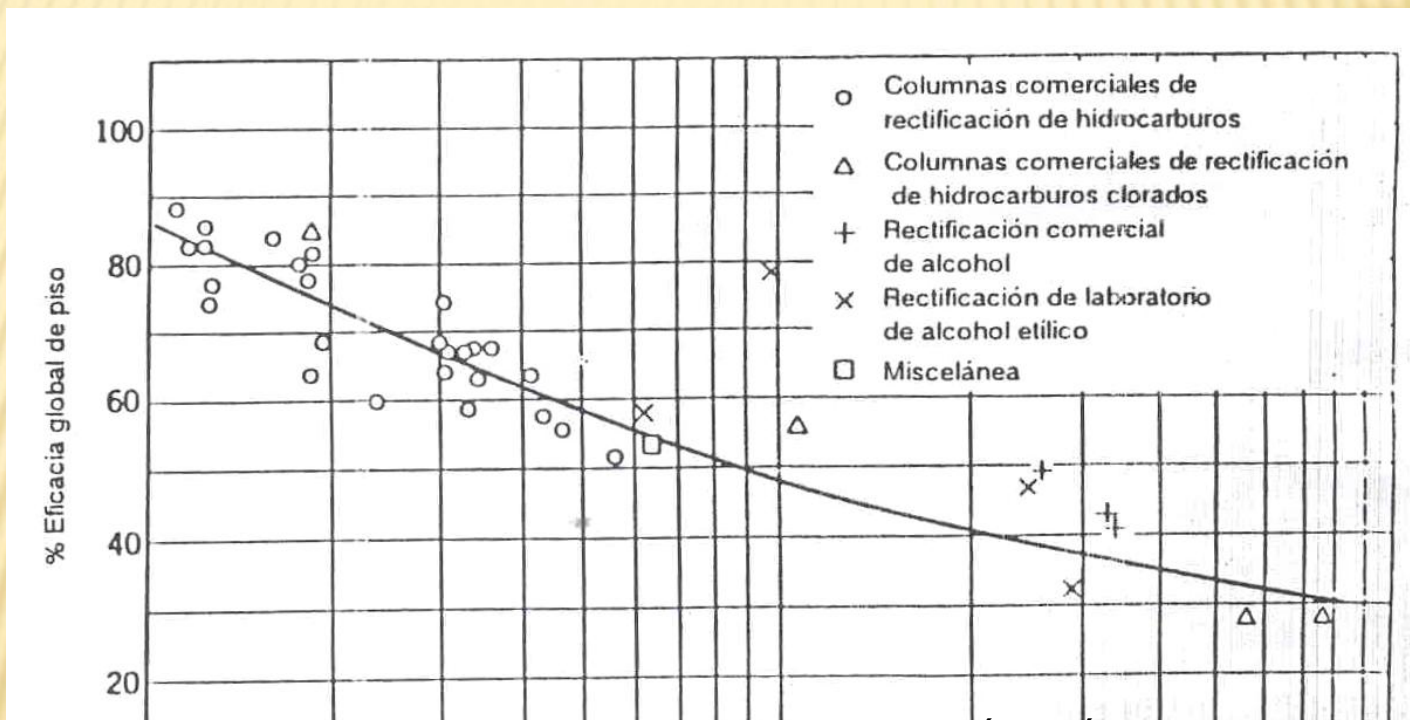
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.4 EFICACIA DE LA COLUMNA. Eficacia Global

Correlación de O'Connell



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2.4. Diseño de columnas de pisos

2.4.4 EFICACIA DE LA COLUMNA. Eficacia Global

MÉTODO A.I.Ch.E. PARA EL CÁLCULO DE LA EFICACIA DE PISO

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue and white background with a subtle wave-like pattern.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70