

DESTILACIÓN - RECTIFICACIÓN

Definición

Separación de los componentes de una corriente alimento líquida (o vapor) mediante un vapor (o líquido) generado por calefacción (o condensación) de la mezcla original, en otras dos, destilado y residuo, con las calidades deseadas

Agente energético de separación (AES)

DESTILACIÓN - RECTIFICACIÓN

Factores positivos

- ✓ Agente energético de separación
- ✓ Fácil aporte y eliminación de energía
- ✓ Gran diferencia de densidades entre las fases
- ✓ Elevada tensión superficial

Factores negativos

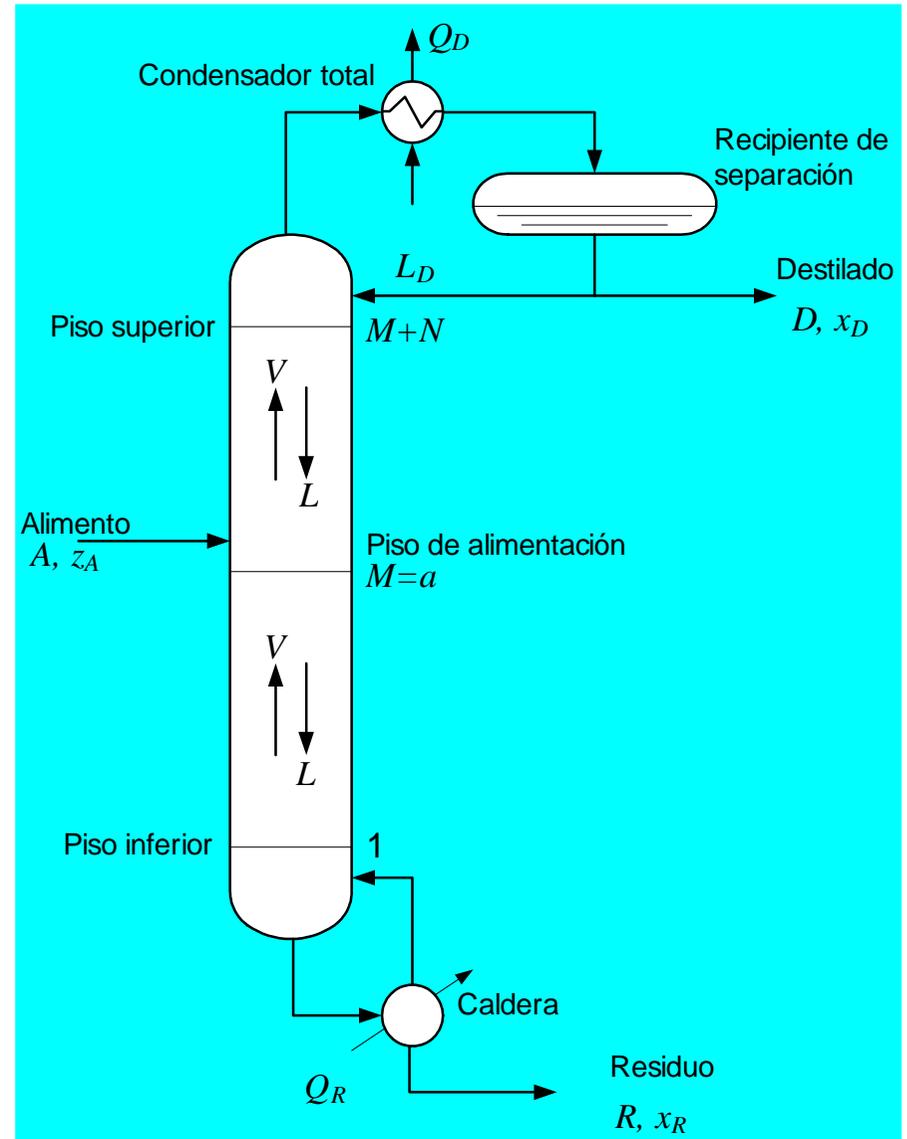
- ✓ Diferencia de temperatura entre cabeza y fondo de columna demasiado grande o pequeña
- ✓ Presión de trabajo, función de las presiones de vapor de saturación de los componentes
- ✓ Daño en sustancias termosensibles

COLUMNA DE DESTILACIÓN

Caldera

Pisos

Condensador



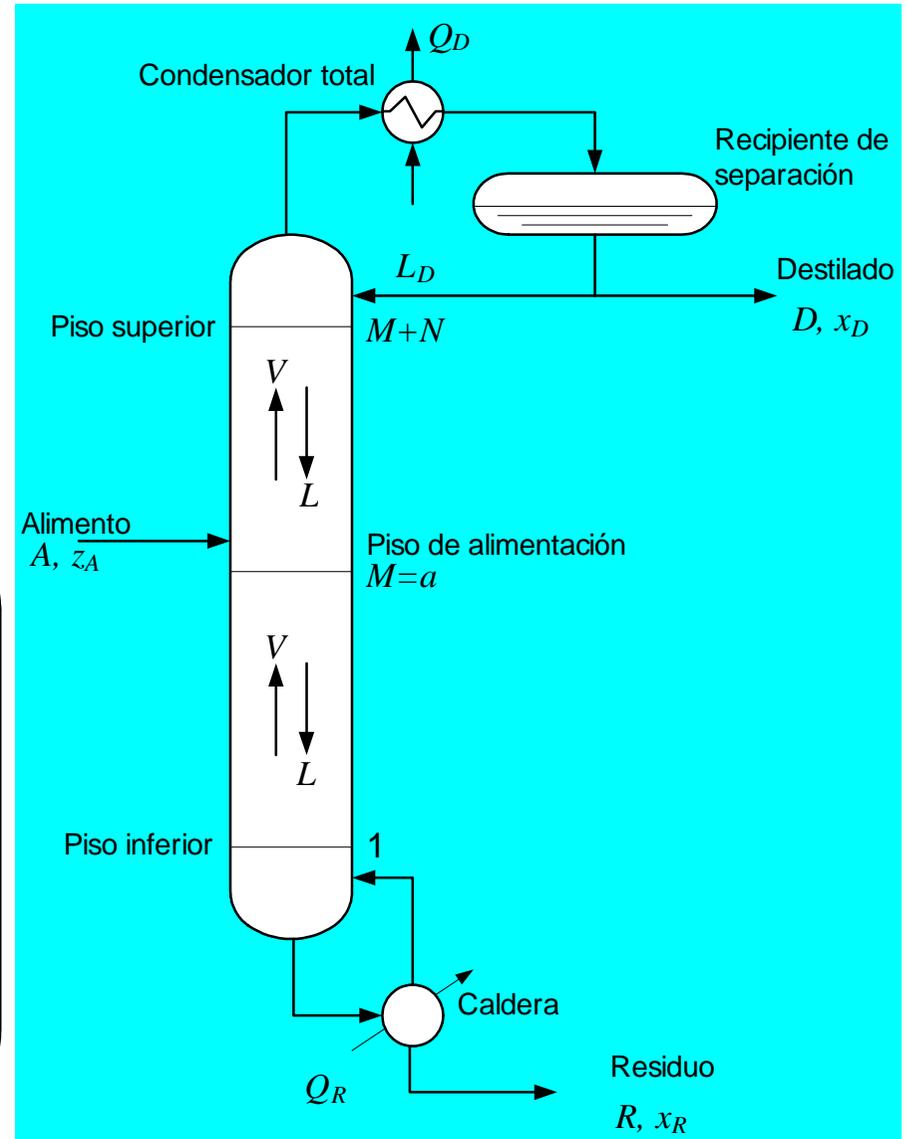
COLUMNA DE DESTILACIÓN

Caldera

Pisos

Condensador

- ✓ Entrada de la corriente líquida desde el fondo de la columna
- ✓ Suministro de energía (AES)
- ✓ Generación de una corriente de vapor que retorna a la columna
- ✓ Salida del residuo



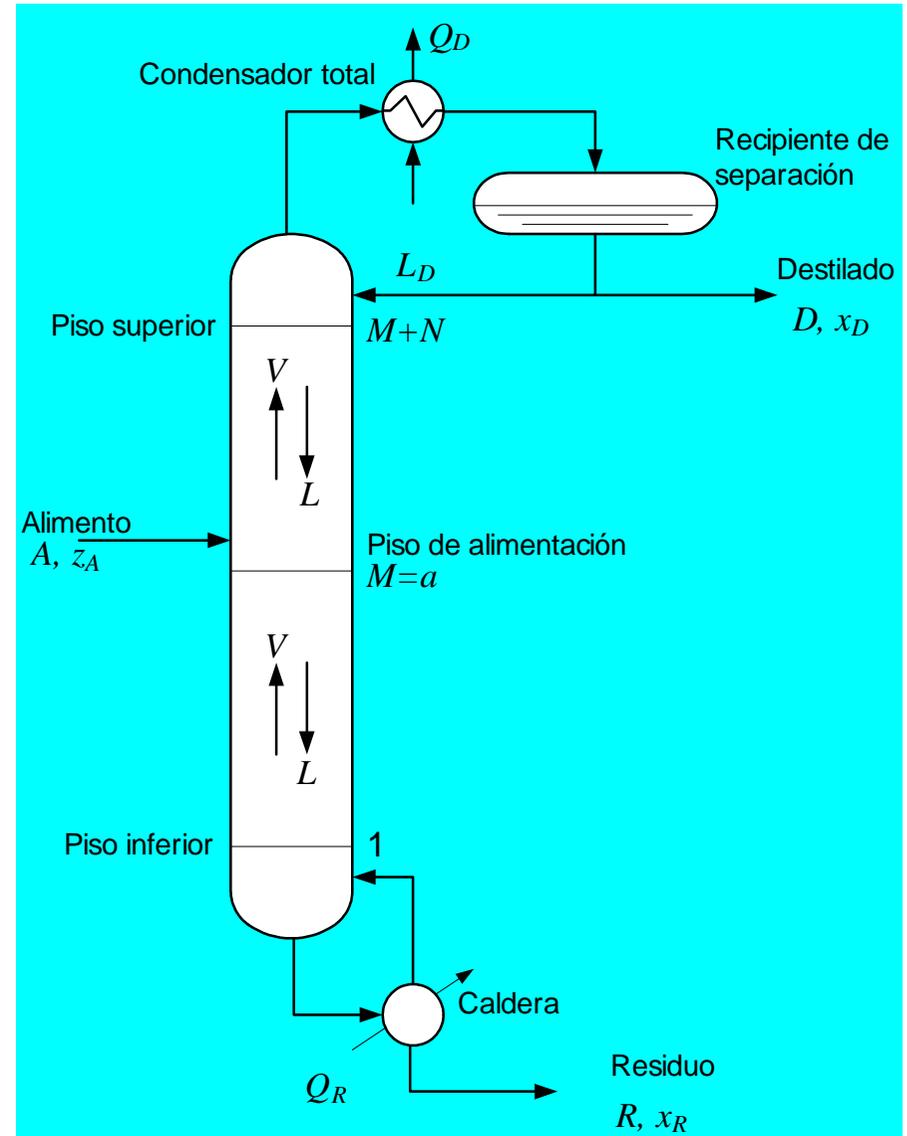
COLUMNA DE DESTILACIÓN

Caldera

Pisos

Condensador

- ✓ Entrada de las corrientes líquida y vapor desde los pisos superior e inferior, respectivamente
- ✓ Contacto íntimo y prolongado entre las fases
- ✓ Salida de las corrientes líquida y vapor hacia los pisos inferior y superior, respectivamente
- ✓ Entrada del alimento en el piso adecuado



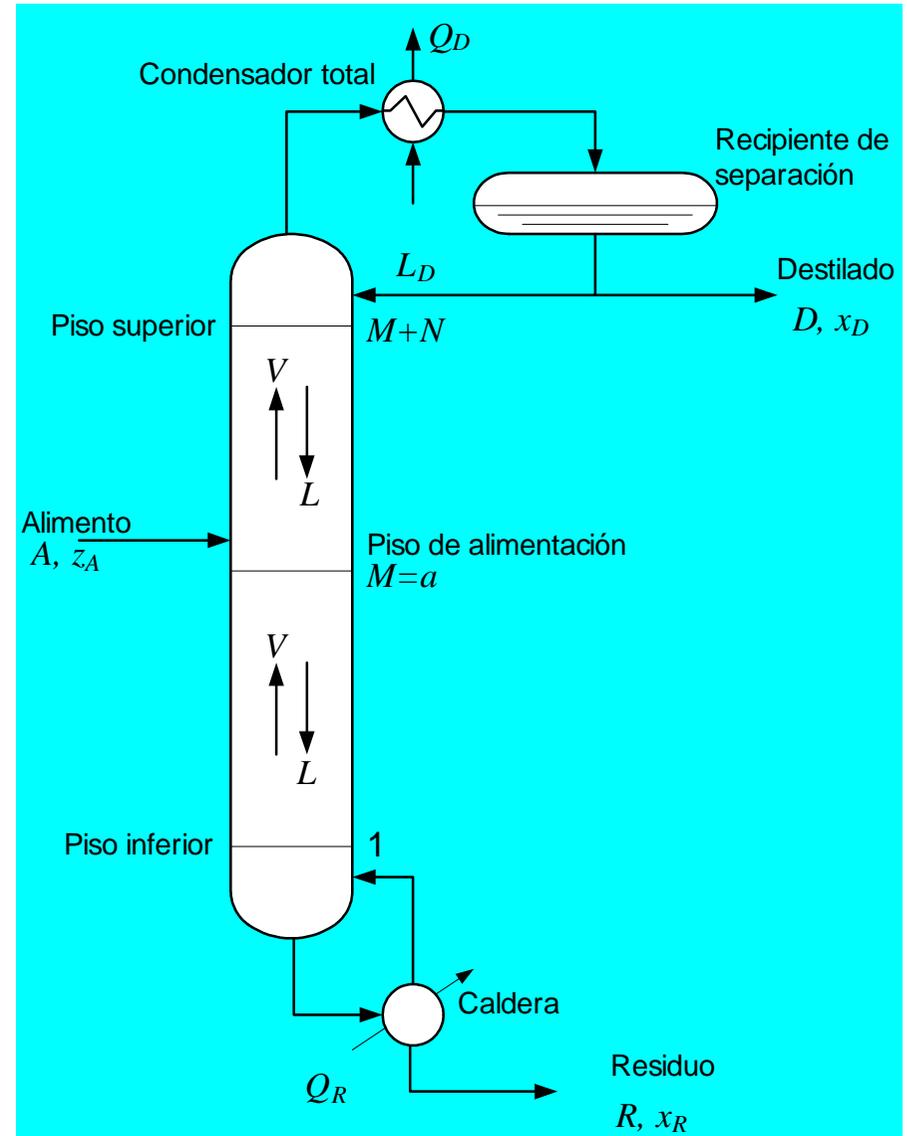
COLUMNA DE DESTILACIÓN

Caldera

Pisos

Condensador

- ✓ Entrada de la corriente vapor desde la cabeza de la columna
- ✓ Eliminación de energía (AES)
- ✓ Generación de la corriente líquida que retorna a la columna
- ✓ Salida del destilado (líquido o vapor)



COMPONENTES CLAVE

Una columna de destilación únicamente separa dos componentes de una mezcla en otras dos con las calidades deseadas

CL: componente clave ligero

CP: componente clave pesado

COMPONENTES CLAVE

Destilado

Residuo

- Todo de los compuestos más ligeros que el clave ligero (CL)
- Cantidades especificadas de los compuestos clave ligero (CL) y clave pesado (CP)
- Cantidades aproximadas de los compuestos interclave
- Nada de los compuestos más pesados que el clave pesado (CP)

COMPONENTES CLAVE

Destilado

Residuo

- 
- **Todo de los compuestos más pesados que el clave pesado (CP)**
 - **Cantidades especificadas de los compuestos clave ligero (CL) y clave pesado (CP)**
 - **Cantidades aproximadas de los compuestos interclave**
 - **Nada de los compuestos más ligeros que el clave ligero (CL)**

PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO

1. Leer $x_{i,D}$, $x_{i,R}$

2. Calcular $(P_D)_{Burb}$ a 49 °C

3. ¿ $(P_D)_{Burb} < 1,48$ MPa?

SI

Condensador TOTAL y
 $P_D = 0,2$ MPa si $(P_D)_{Burb} < 0,2$ MPa

NO

4. Calcular $(P_D)_{Rocío}$ a 49 °C

5. ¿ $(P_D)_{Rocío} < 2,52$ MPa?

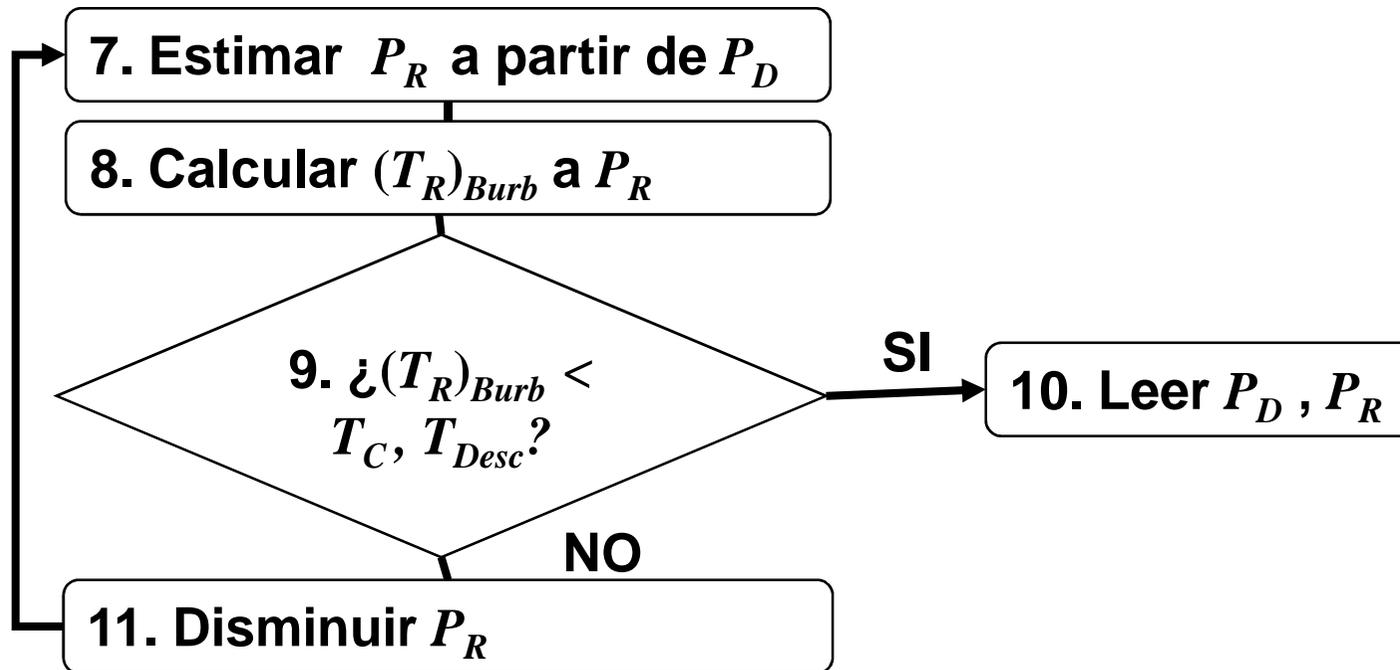
SI

Condensador PARCIAL

NO

6. Elegir un refrigerante y
 $P_D = 2,86$ MPa

PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO



CONDICIONES LÍMITES DE FUNCIONAMIENTO

Razón de reflujo mínima

Zonas de conjunción o infinitud

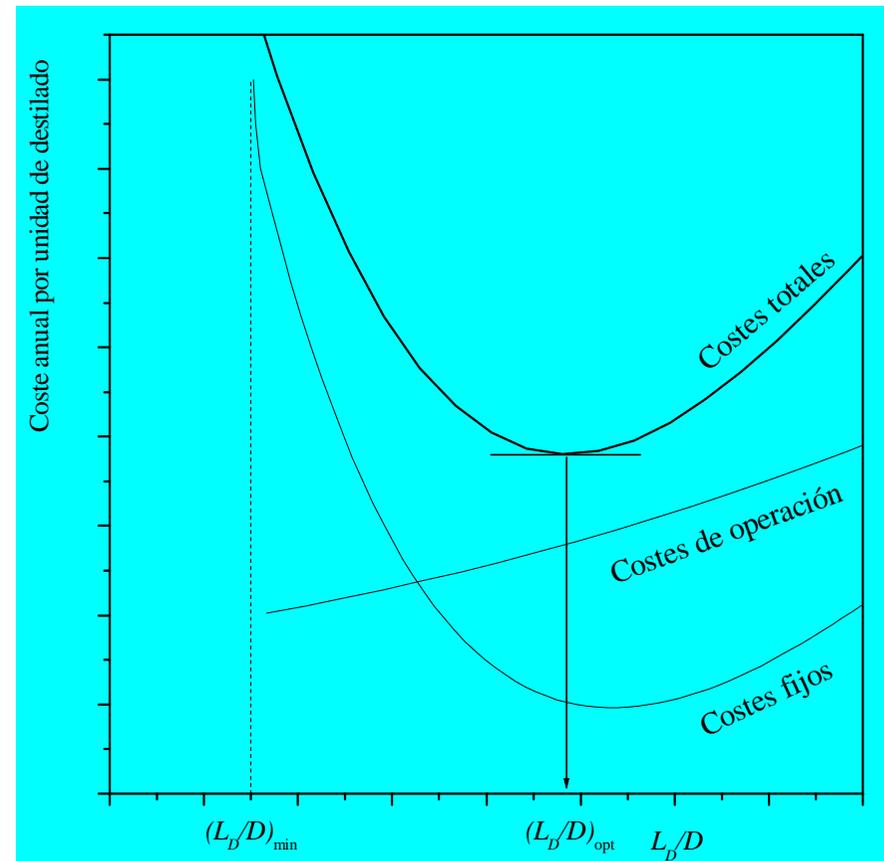
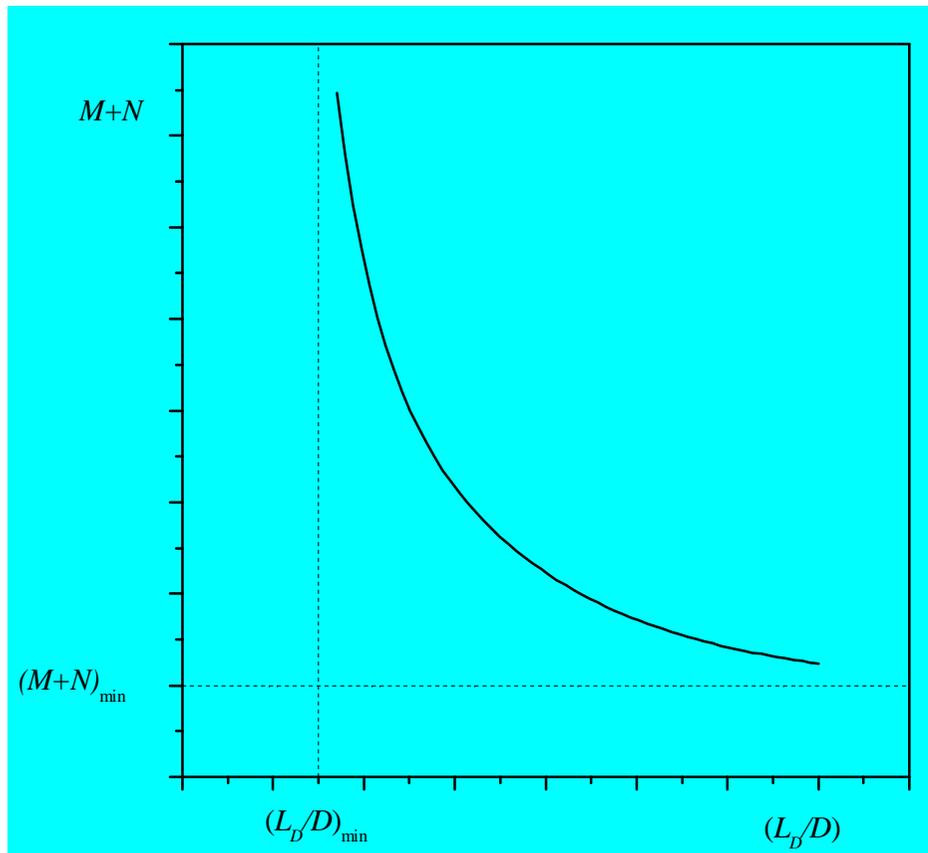
Número de pisos infinito

Razón de reflujo infinita

Número de pisos mínimo

CONDICIONES LÍMITES DE FUNCIONAMIENTO

Razón de reflujo óptima



DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Nomenclatura

Caudales molares totales: A, D, R, L, V

Fracciones molares: z_i, x_i, y_i

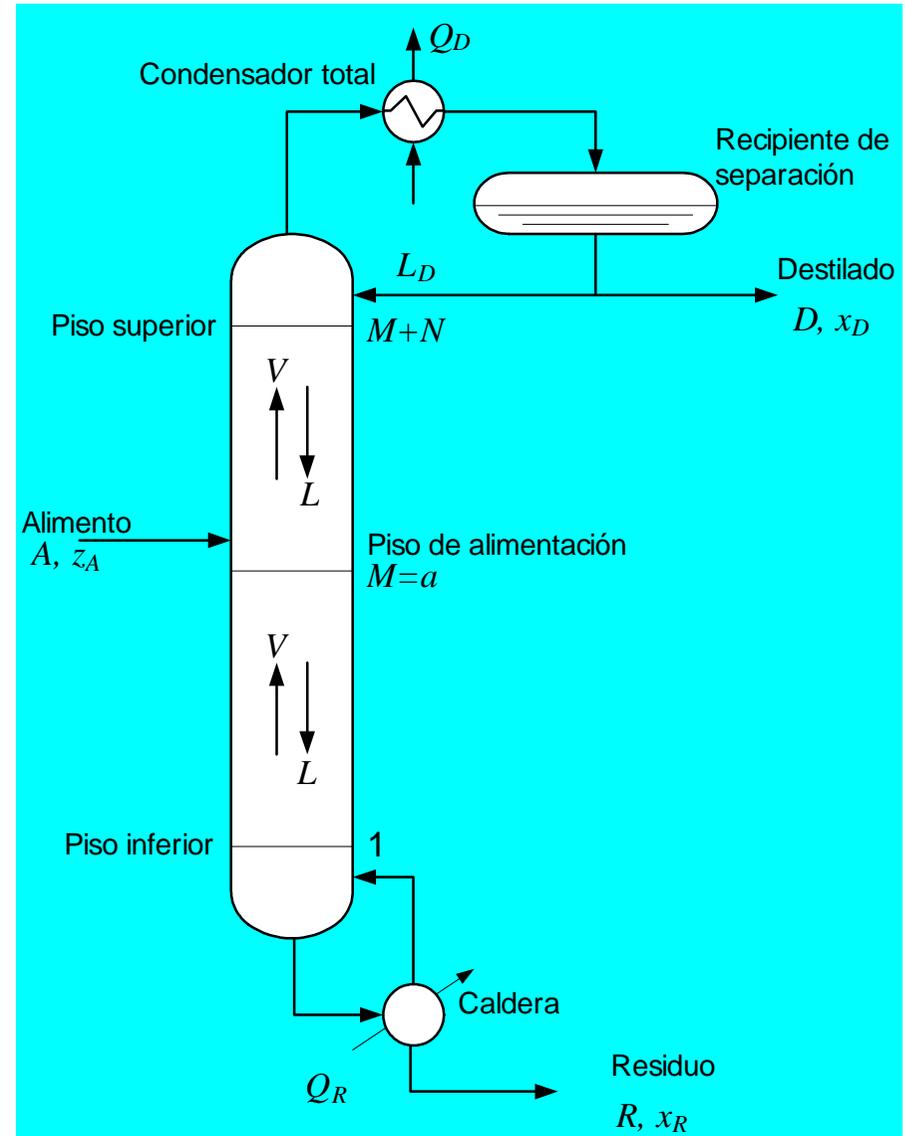
Caudales molares individuales: a_i, d_i, r_i, l_i, v_i

Entalpías específicas: h, H

Componentes: i, j

Pisos: p, n, m, a

Caldera: R Condensador: D



DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Variables de diseño

Caldera + Sector de agotamiento + Piso de Alimentación + Sector de enriquecimiento + Condensador parcial

$$V_{\text{diseño}} = C + 7 = 9$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ fijas} = 5 (A, z_A, T_A, P_A, P_D)$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ libres} = 4 (y_D, x_R, L_D/D, a_{opt})$$

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Variables de diseño

Caldera + Sector de agotamiento + Piso de Alimentación + Sector de enriquecimiento + Condensador total

$$V_{\text{diseño}} = C + 8 = 10$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ fijas} = 5 (A, z_A, T_A, P_A, P_D)$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ libres} = 5 (y_D, x_R, L_D/D, a_{opt}, T_D)$$

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Consideraciones previas

Presión

$$\Delta P_{Columna} = 35 \times 1 = 35 \text{ kPa}$$

Alimento

$$\Delta P_{Condensador} = 15 \text{ kPa}$$

Condensador

$$P_D = 1000 \text{ kPa}; \quad P_R = 1050 \text{ kPa}$$

Razón de reflujo

$$P_D = 100 \text{ kPa}; \quad P_R = 150 \text{ kPa}$$

$$P_D = 10 \text{ kPa}; \quad P_R = 60 \text{ kPa}$$

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Consideraciones previas

Presión

¿ Destilación súbita ?

Alimento

Condensador

Razón de reflujo

- Calcular T_{Burb} y $T_{Rocío}$ del alimento a la presión de la columna
- Calcular (V/A) resultado de la destilación súbita

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Consideraciones previas

Presión

Alimento

Condensador

Razón de reflujo

¿ Qué estado físico ha de tener el destilado ?

- Condensador parcial: L_D líquido a su T_{Burb} ; D vapor a su $T_{Rocío}$
- Condensador total: L_D y D líquido a $T_D < 0 = T_{Burb}$

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Consideraciones previas

Presión

Balance económico

Alimento

Condensador

$$1,2 (L_D/D)_{min} < (L_D/D)_{opt} < 2,0 (L_D/D)_{min}$$

Razón de reflujo

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Métodos de cálculo simplificados

- Método de Lewis
- Método de McCabe - Thiele

Métodos de cálculo rigurosos

- Método de Sorel
- Método de Ponchon - Savarit

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Métodos de cálculo simplificados

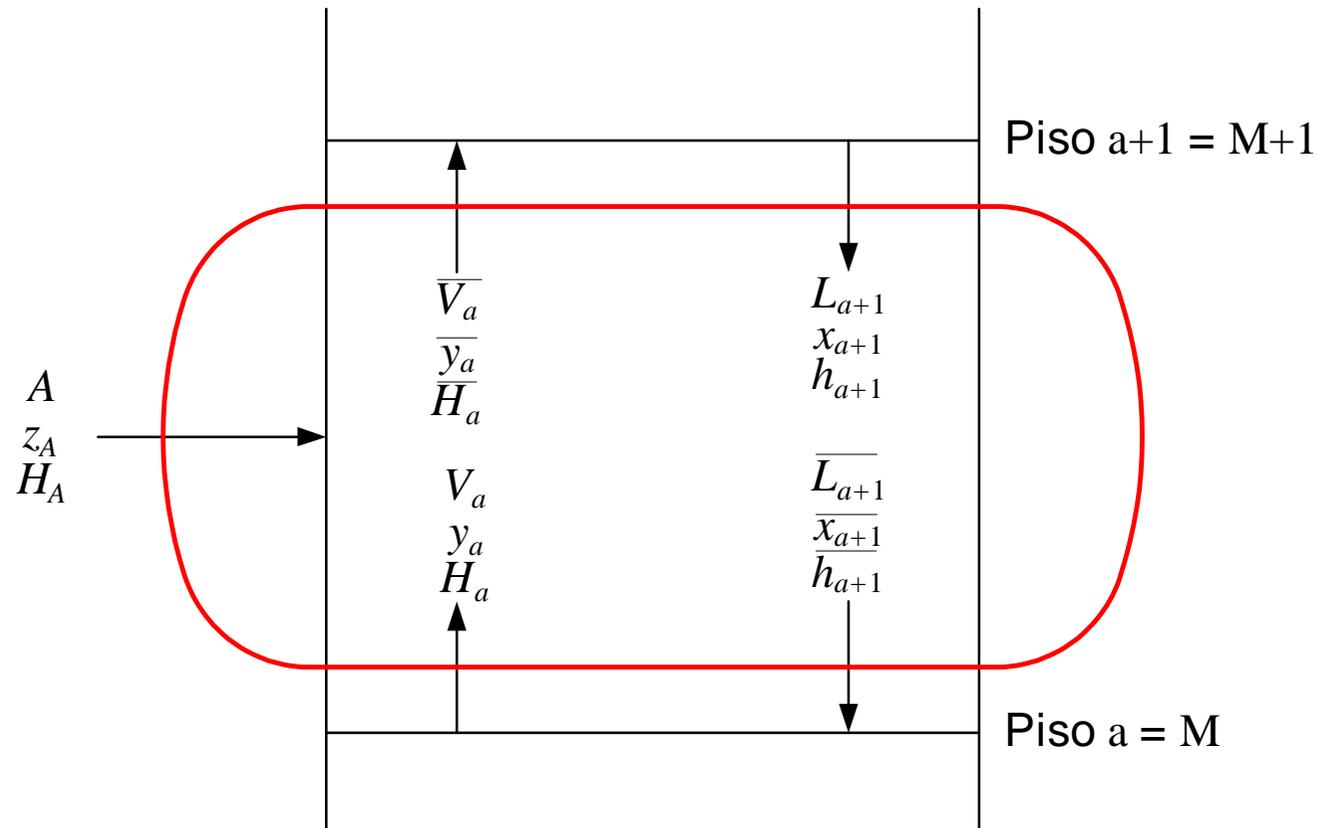
LOS FLUJOS MOLARES DE CADA FASE
PERMANECEN CONSTANTES EN CADA
SECTOR DE LA COLUMNA



SE PUEDE PRESCINDIR DEL BALANCE
DE ENTALPÍA EN CADA PISO

DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Significado físico de q del alimento



DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Significado físico de q del alimento

Calor necesario para vaporizar un mol de alimento

Calor latente de vaporización

$q > 1$ Líquido a $T < T_{Burb}$

$q = 1$ Líquido a $T = T_{Burb}$

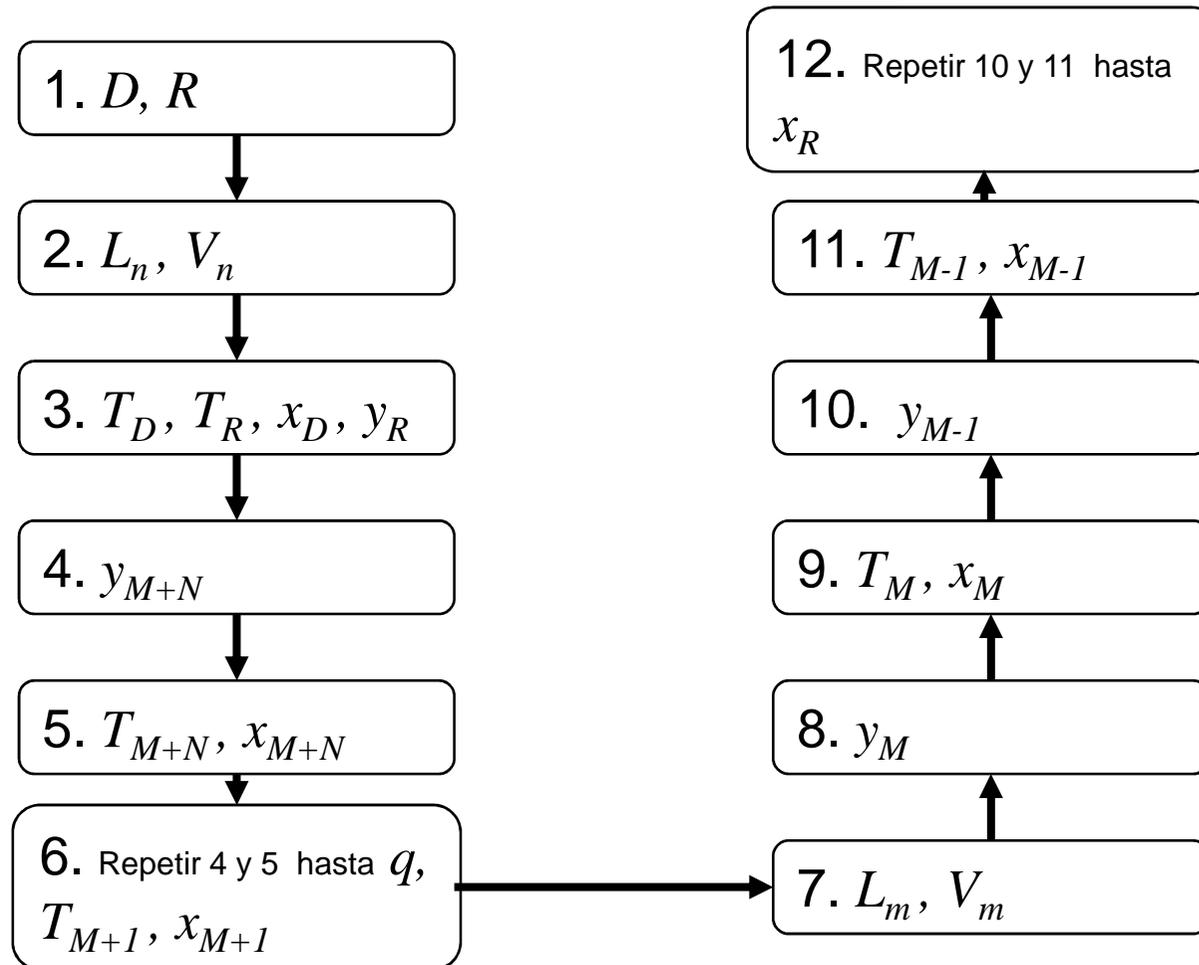
$0 < q < 1$ Mezcla líquido + vapor

$q = 0$ Vapor a $T = T_{Rocío}$

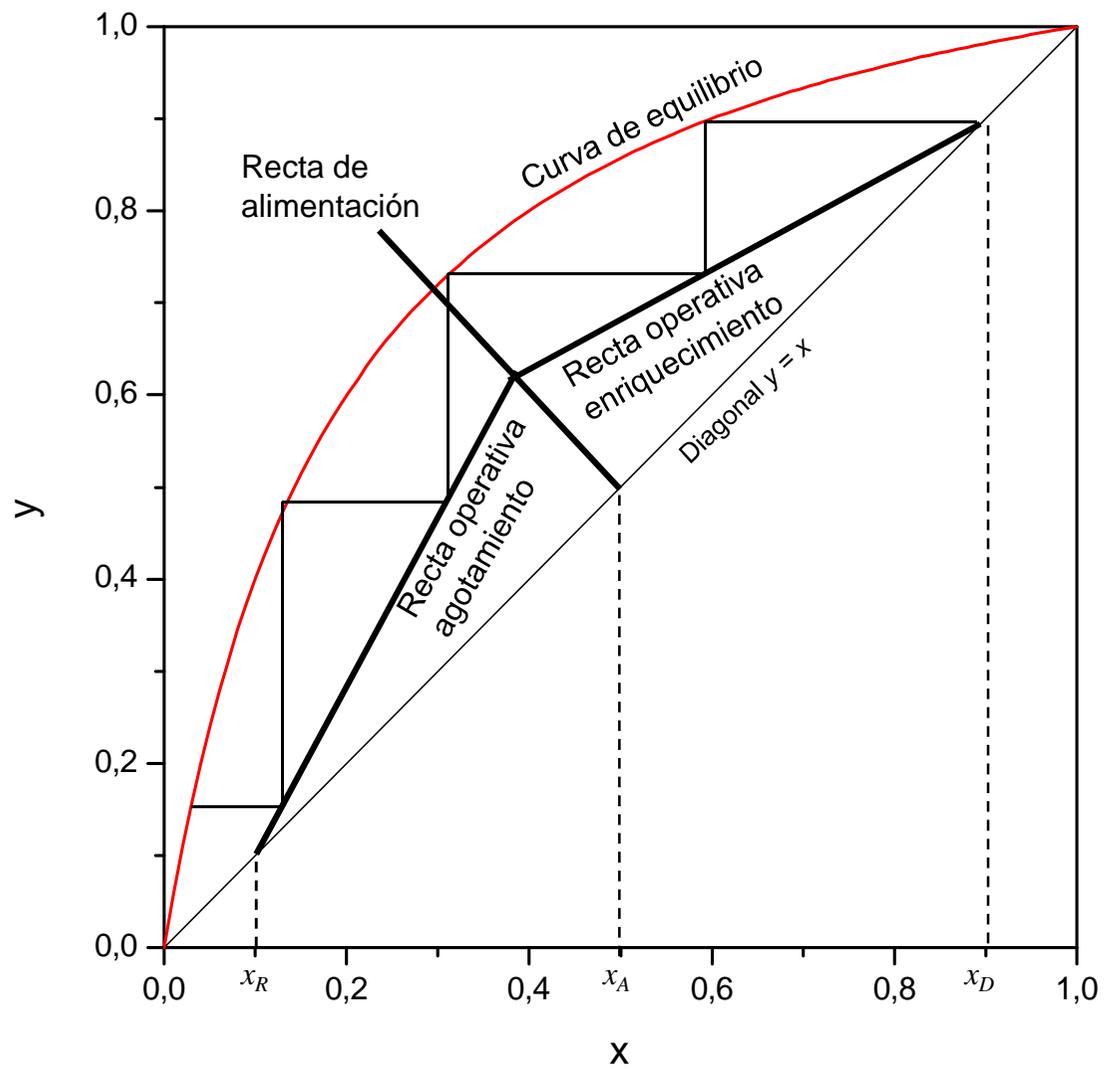
$q < 0$ Vapor a $T > T_{Rocío}$

MÉTODO DE LEWIS

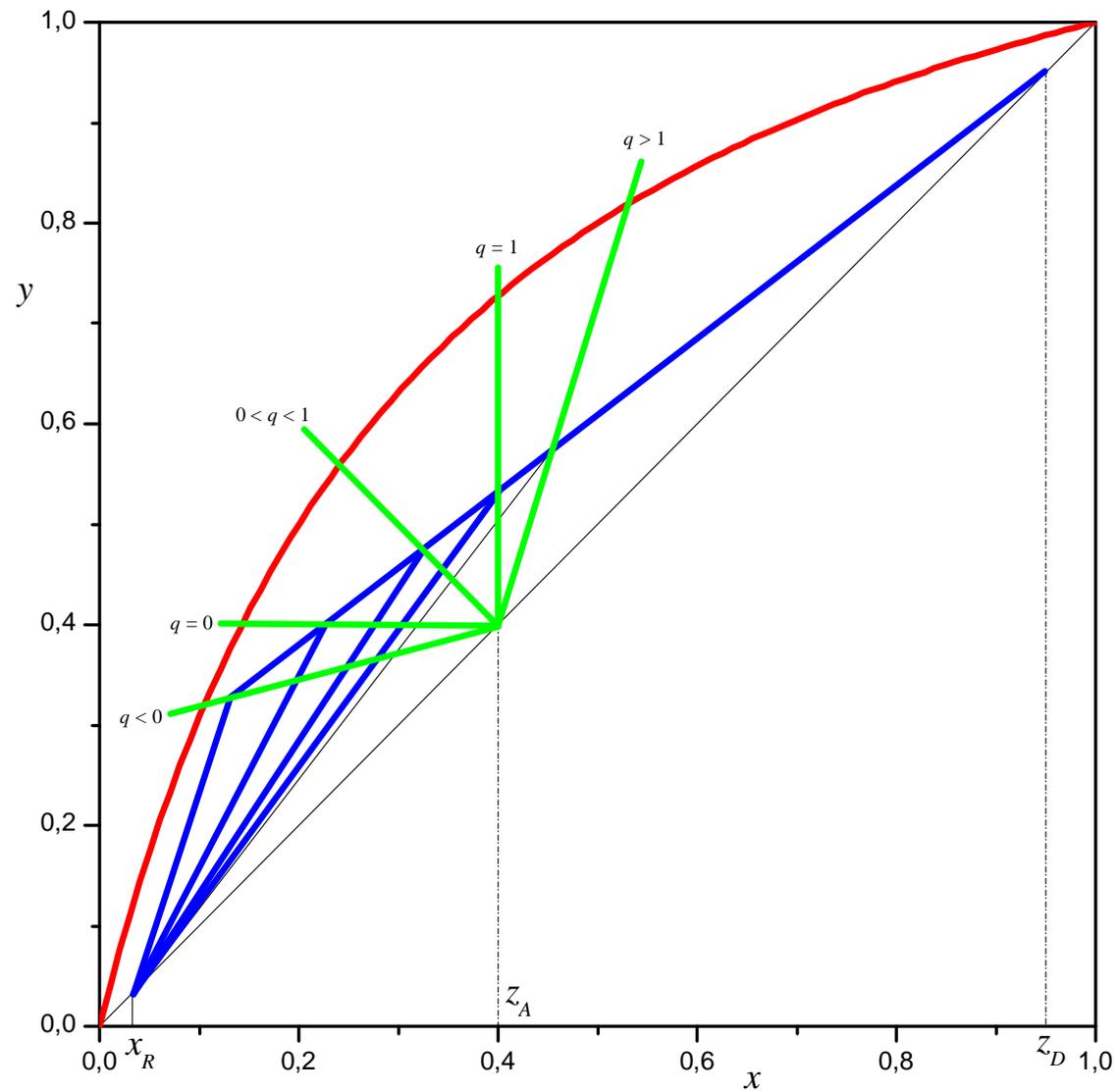
Datos de partida: $A, z_A, T_A, P_A, P_D, z_D, x_R, (L_D/D)$



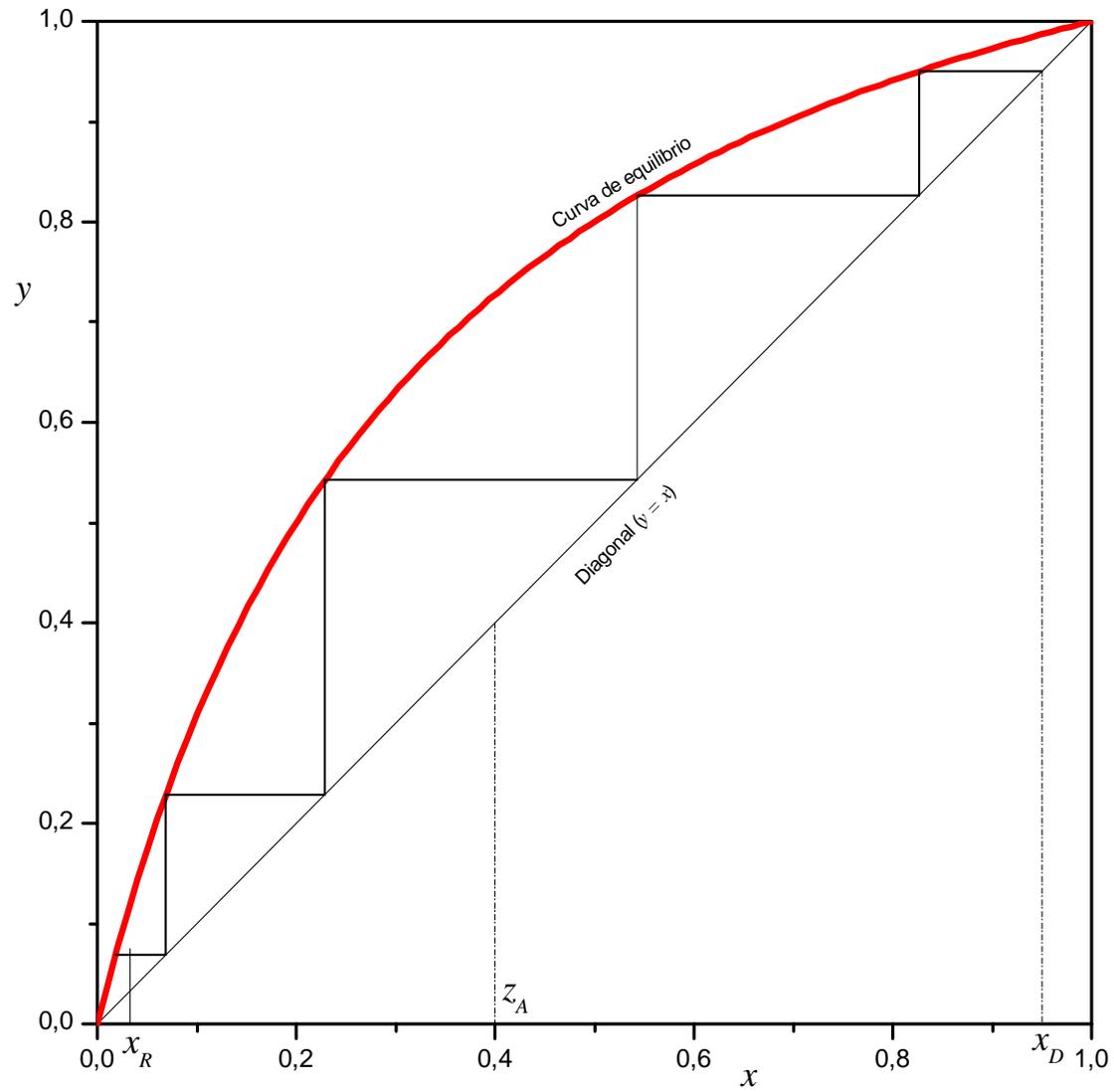
MÉTODO DE McCABE - THIELE



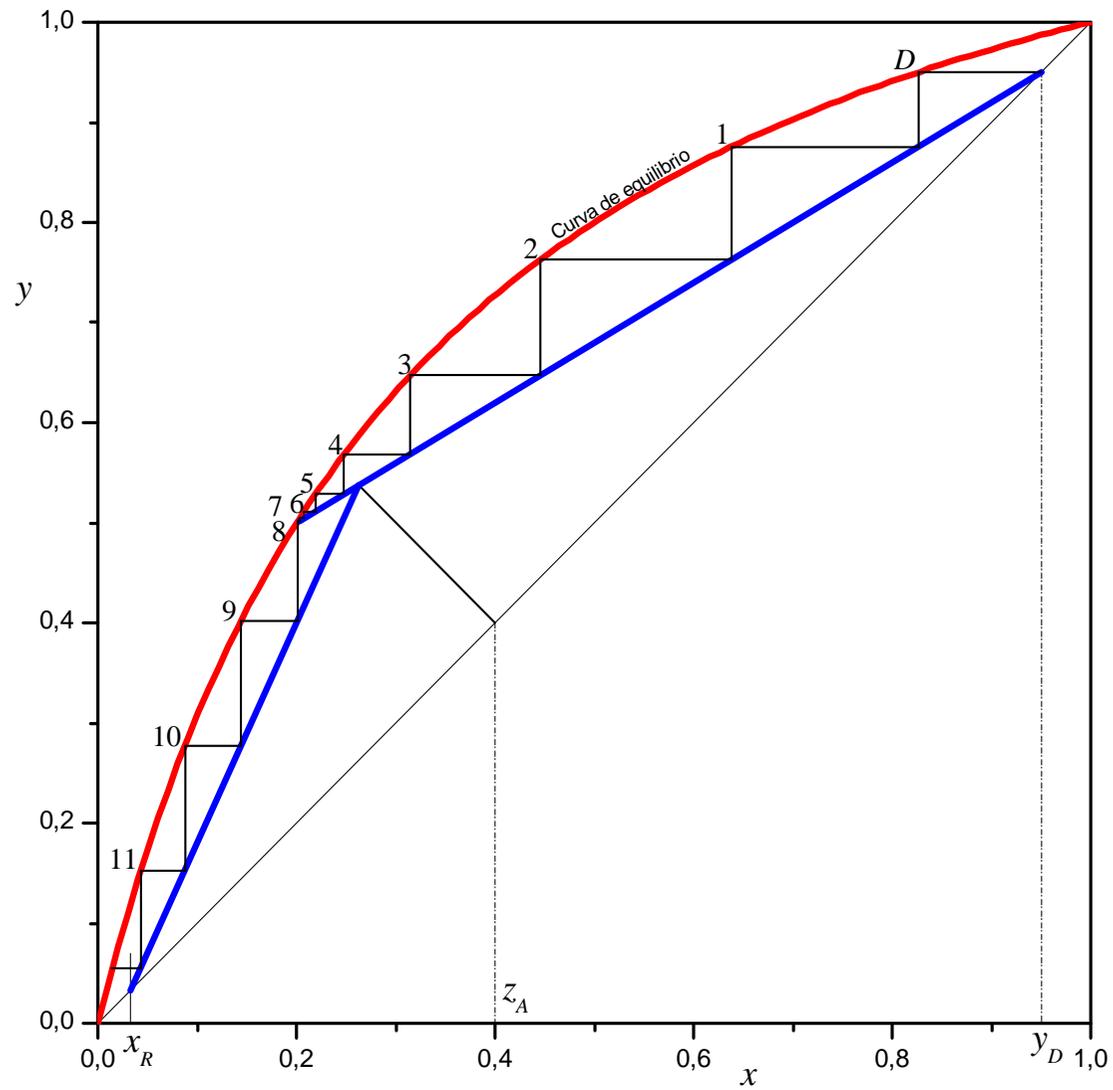
CONDICIÓN TÉRMICA DEL ALIMENTO



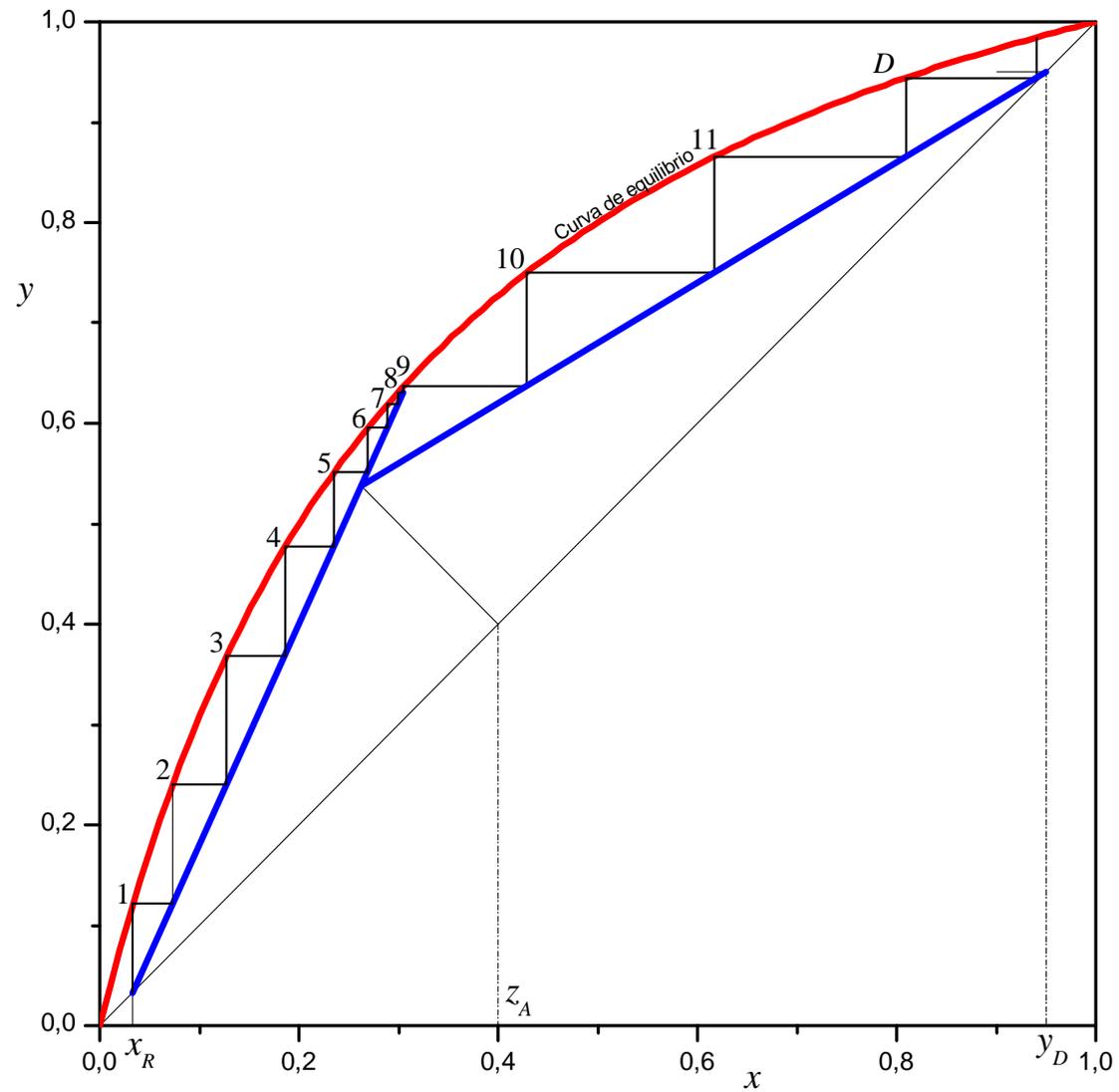
NÚMERO MÍNIMO DE PISOS



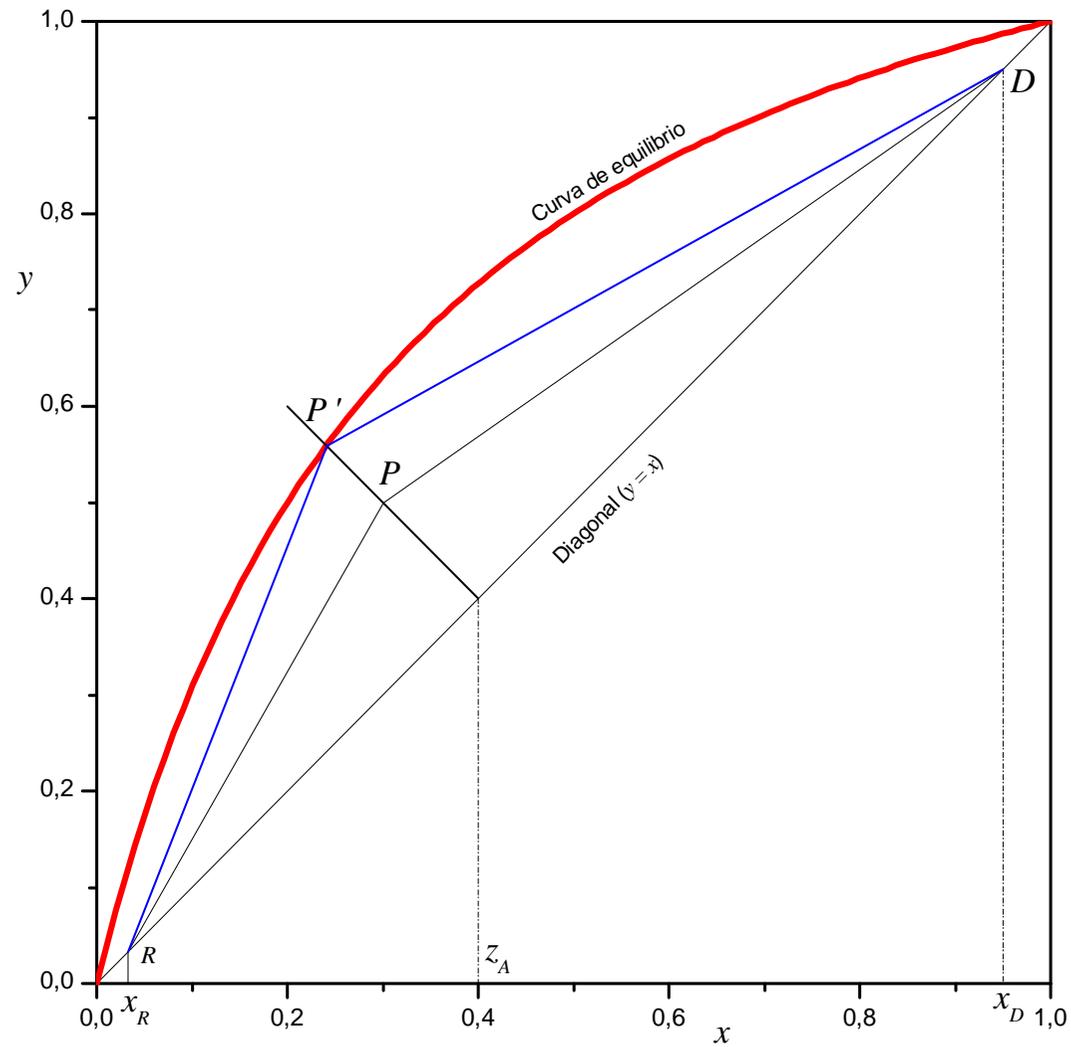
POSICIÓN ÓPTIMA DE ALIMENTACIÓN



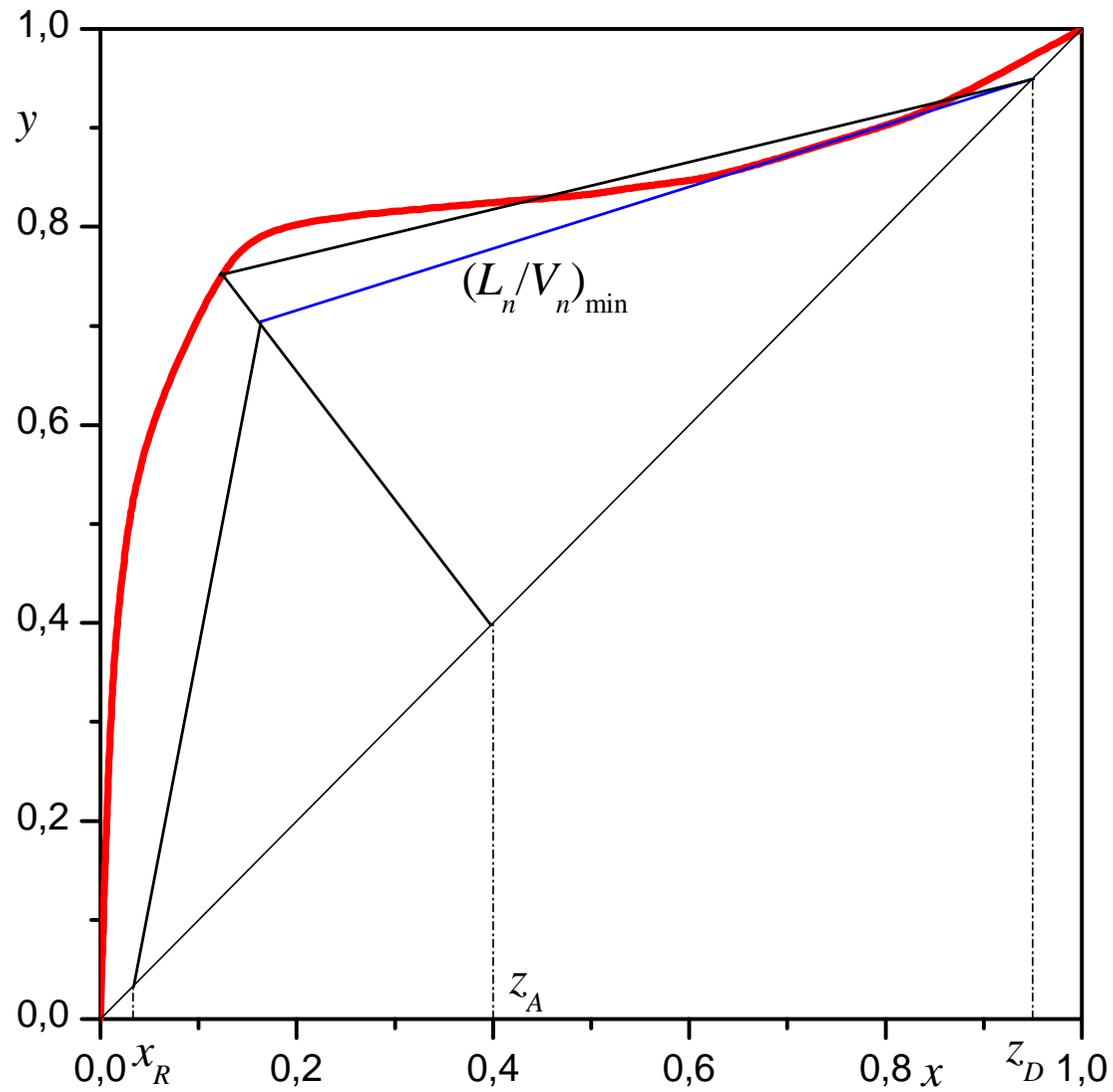
POSICIÓN ÓPTIMA DE ALIMENTACIÓN



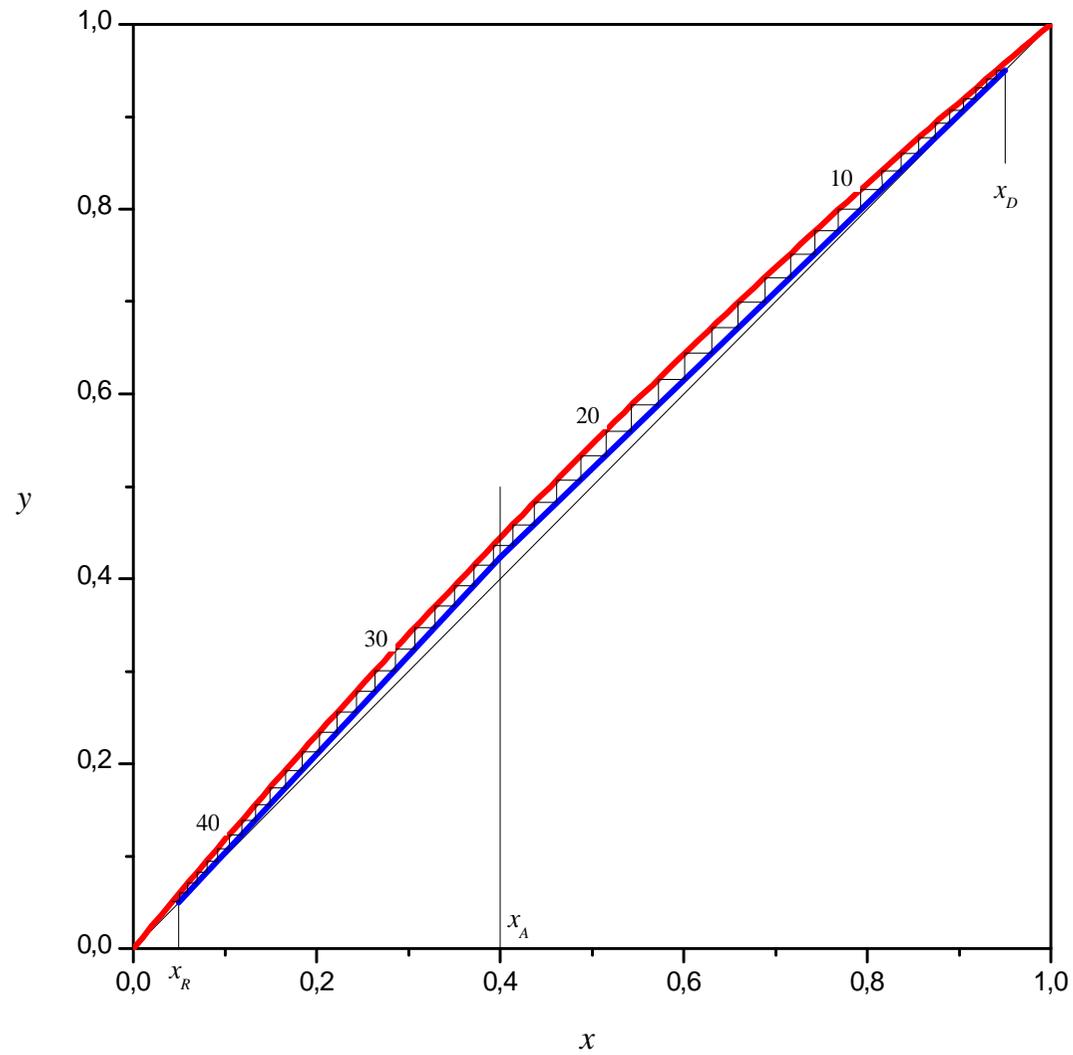
RAZÓN DE REFLUJO MÍNIMA



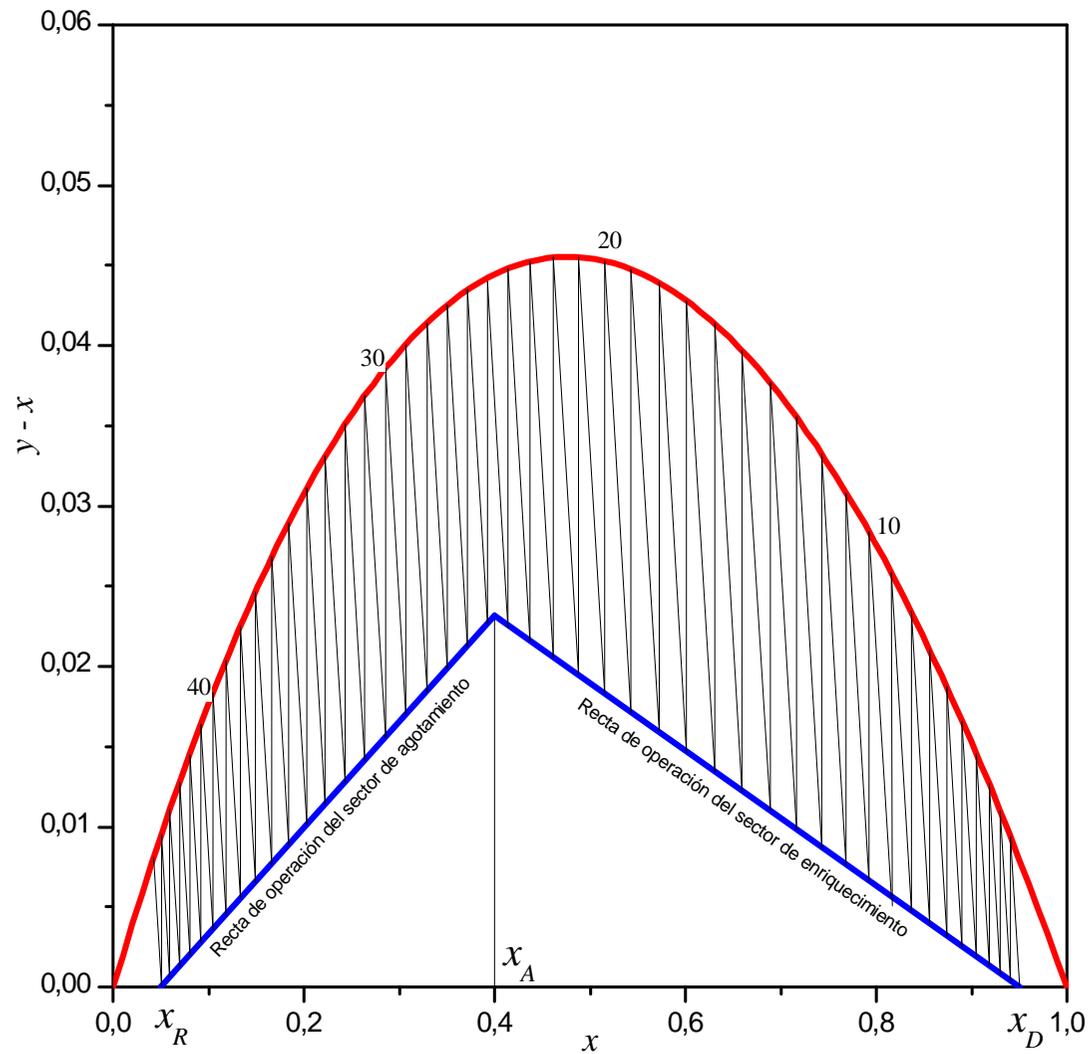
RAZÓN DE REFLUJO MÍNIMA



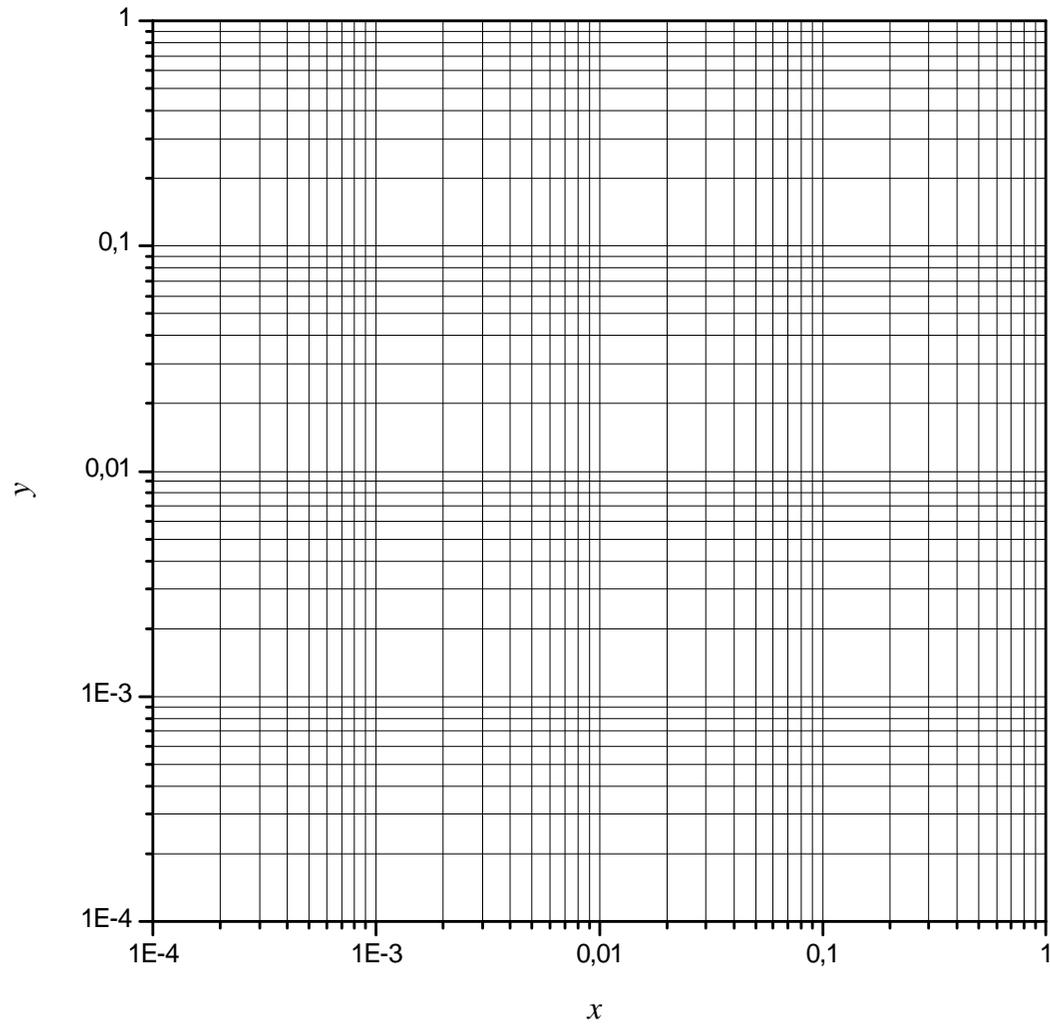
VOLATILIDADES RELATIVAS MUY BAJAS



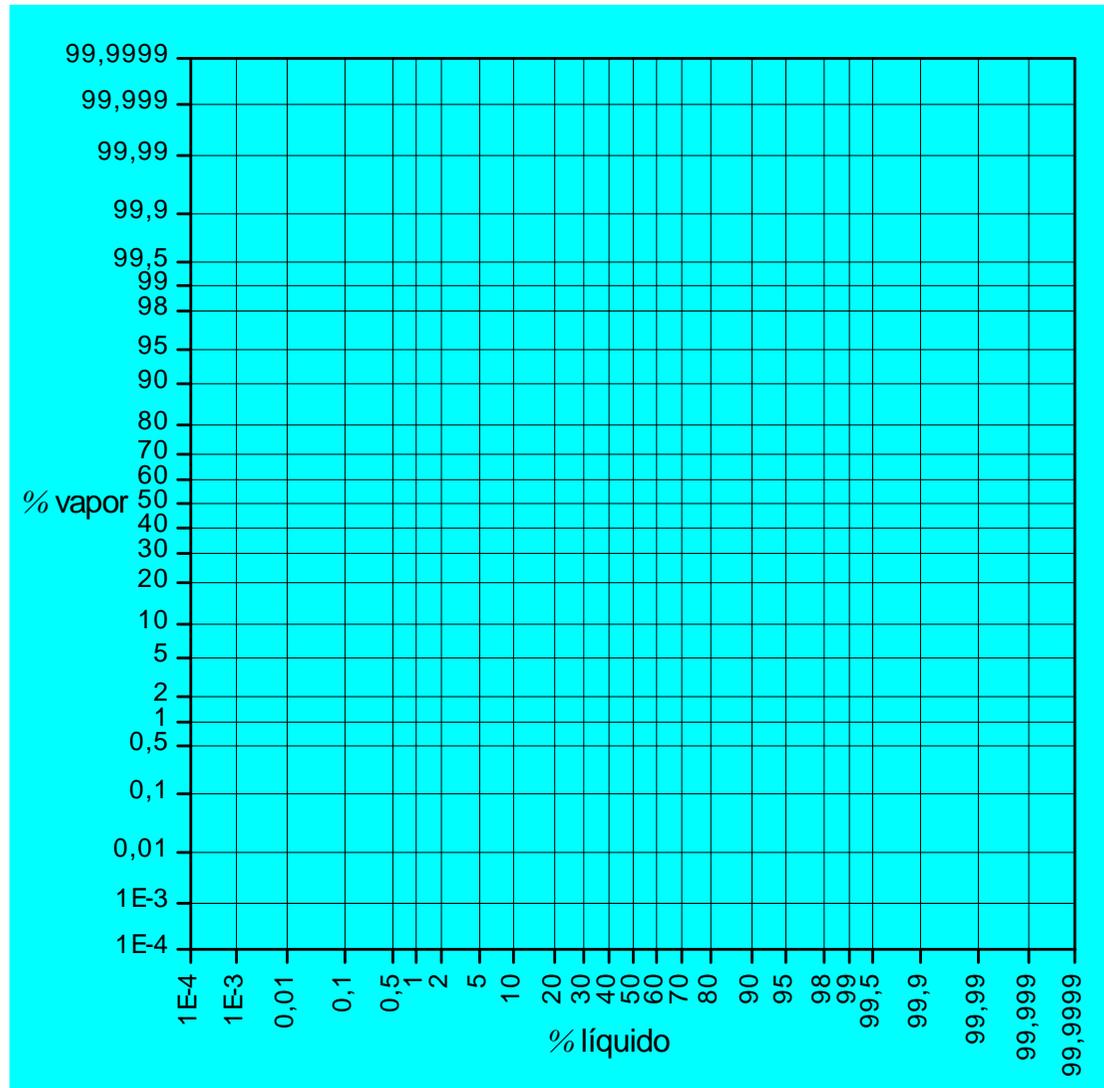
VOLATILIDADES RELATIVAS MUY BAJAS



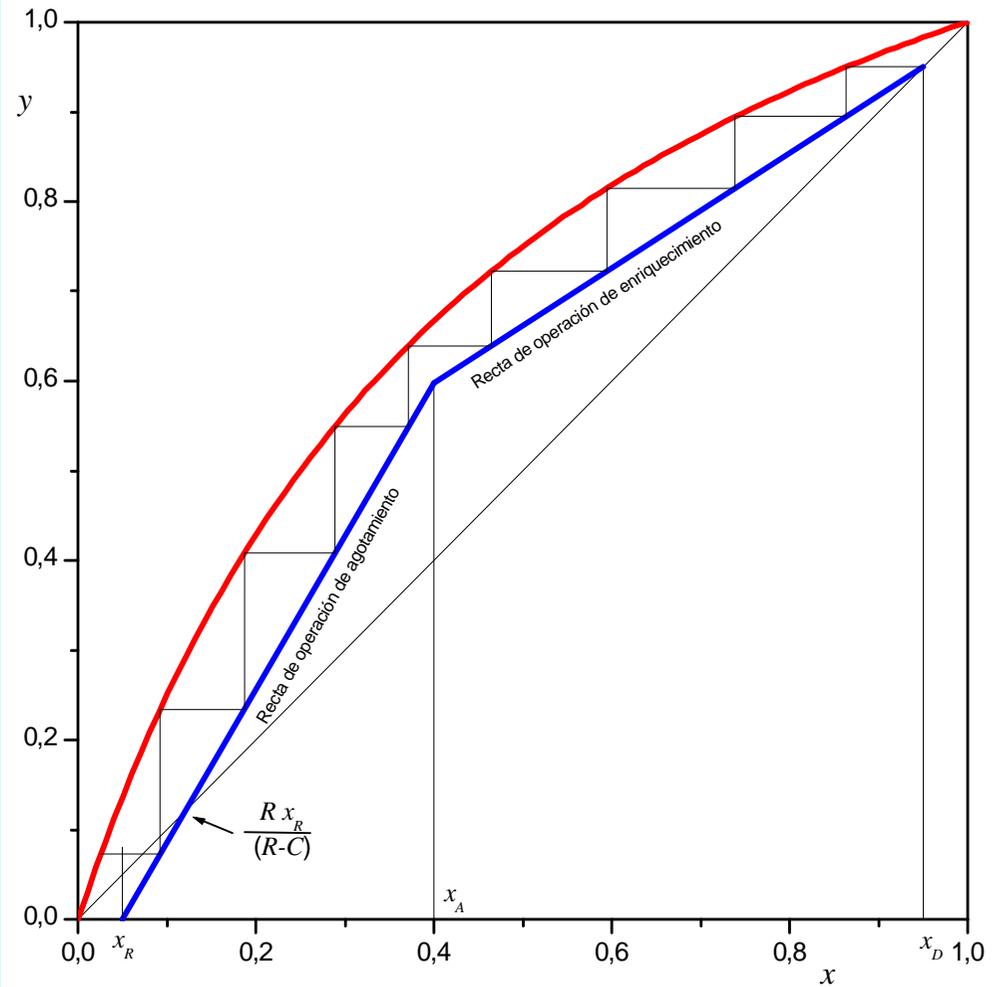
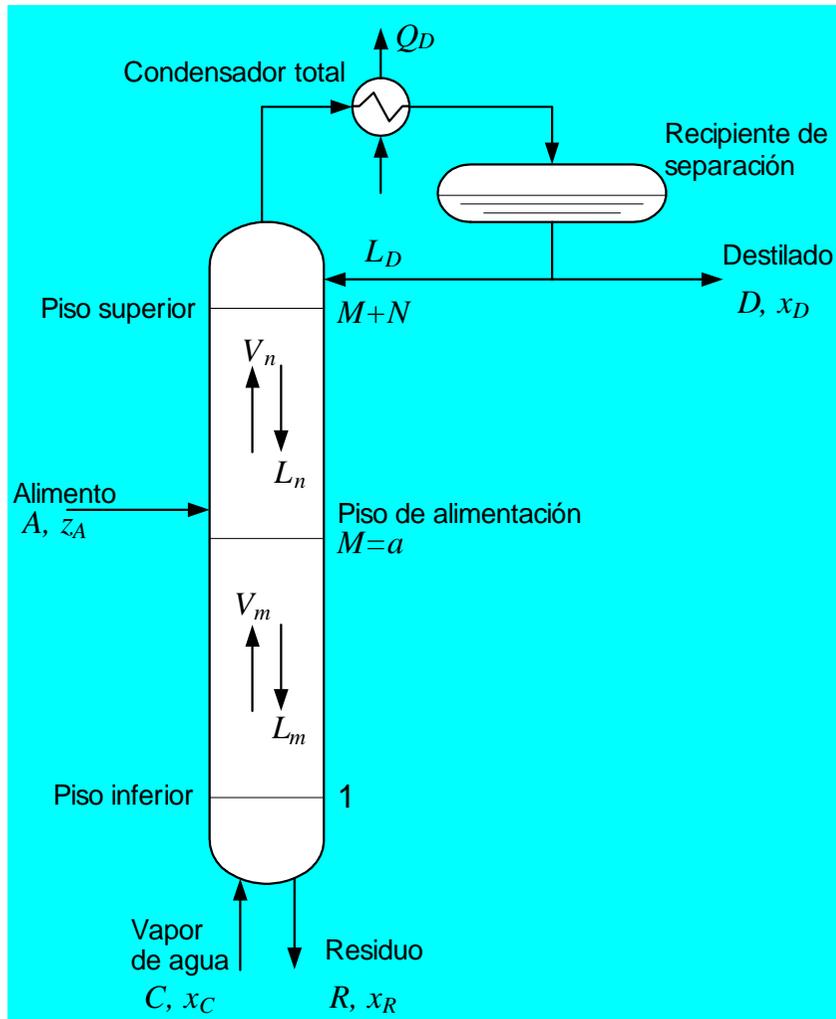
PAPEL DOBLE LOGARÍTMICO



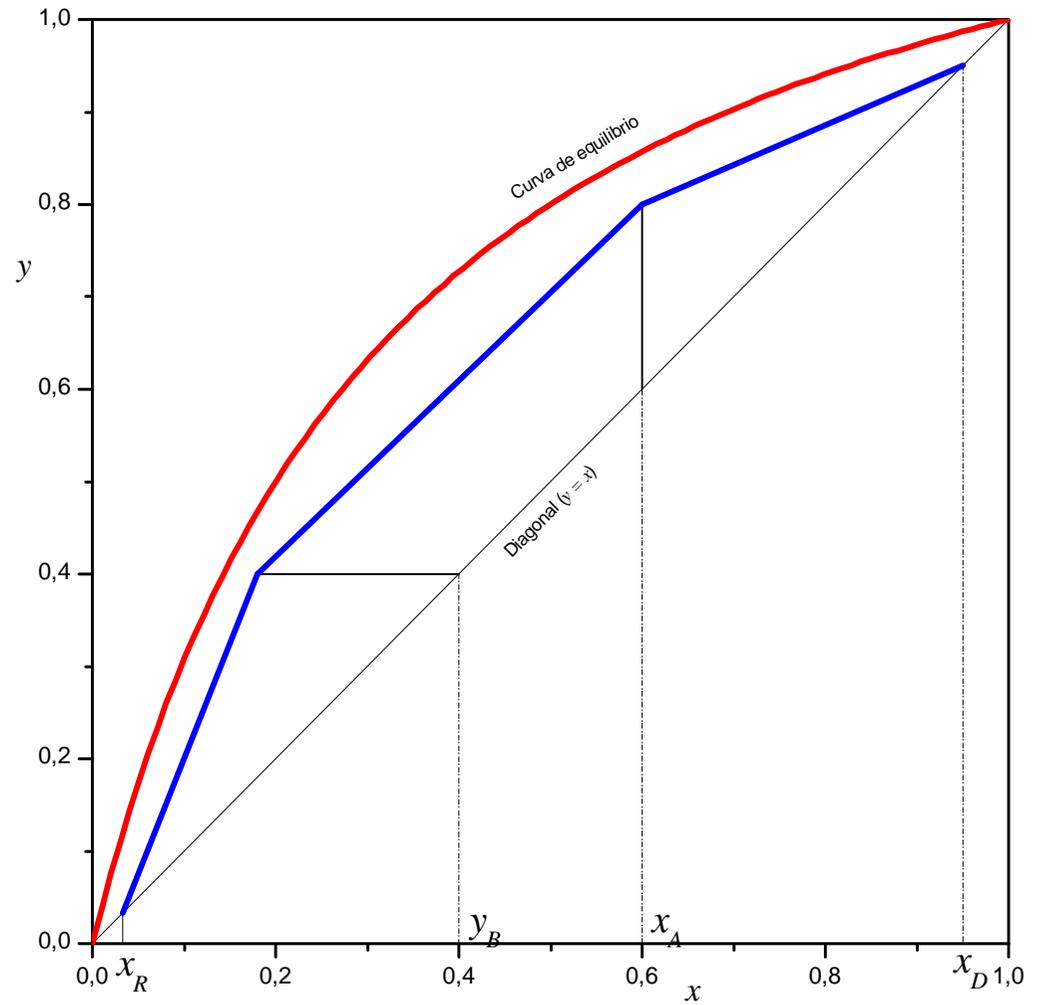
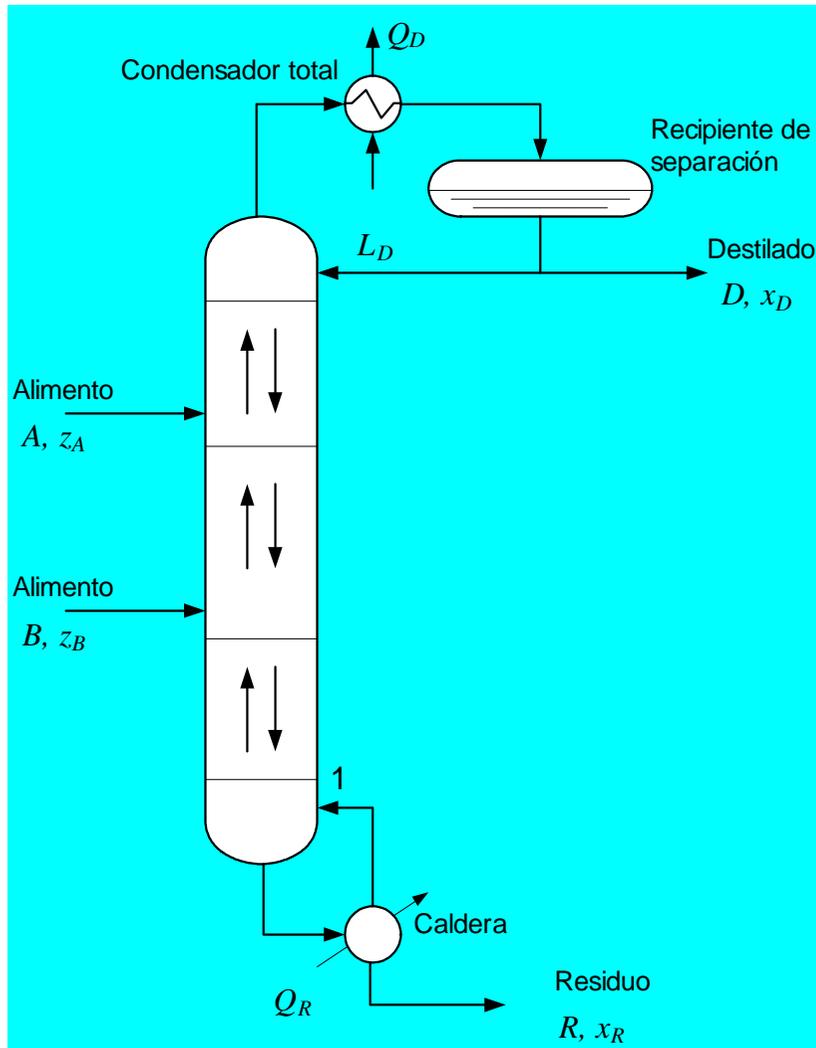
PAPEL PROBABILÍSTICO



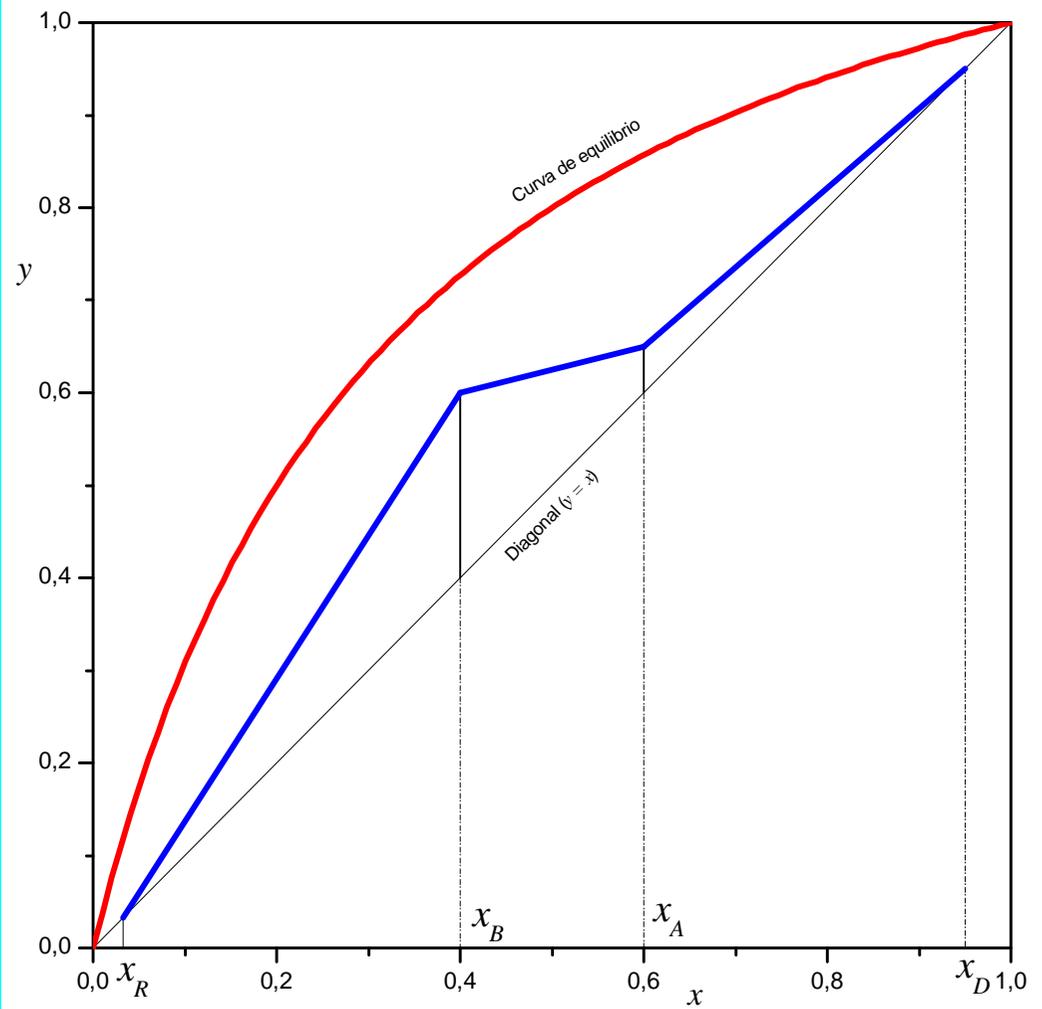
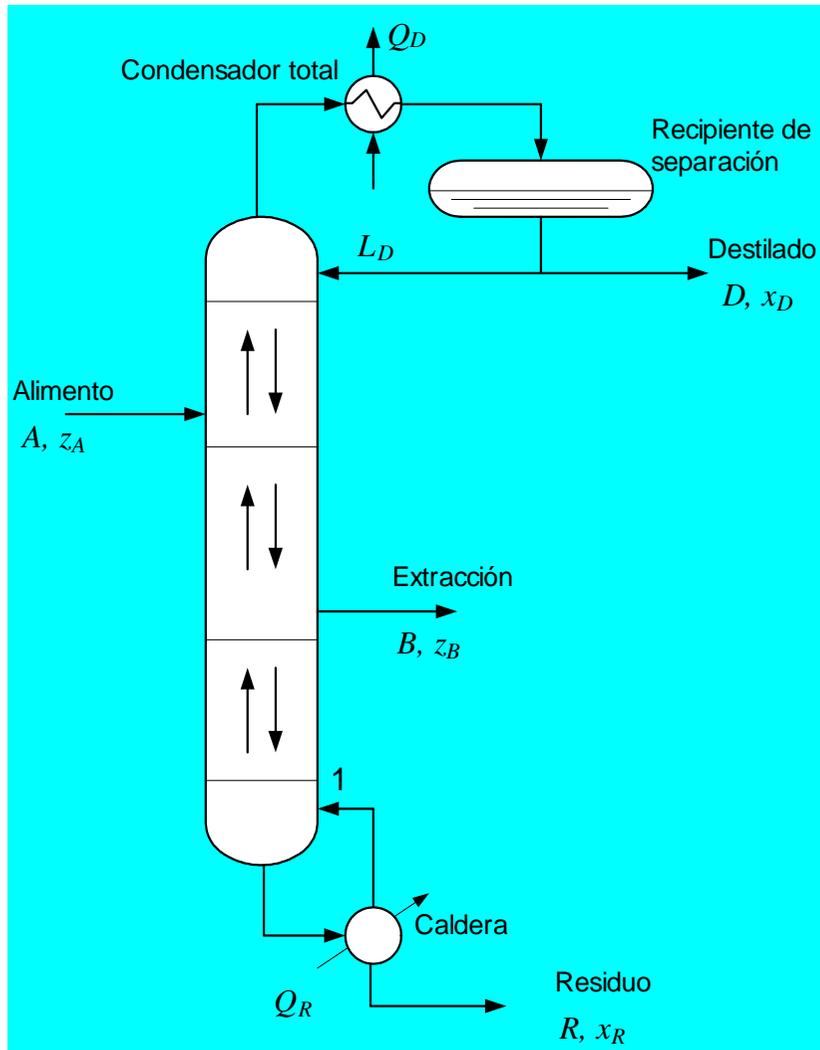
MÉTODO DE McCABE - THIELE



MÉTODO DE McCABE - THIELE



MÉTODO DE McCABE - THIELE



DESTILACIÓN de MEZCLAS BINARIAS

Métodos de cálculo simplificados

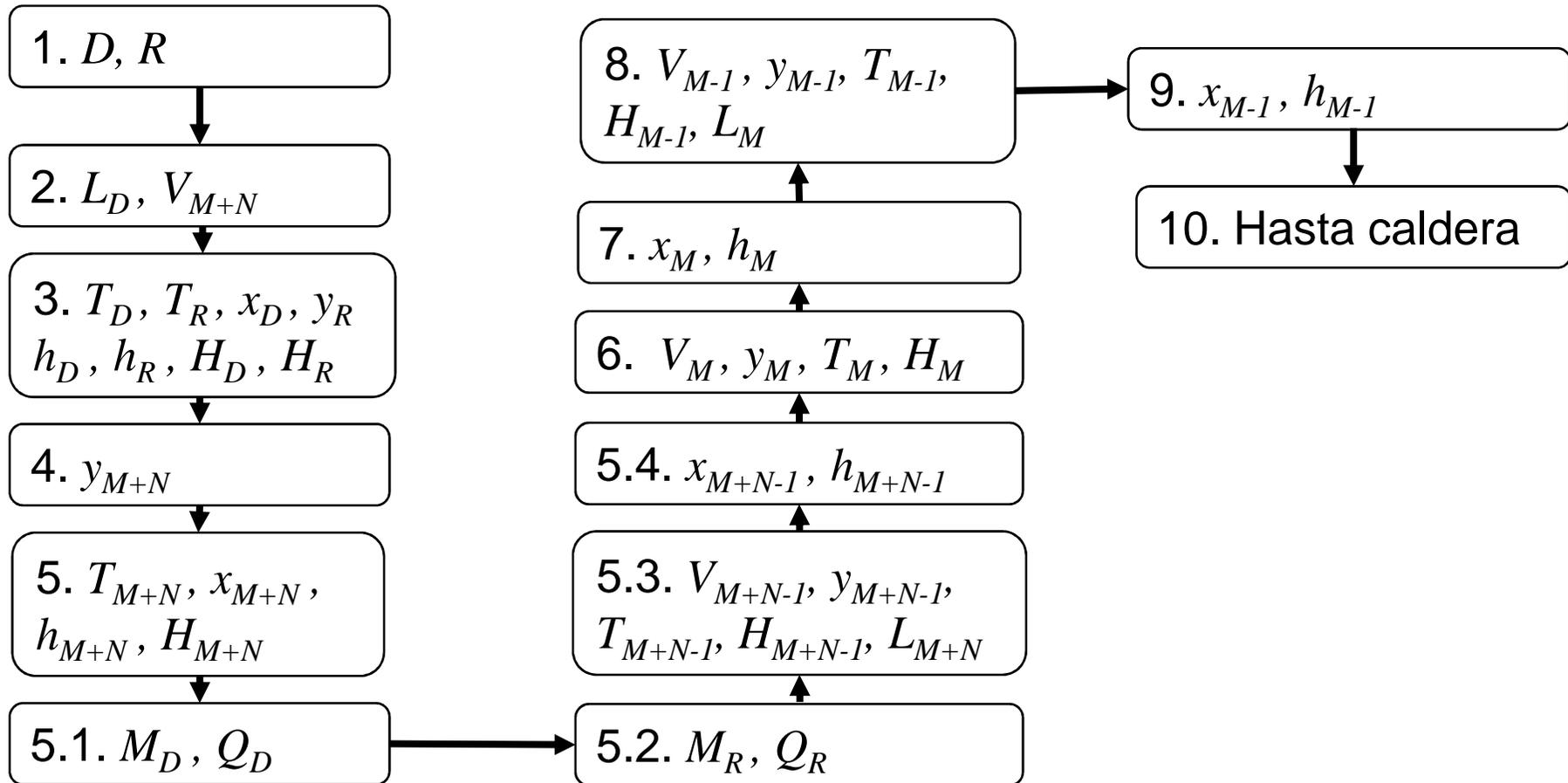
- Método de Lewis
- Método de McCabe - Thiele

Métodos de cálculo rigurosos

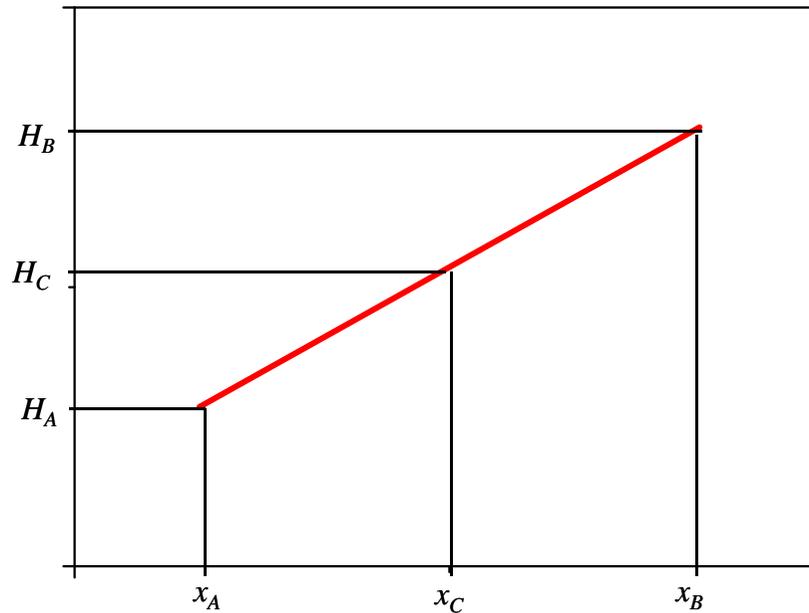
- Método de Sorel
- Método de Ponchon - Savarit

MÉTODO DE SOREL

Datos de partida: $A, z_A, T_A, P_A, P_D, z_D, x_R, (L_D/D)$



MÉTODO DE PONCHON-SAVARIT



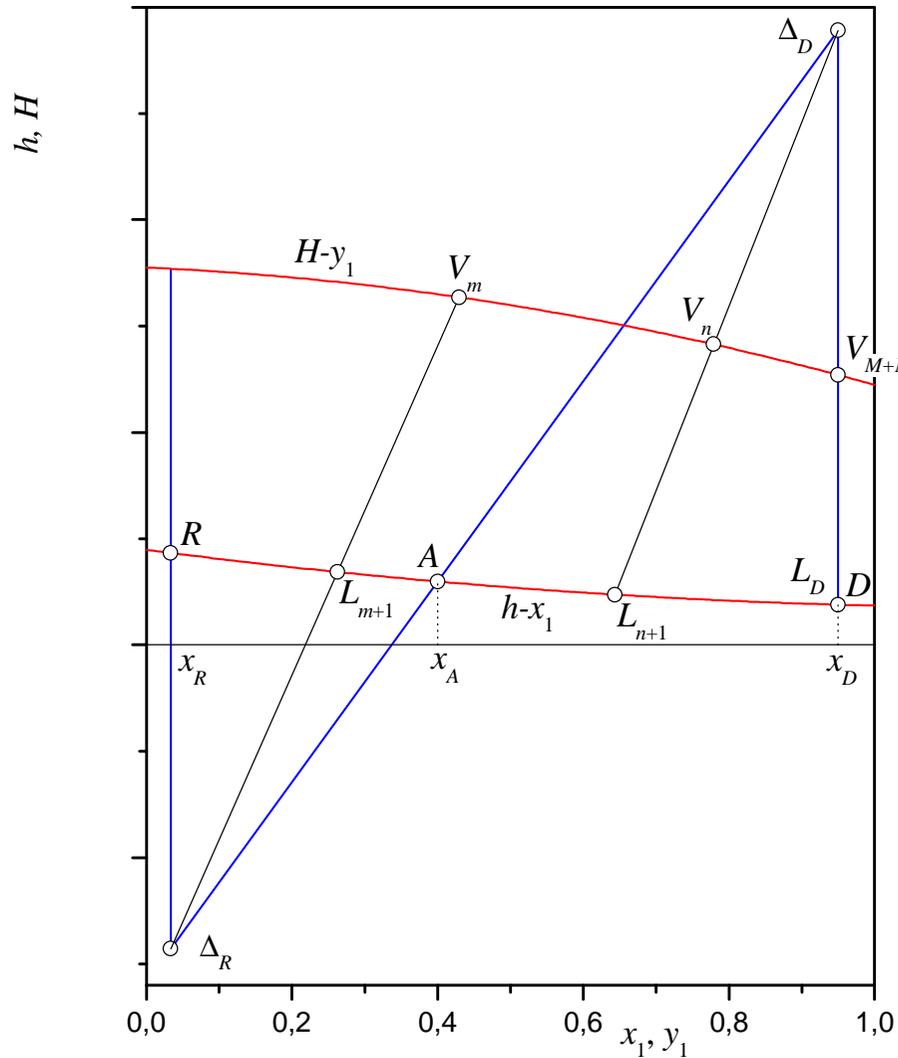
$$A + B = C$$

$$A x_A + B x_B = (A + B) x_C$$

$$A H_A + B H_B = (A + B) H_C$$

$$\frac{H_B - H_C}{x_B - x_C} = \frac{H_C - H_A}{x_C - x_A}$$

MÉTODO DE PONCHON-SAVARIT



$$M_D - h_D = \frac{Q_D}{D}$$

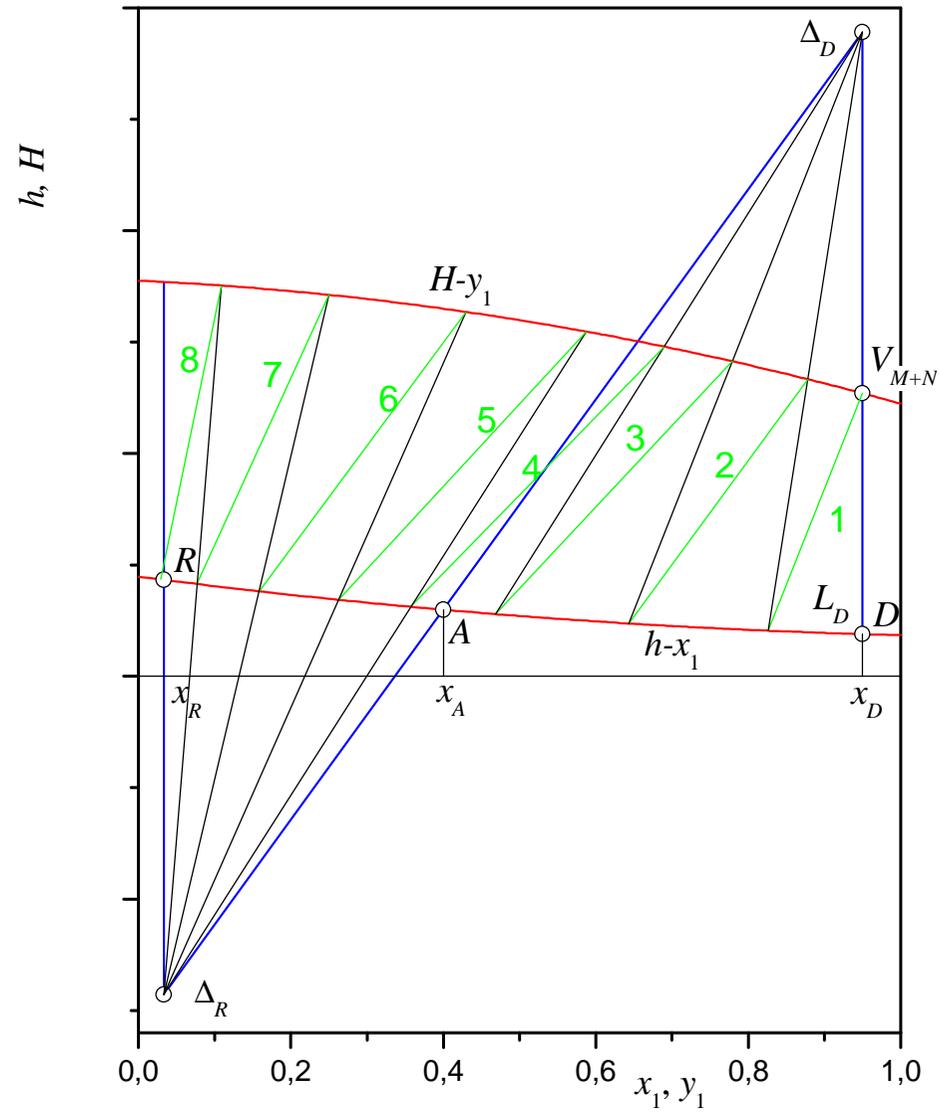
$$M_R - h_R = \frac{Q_R}{R}$$

$$\frac{L_{n+1}}{V_n} = \frac{M_D - H_n}{M_D - h_{n+1}}$$

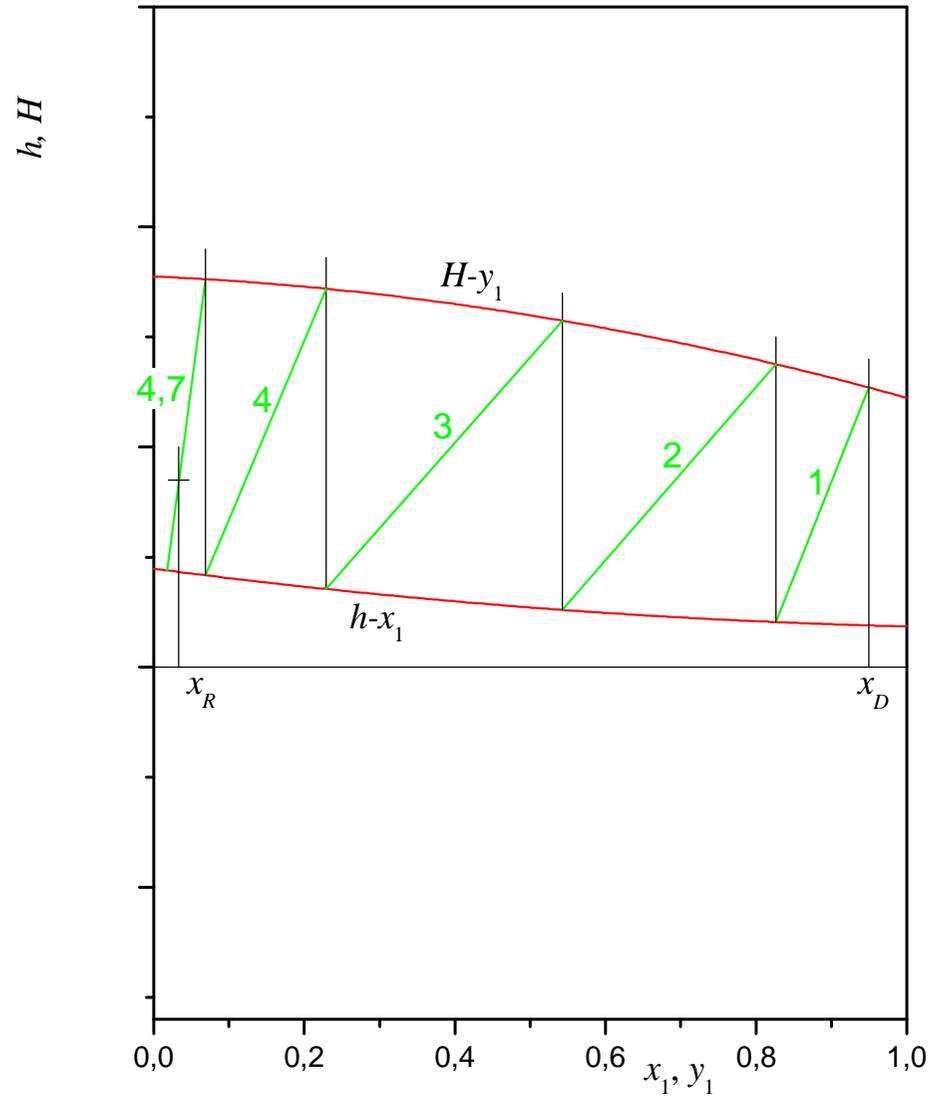
$$\frac{L_D}{D} = \frac{M_D - H_{M+N}}{H_{M+N} - h_D}$$

$$\frac{L_{m+1}}{V_m} = \frac{H_m - M_R}{h_{m+1} - M_R}$$

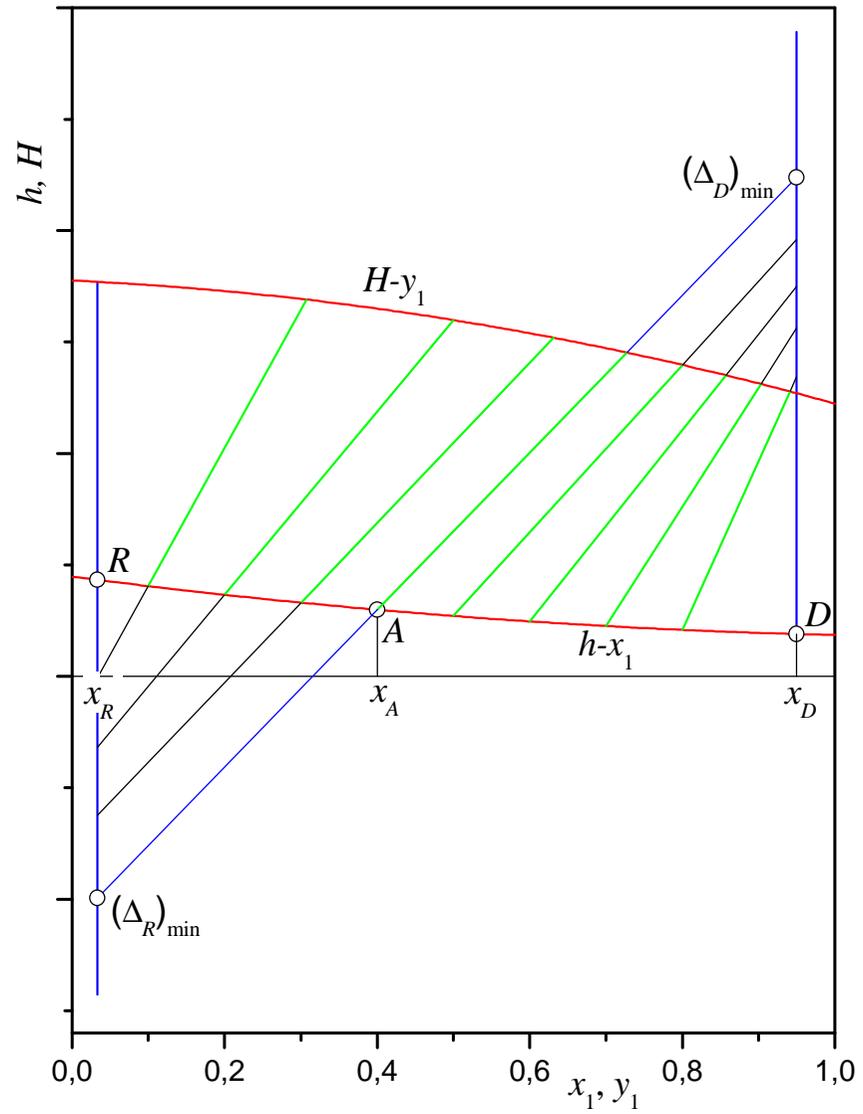
MÉTODO DE PONCHON-SAVARIT



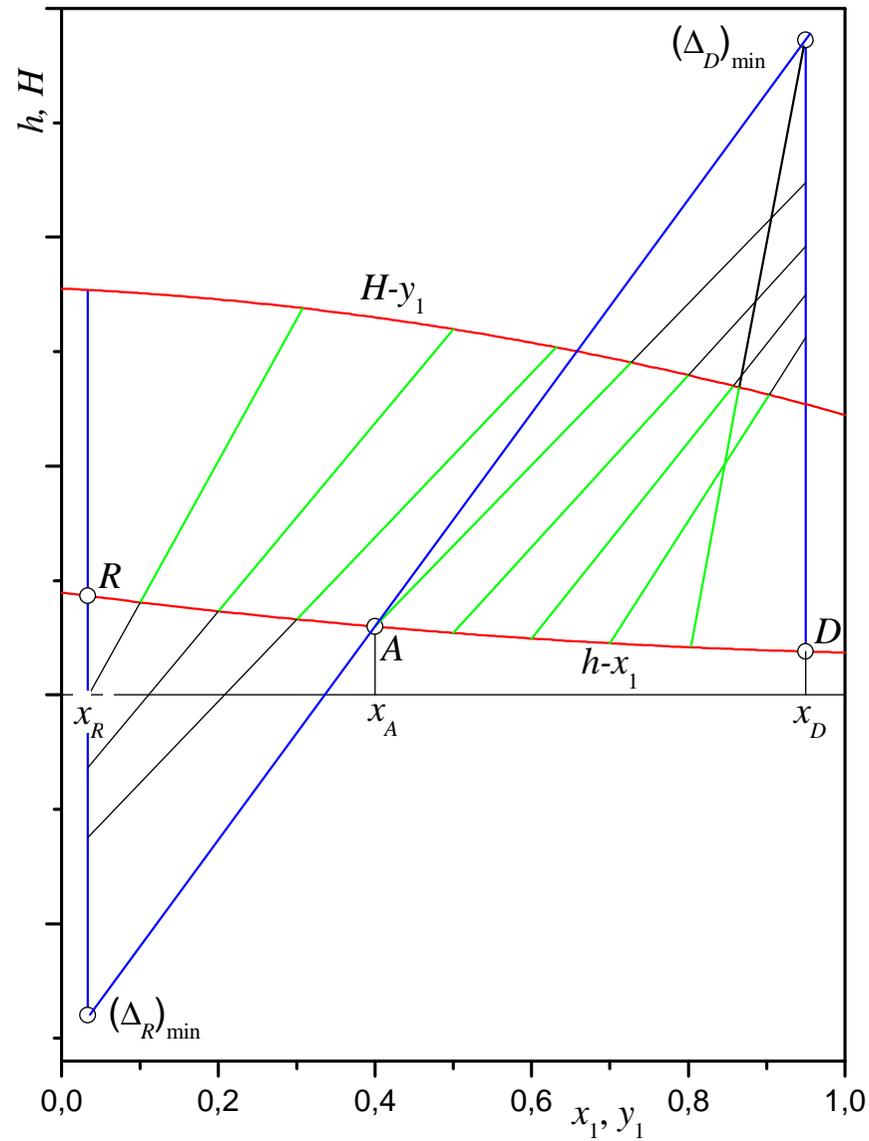
NÚMERO DE PISOS MÍNIMO



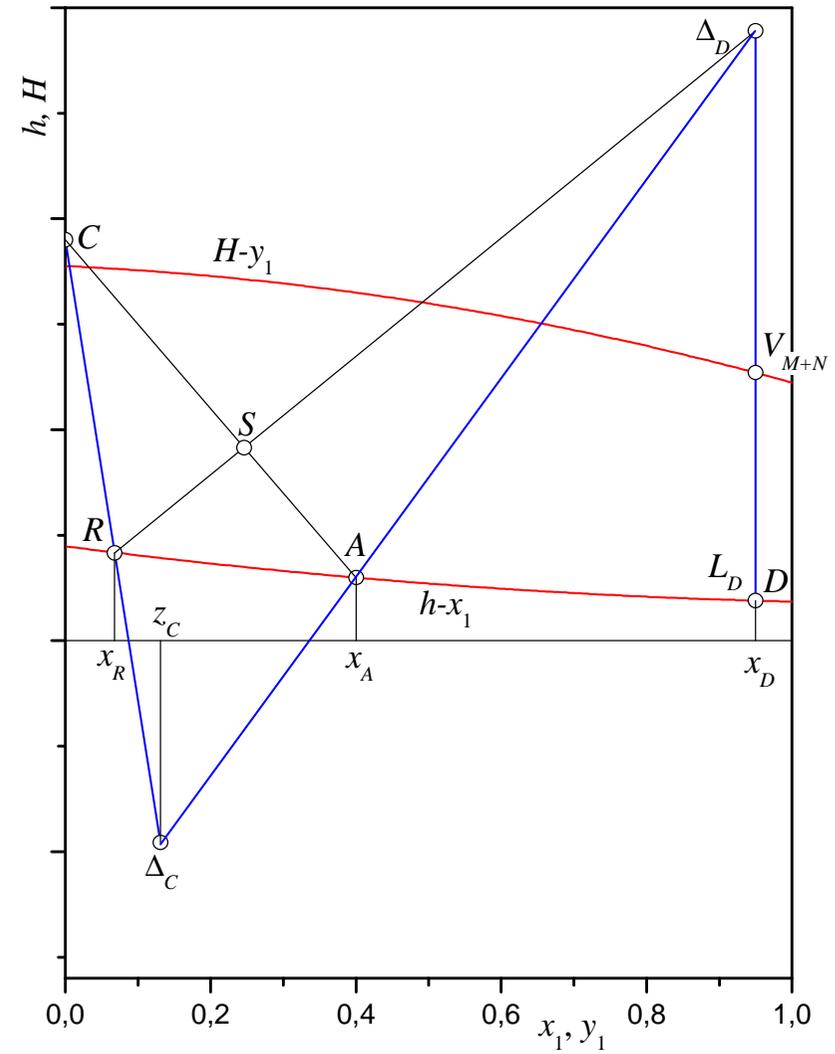
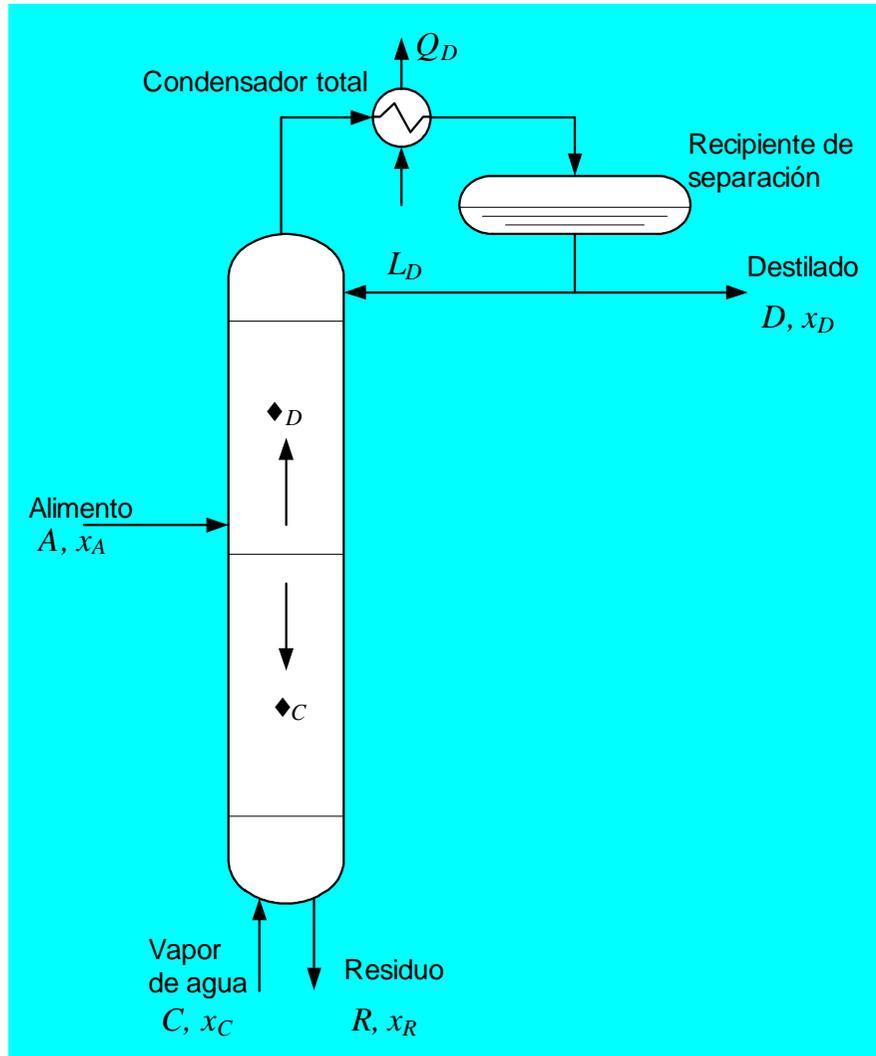
RAZÓN DE REFLUJO MÍNIMA



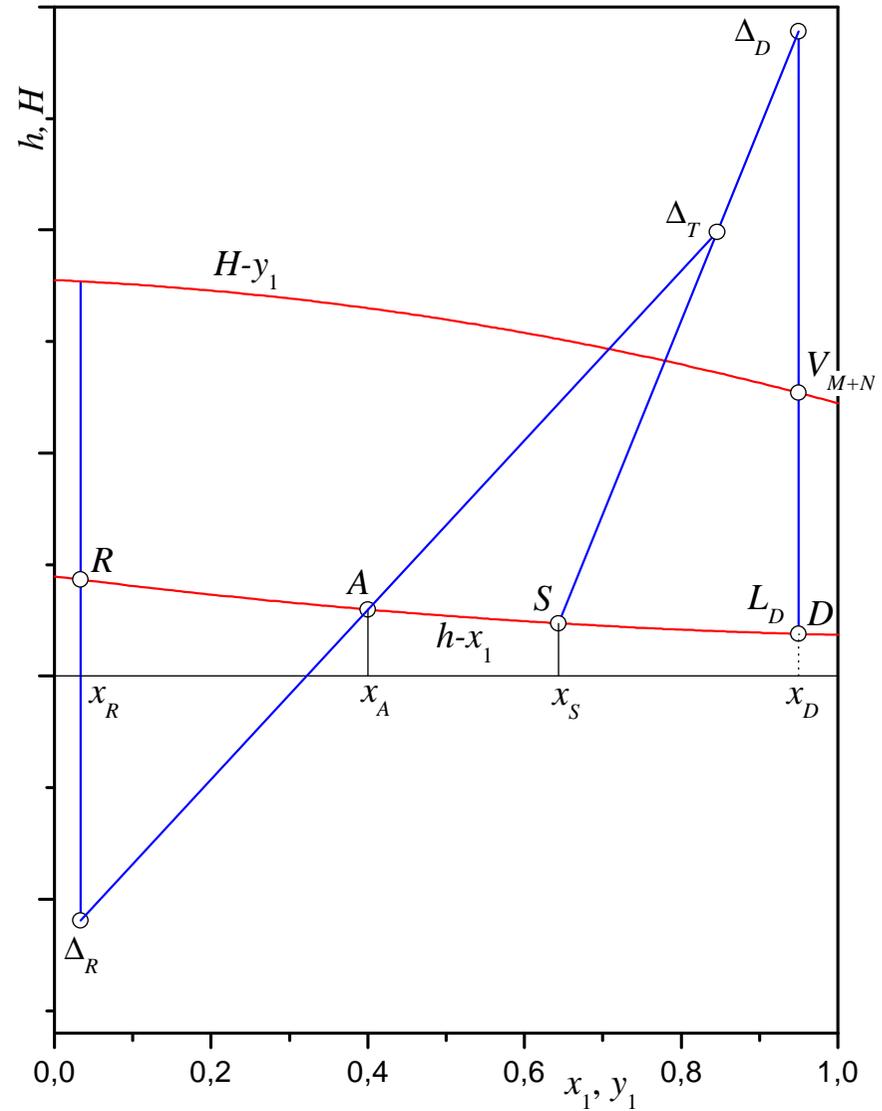
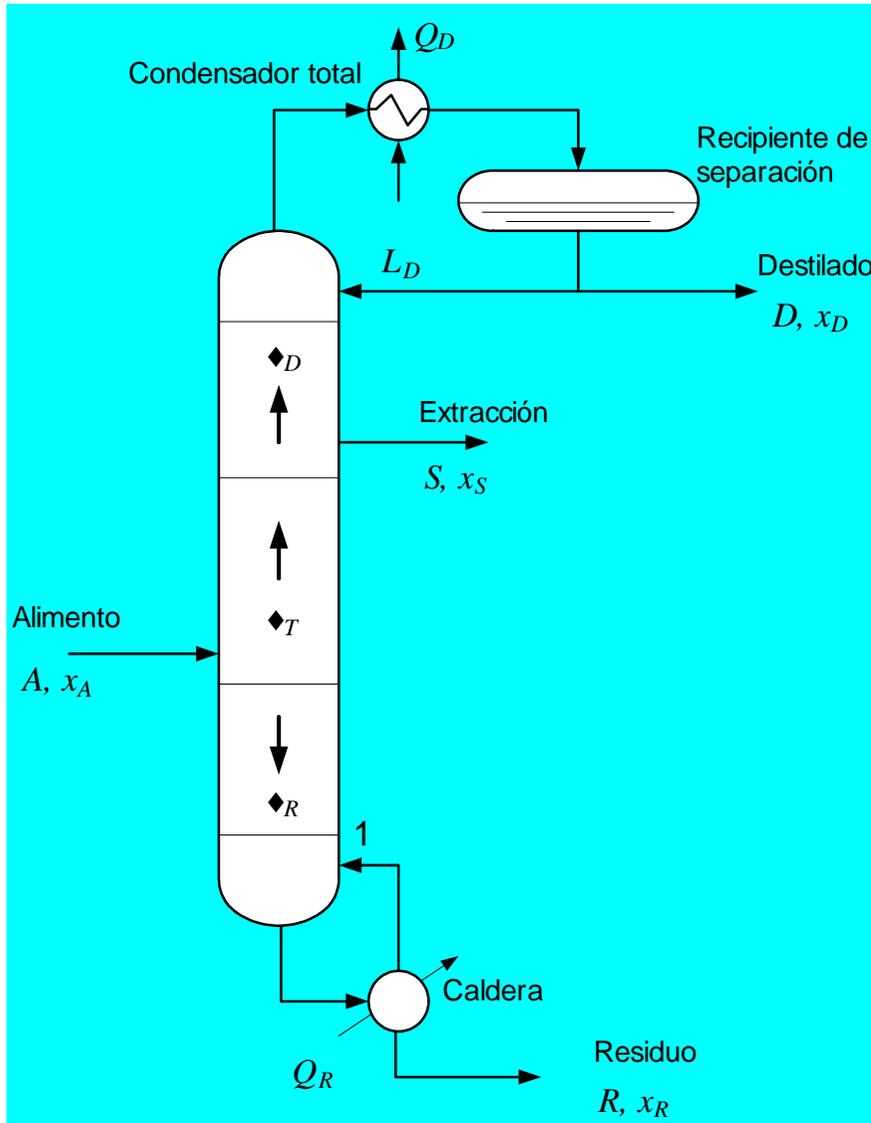
RAZÓN DE REFLUJO MÍNIMA



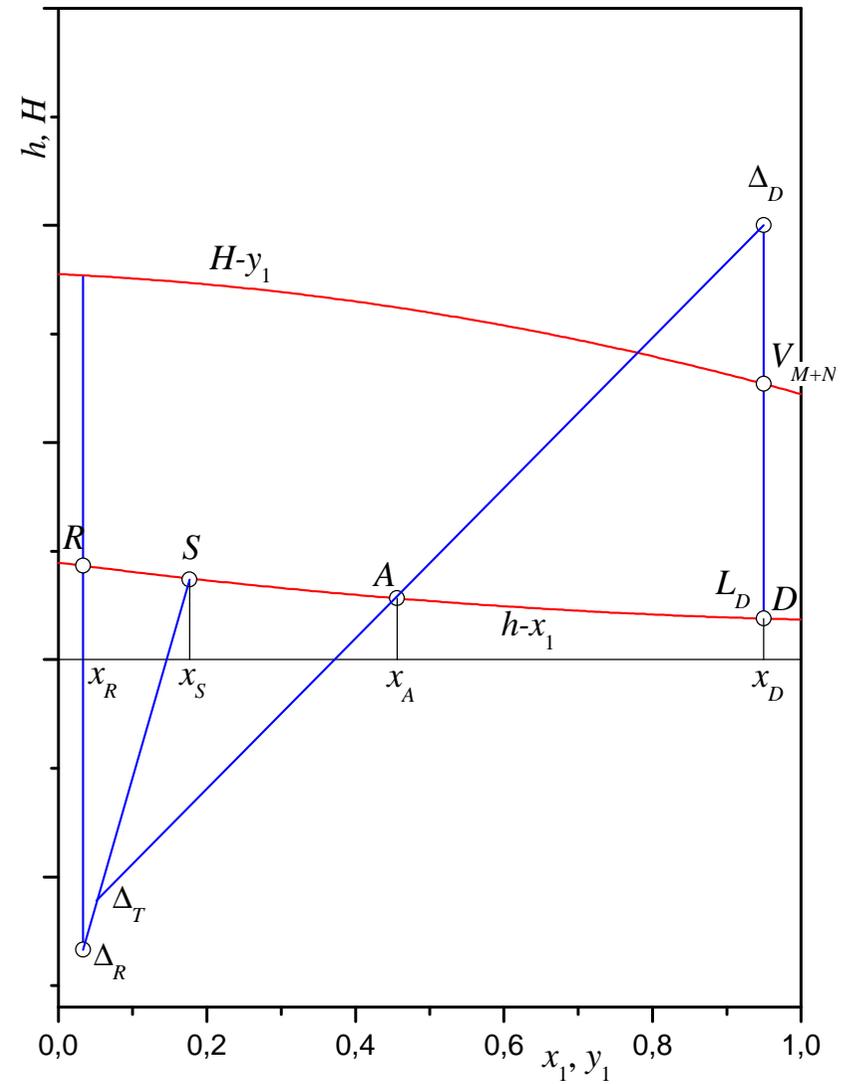
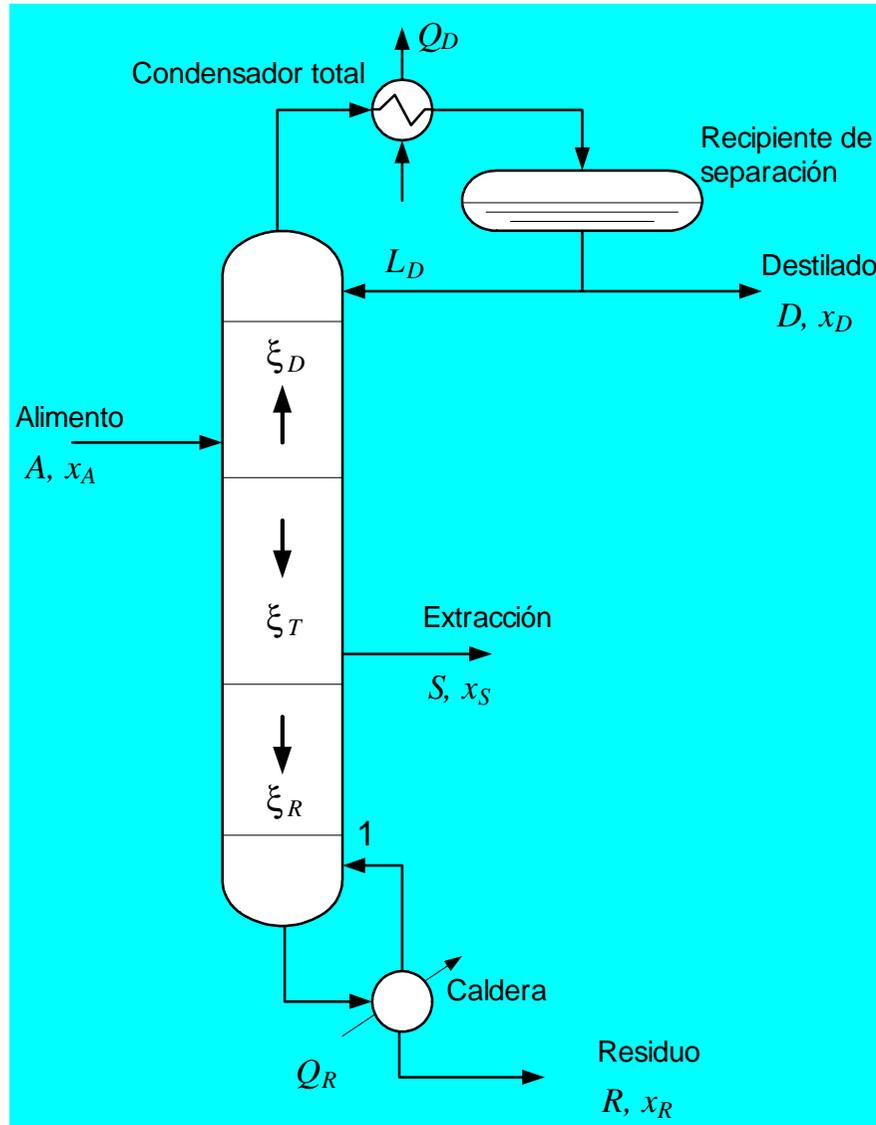
ALIMENTACIÓN DIRECTA VAPOR DE AGUA



EXTRACCIÓN LATERAL + ALIMENTACIÓN



ALIMENTACIÓN + EXTRACCIÓN LATERAL



COLUMNA CON DOS ALIMENTOS

