



TEMA 3. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO Y LIXIVIACIÓN



BLOQUE I. EXTRACCIÓN L-L

3.1. Fundamento

3.2. Equipos

3.3. Resolución basada en el equilibrio entre fases

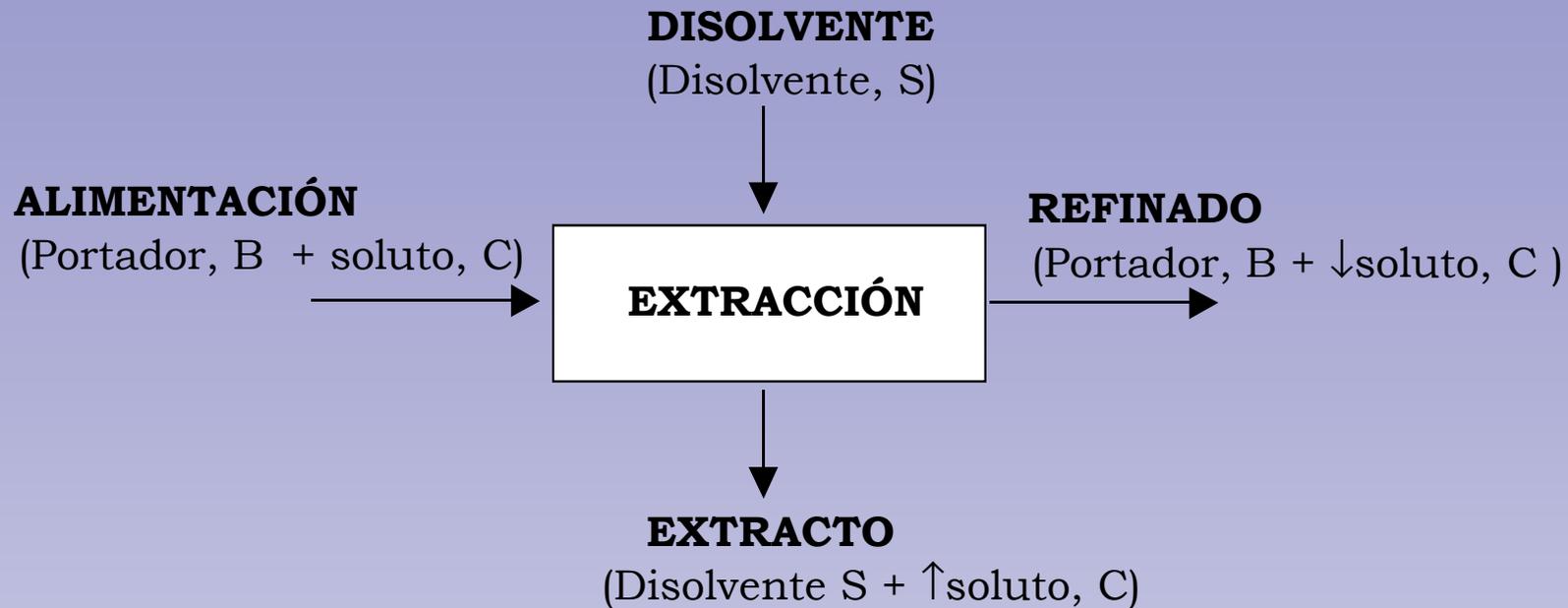
BLOQUE II. EXTRACCIÓN S-L (LIXIVIACIÓN)

3.4. Fundamento

3.5. Equipos

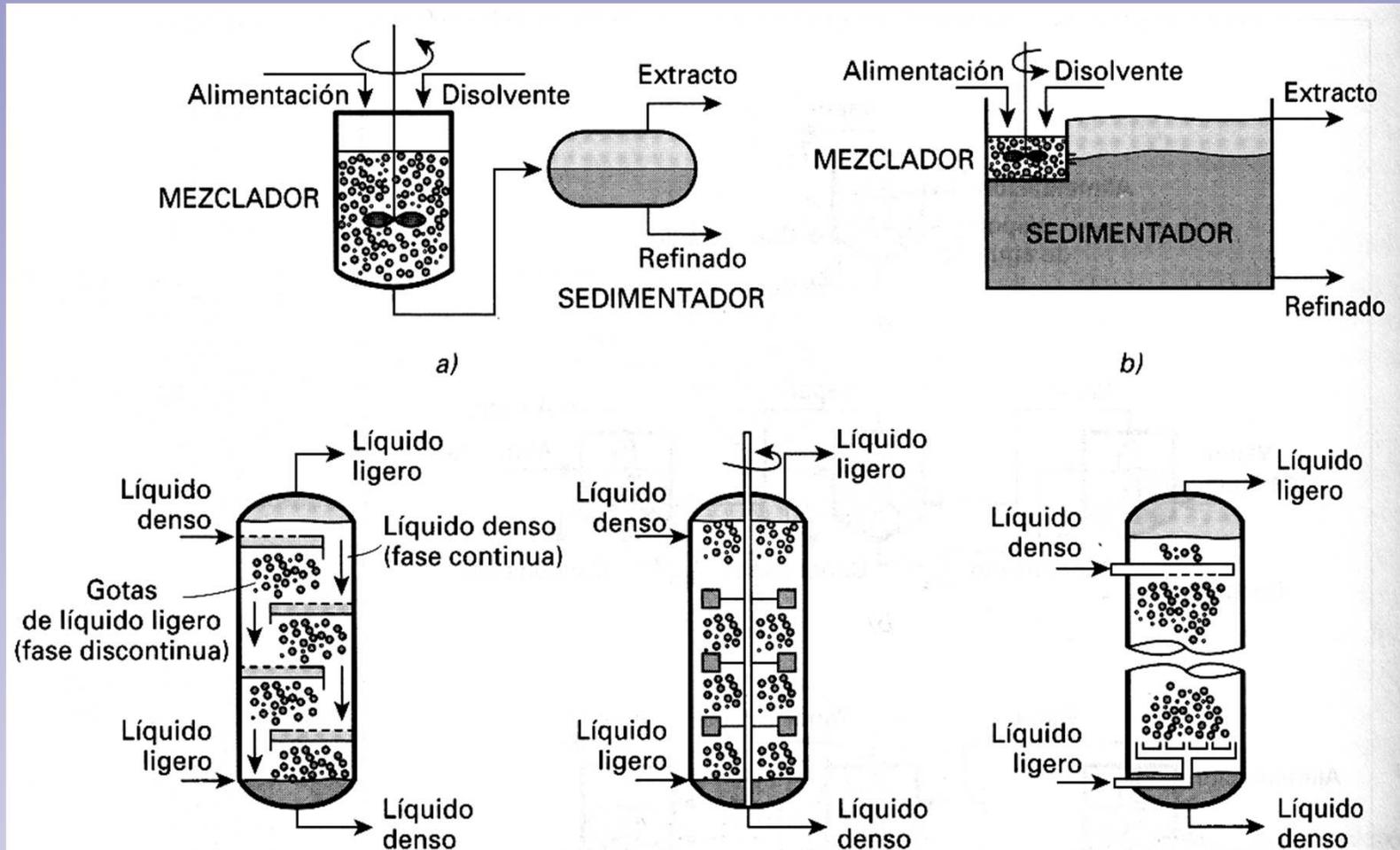
3.6. Métodos de resolución

3.1. Fundamento



- La operación de extracción L-L puede llevarse a cabo por contacto continuo o intermitente entre las fases
- Siempre comprende dos etapas:
 1. Mezcla, donde se produce la transferencia del soluto al disolvente. Mediante agitación mecánica o por contacto entre las fases
 2. Separación de fases, para obtener refinado y extracto

3.2. Equipos



3.2. Equipos

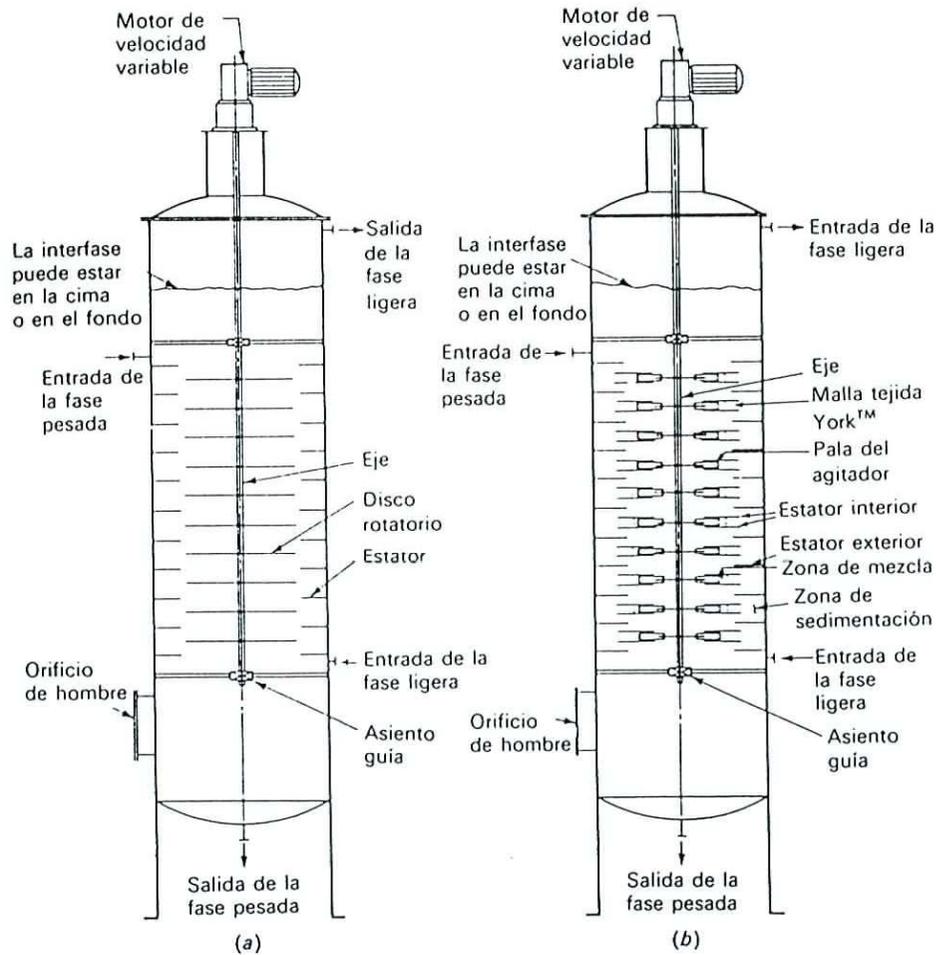


Figura 19.9. Torres de extracción agitadas: (a) unidad de discos rotatorios; (b) extractor de York-Scheibel (York Process Equipment Co.)

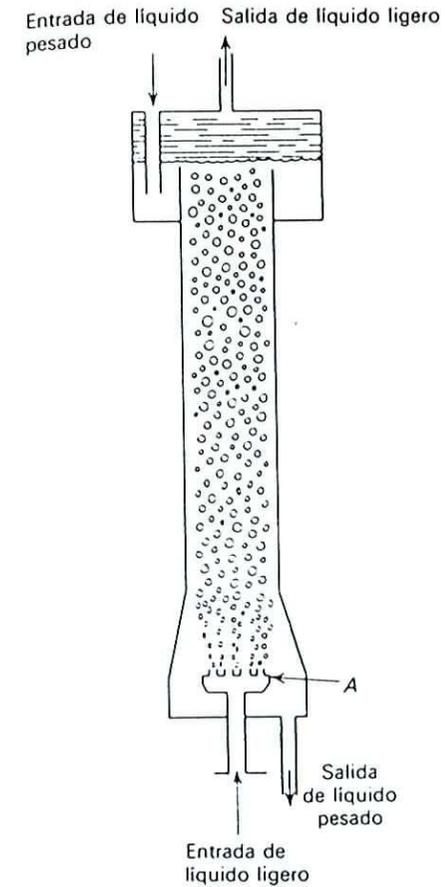


Figura 19.6. Torre de pulverización; A, boquilla para distribuir el líquido ligero.

3.2. Equipos

Table 1. Advantages and disadvantages of the various liquid-liquid extractor types [1].

Unit of Operation	Advantages	Disadvantages
Mixer-Settler	<ul style="list-style-type: none"> • Efficient • Low head room • Induces good contacting • Can handle any number of stages 	<ul style="list-style-type: none"> • Large floor • High set-up costs • High operation costs
Columns (without agitation)	<ul style="list-style-type: none"> • Small investment costs • Low operating costs 	<ul style="list-style-type: none"> • High head room • Difficult to scale up from lab • Less efficient than mixer-settler
Columns (with agitation)	<ul style="list-style-type: none"> • Good dispersion • Low investment costs • Can handle any number of stages 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficult to separate small density differences • Does not tolerate high flow ratios
Centrifugal Extractors	<ul style="list-style-type: none"> • Can separate small density differences • Short holding time • Small liquid inventory 	<ul style="list-style-type: none"> • High set-up cost • High operating and maintenance costs • Cannot handle many stages

3.2. Equipos

COLUMNAS DE EXTRACCIÓN

FLUJO PRODUCIDO	DISPERSION DE LA MEZCLA	APARATOS	CARACTERISTICAS
GRAVEDAD	GRAVEDAD	Torres de pulverización Torres de relleno Torres de platos perforados	Bajos costes de inversión Bajos costes de operación Fácil diseño Baja eficacia
	PULSACIÓN	Torres de relleno Torres de platos	Alta eficacia
	AGITACIÓN MECÁNICA	Columnas de disco rotatorio Extractor York-Scheibel	Costes de inversión medios Costes de operación medios Eficacia razonable
FUERZA CENTRIFUGA	FUERZA CENTRIFUGA	Extractor centrifugo	Elevados costes Eficacia elevada

3.2. Equipos

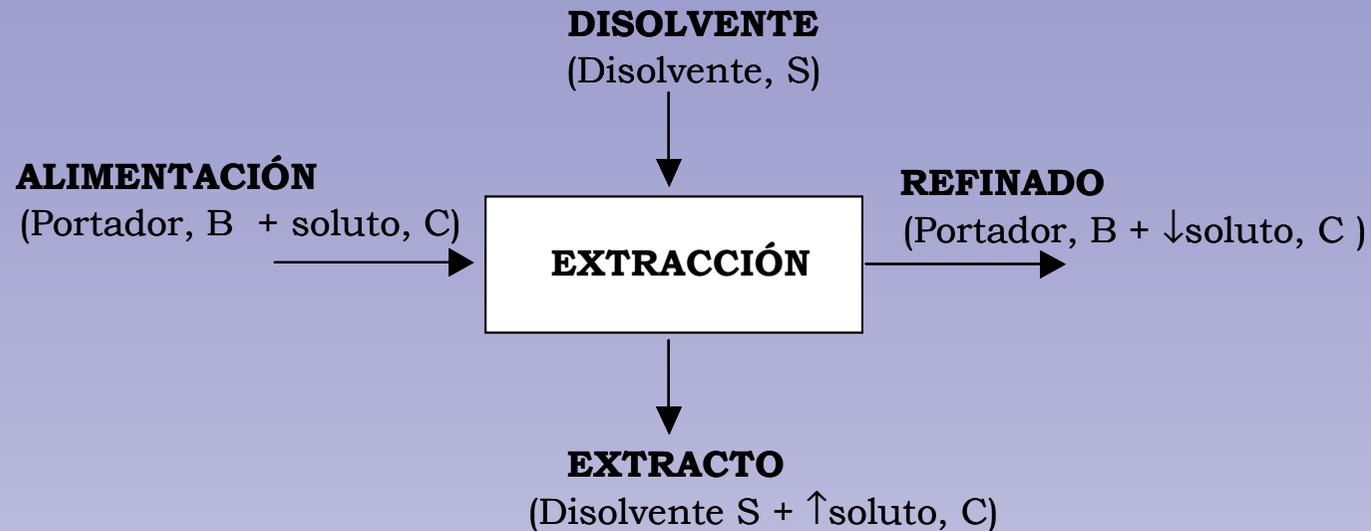
□ **Disolvente ideal:**

- **Alta selectividad:** minimizar recuperación de portador.
- **Alta capacidad:** minimizar disolvente/alimento.
- **Solubilidad mínima en el portador**
- **Volatilidad adecuada:** recuperación razonable con presión de vapor no muy alta
- **Estabilidad**
- **Inerte, no tóxico ni inflamable**
- **Disponibilidad** a coste razonable
- **Tensión superficial adecuada**
- Diferencia de **densidad** grande con respecto a portador
- **Sin espumas o burbujas**
- **Adherencia**

3.2. Equipos

- Una vez elegido el disolvente, los factores a tener en cuenta en el diseño del extractor son:
 - **Alimento**
 - **Configuración** (*una o dos secciones*)
 - **Grado de recuperación** para columnas de una sección
 - **Grado de separación para los componentes clave del alimento** para columnas de dos secciones
 - **Temperatura**
 - **Presión**
 - **Caudal de disolvente** para columnas de una sección, o **relación de reflujo** para las de dos
 - **Número de etapas de contacto**
 - **Tensión superficial**
 - **Diferencia de densidades**
 - **Tipo de extractor**
 - **Tamaño del extractor y requerimiento de potencia**

3.3. Resolución basada en el equilibrio



COEFICIENTE DE REPARTO

$$K = \frac{y_E}{x_R}$$

CASO A

DILUYENTE+DISOLVENTE
INMISCIBLES

CASO B (típico)

DILUYENTE+DISOLVENTE
PARCIALMENTE MISCIBLES

3.3. Resolución basada en el equilibrio

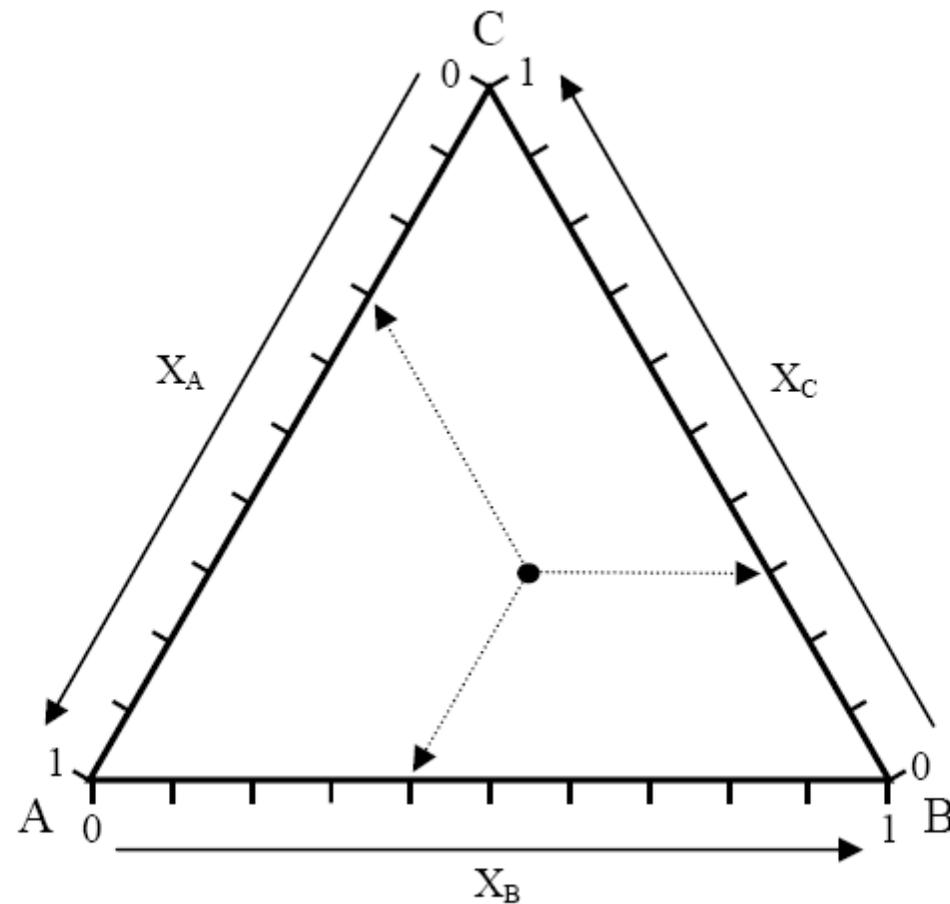
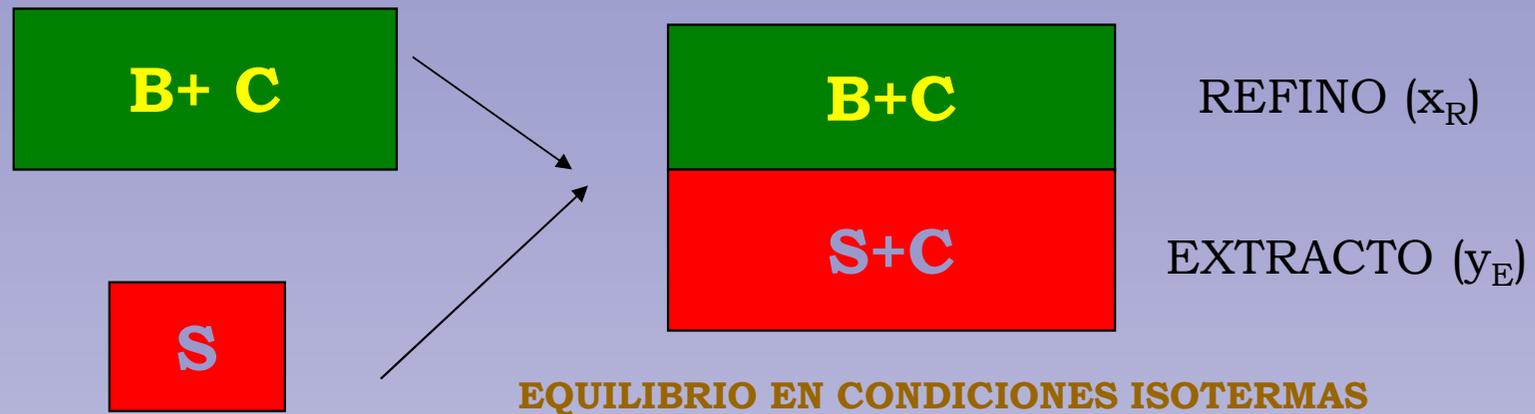


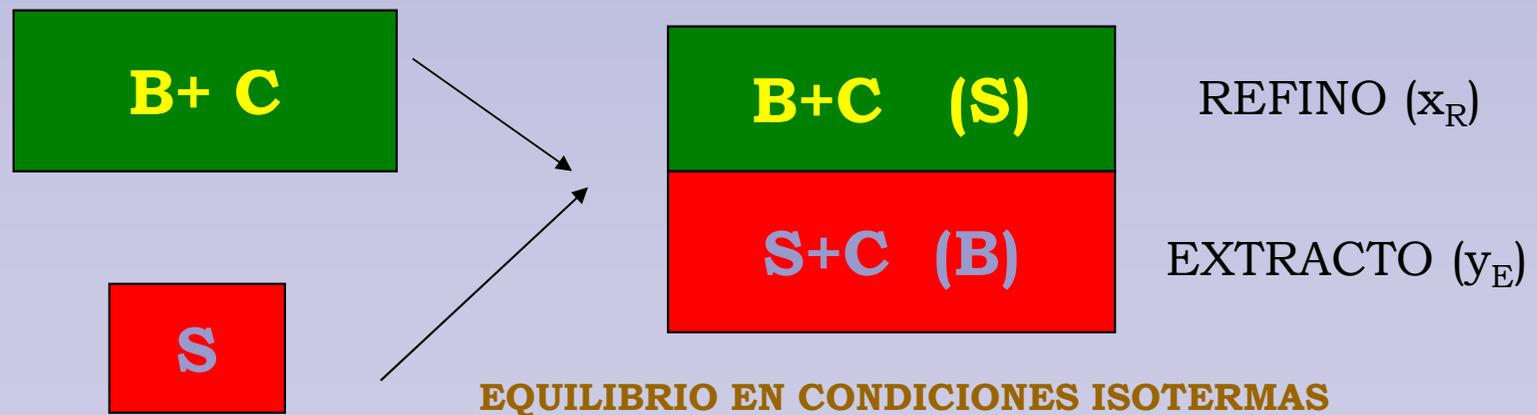
Figura 2. Diagrama de equilibrio ternario: diagrama triangular equilátero.

3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO A: DILUYENTE+DISOLVENTE INMISCIBLES



CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES



3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO A: DILUYENTE+DISOLVENTE INMISCIBLES

- Una etapa de contacto de equilibrio

- Disolventes inmiscibles

- Operación discontinua

- H litros de alimento con una composición x_0 (moles/litro o g/litro) que se mezcla con L litros disolvente puro. Alcanzado el régimen el equilibrio de fases, la composición de refinado (x) y extracto (y) están relacionadas por:

$$y = Kx$$

- Balance de soluto:

$$Hx_0 = Hx + Ly$$

- Definiendo el factor de extracción como:

$$E = \frac{KL}{H}$$

$$y = \frac{Kx_0}{1 + E}$$

$$x = \frac{x_0}{1 + E}$$

- Fracción de soluto extraída:

$$p = \frac{Ly}{Hx_0} = \frac{E}{1 + E}$$

3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO A: DILUYENTE+DISOLVENTE INMISCIBLES

- Una etapa de contacto de equilibrio
 - Disolventes inmiscibles
 - Operación discontinua
 - Solución gráfica

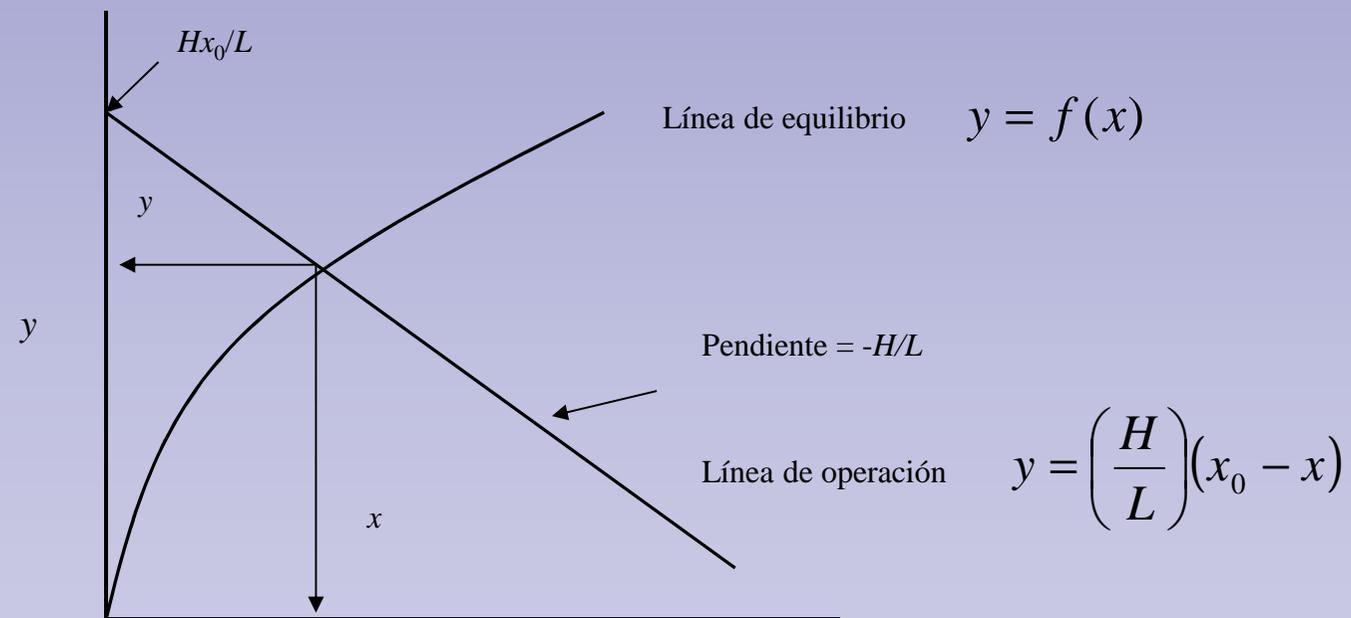


DIAGRAMA DE EQUILIBRIO ISOTERMO

3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES

DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO ISOTERMOS

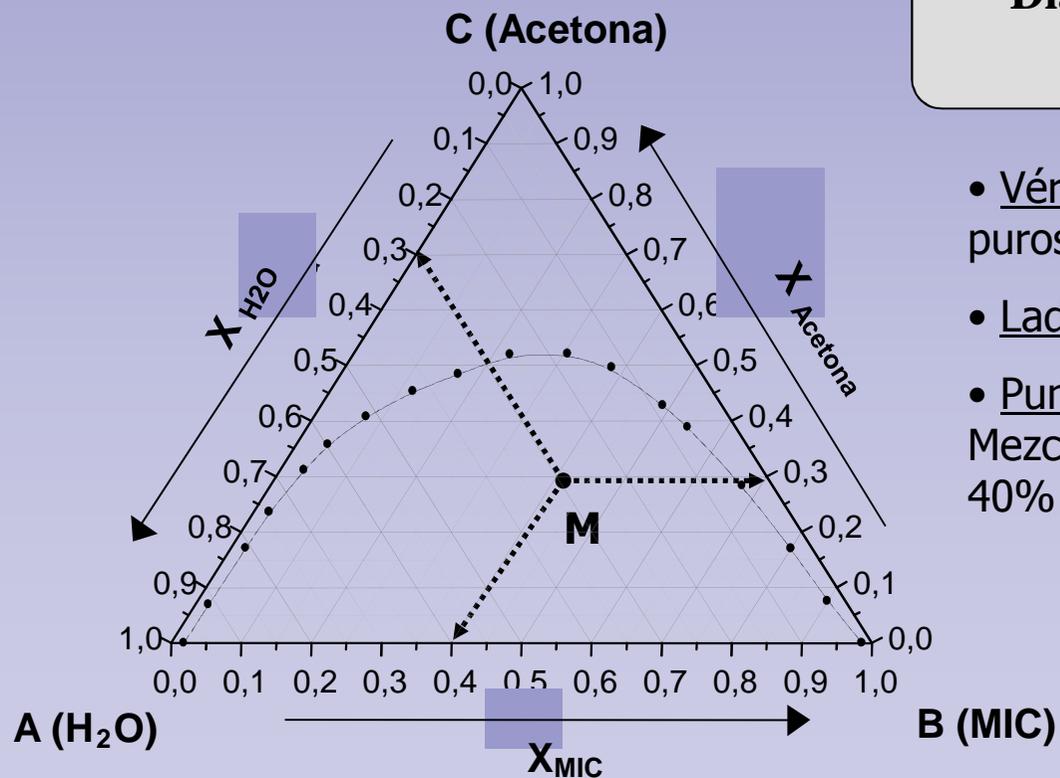
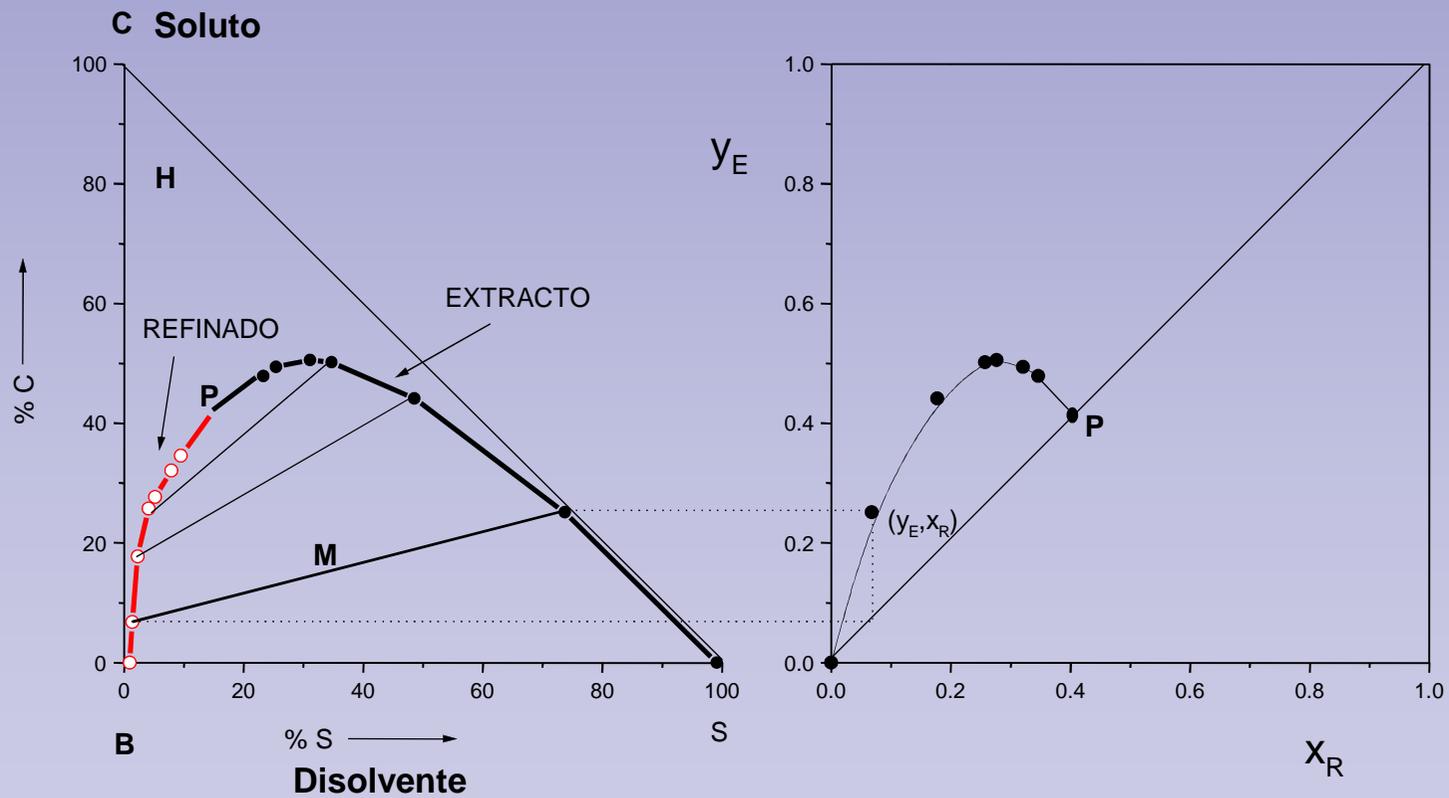


Diagrama triangular (% Peso)

- Vértices: Componentes puros
- Lados: Mezclas binarias
- Puntos en el triángulo: Mezclas ternarias (M: 30% A, 40% B, 30% C)

3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES



DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO ISOTERMOS

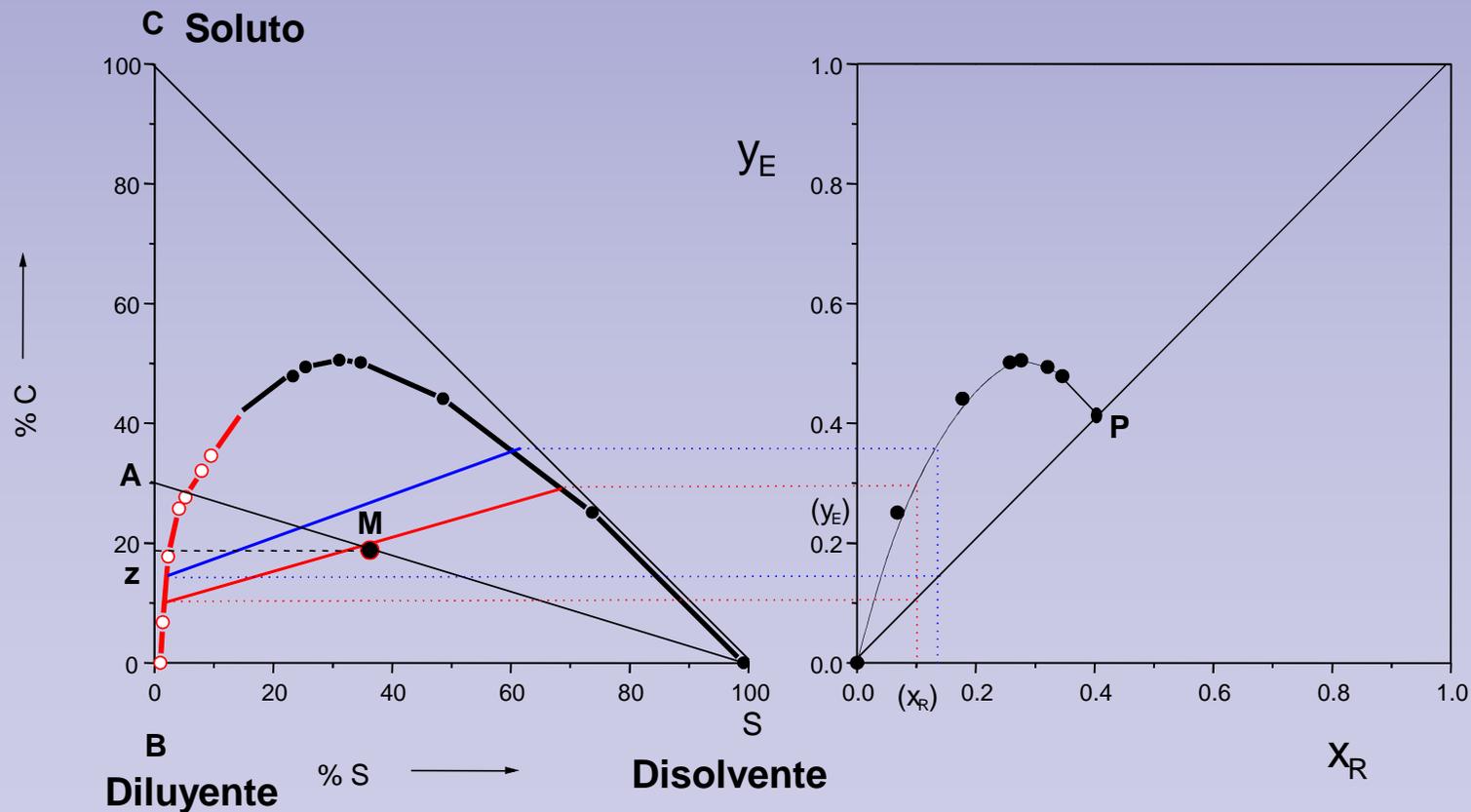
3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES

CÁLCULO DE SISTEMAS MEZCLADOR-SEDIMENTADOR SIMPLE

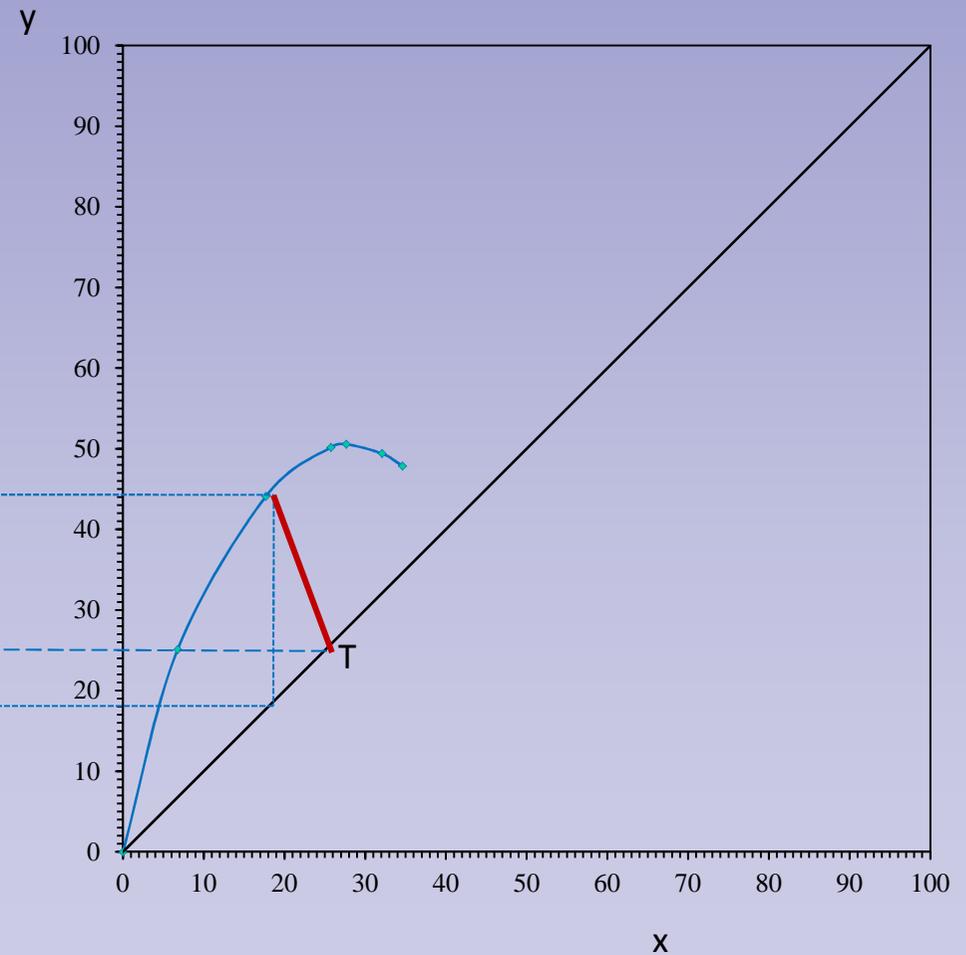
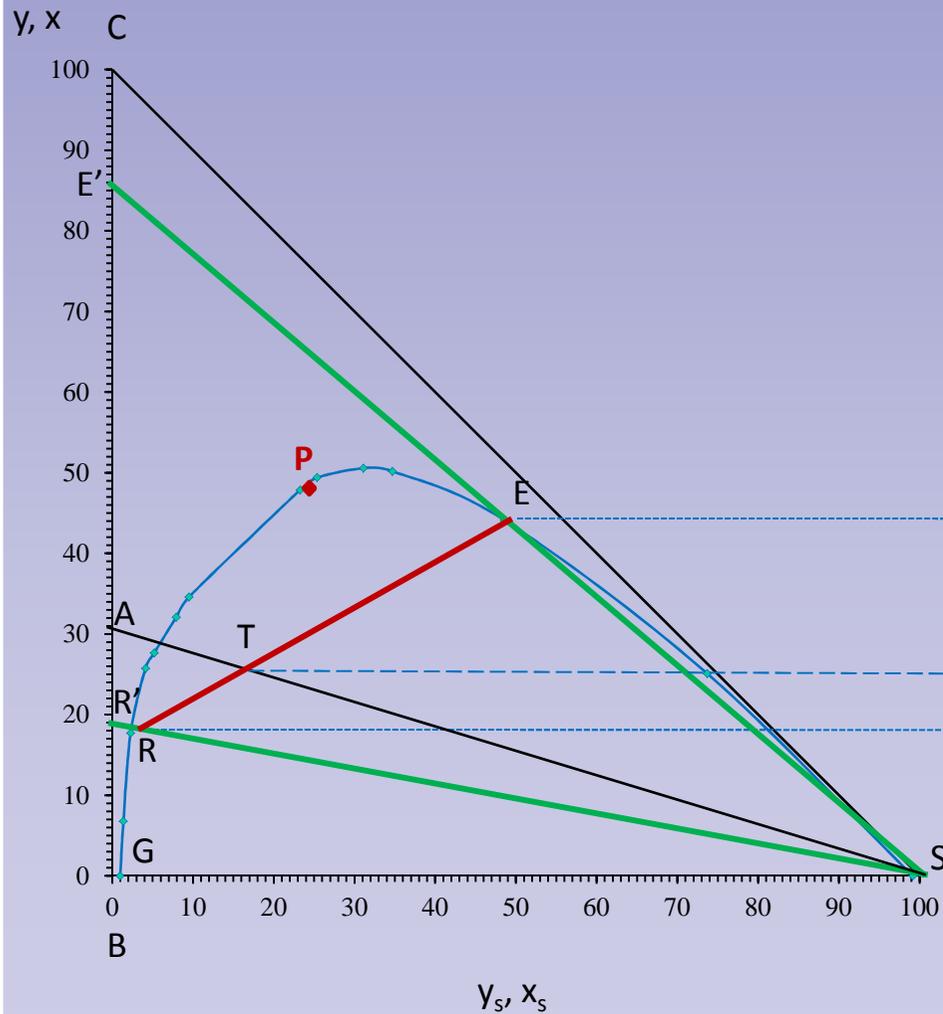
BALANCE GLOBAL $A+S = R + E = M$

BALANCE SOLUTO $A x_A + S y_S = R x_R + E y_E = M z$



3.3. Resolución basada en el equilibrio

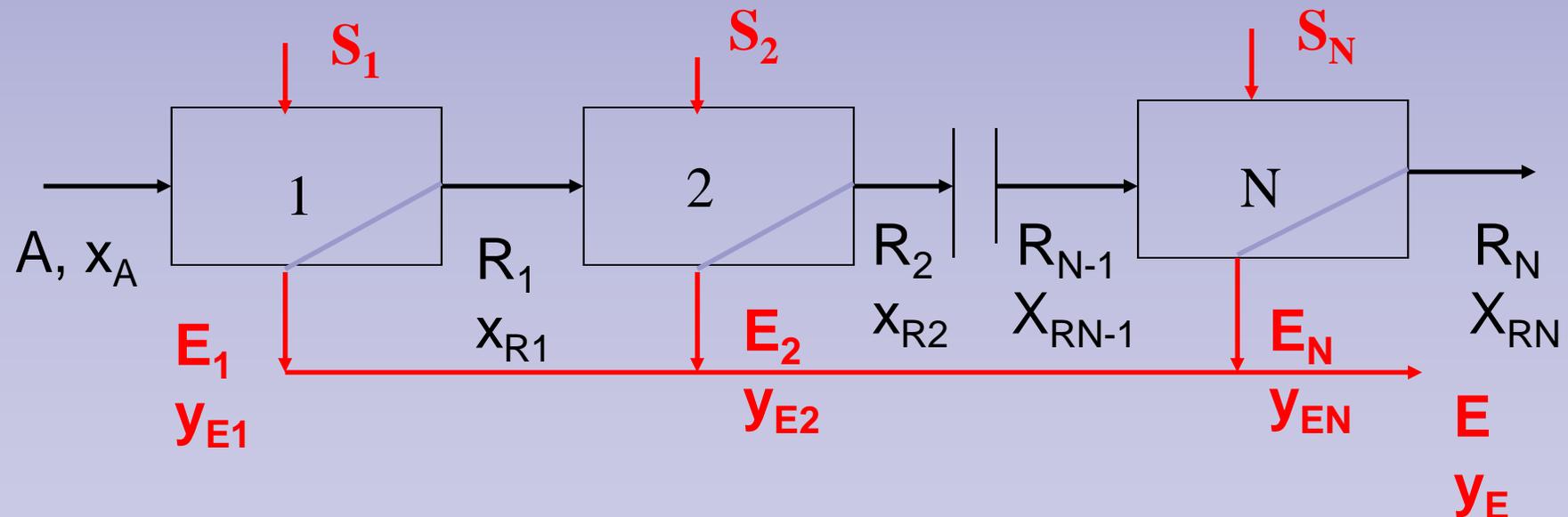
CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES
CÁLCULO DE SISTEMAS MEZCLADOR-SEDIMENTADOR SIMPLE



3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES SISTEMAS MEZCLADOR-SEDIMENTADOR DE VARIAS ETAPAS

* Entrada independiente de disolvente



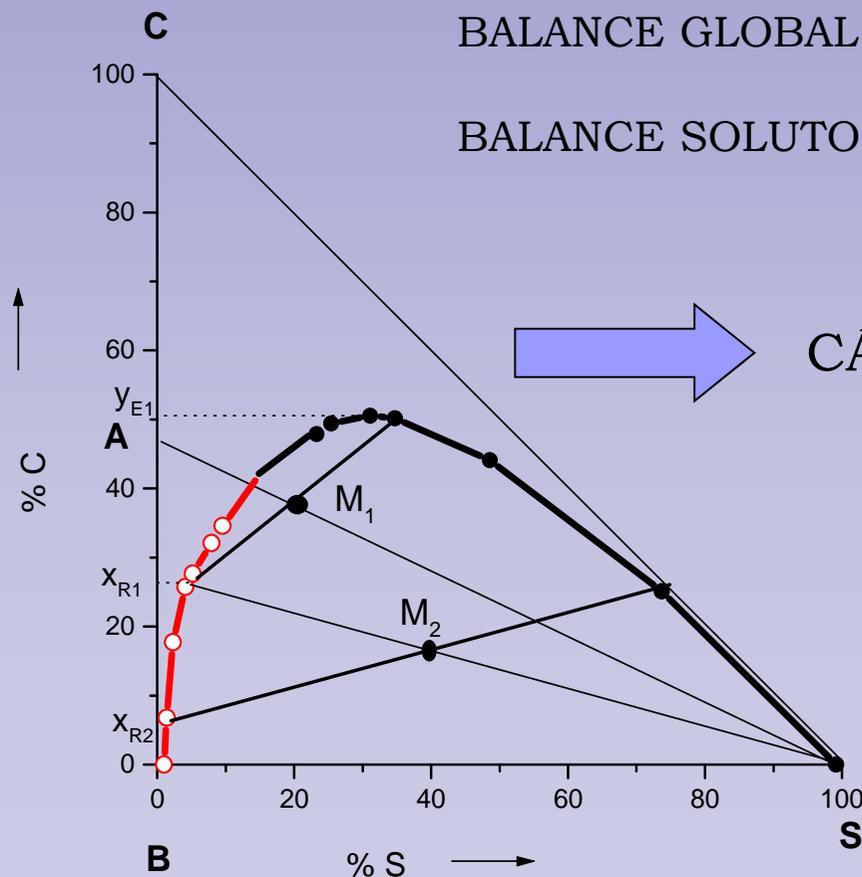
3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES SISTEMAS MEZCLADOR-SEDIMENTADOR DE VARIAS ETAPAS

ETAPA 1

$$\text{BALANCE GLOBAL } A+S_1 = R_1 + E_1 = M_1$$

$$\text{BALANCE SOLUTO A } x_A + S_1 y_{S1} = R_1 x_{R1} + E_1 y_{E1} = M_1 z_1$$



CÁLCULO x_{R1} e y_{E1}

BALANCE DE MATERIA

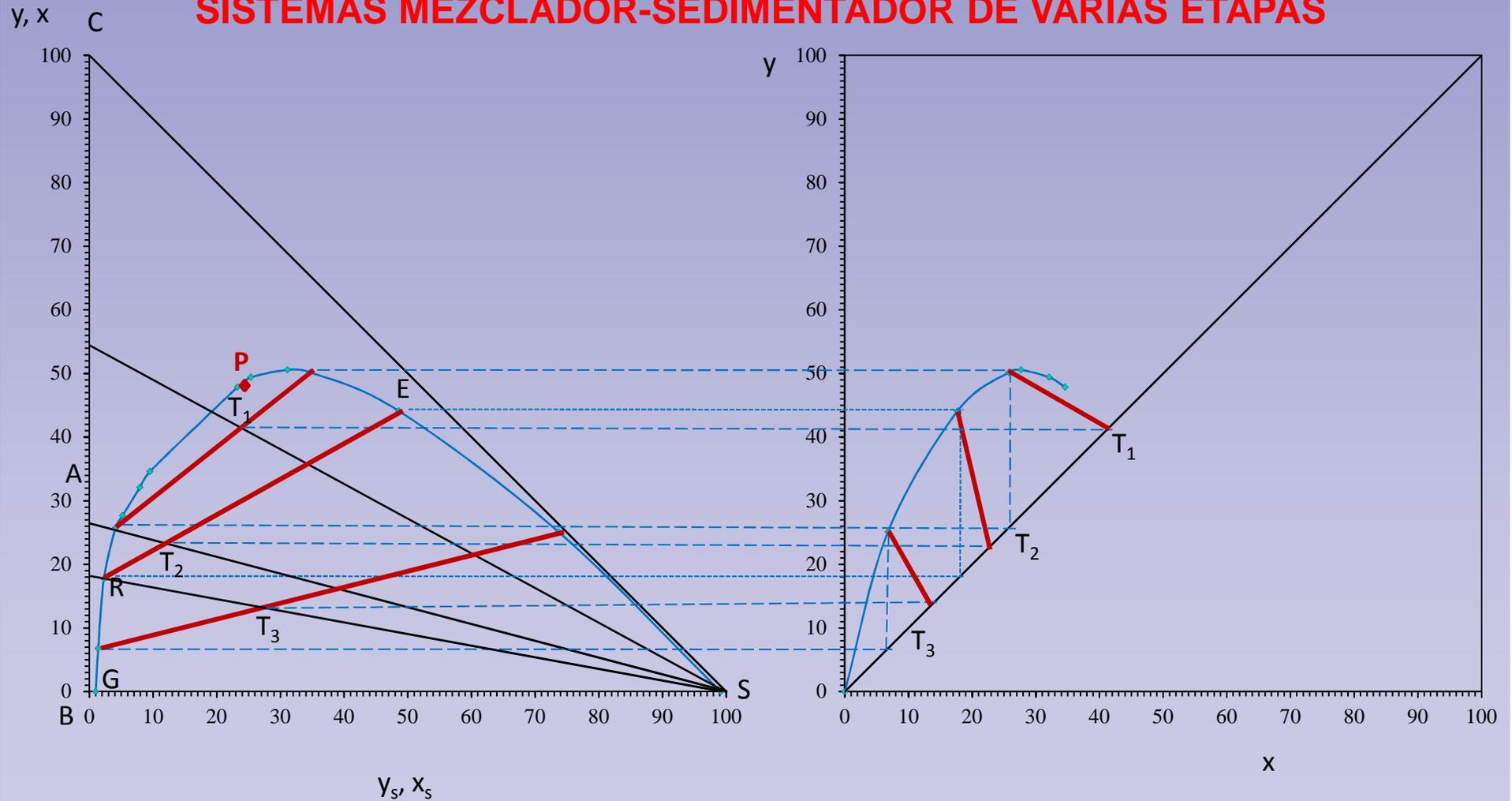
E_1 y R_1

ETAPA 2

3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B: DILUYENTE+DISOLVENTE PARCIALMENTE MISCIBLES

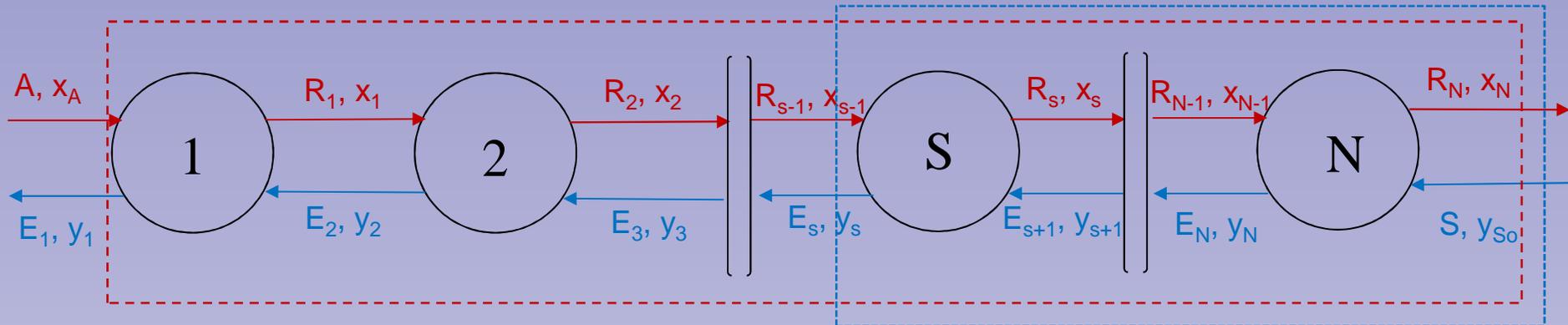
SISTEMAS MEZCLADOR-SEDIMENTADOR DE VARIAS ETAPAS



3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B

EXTRACCIÓN CONTINUA EN MULTIETAPAS EN CONTRACORRIENTE



$$A + S = E_1 + R_N = T$$

$$A \cdot x_A + S \cdot y_{S_0} = E_1 \cdot y_1 + R_N \cdot x_N = T \cdot z$$

$$z = \frac{A \cdot x_A + S \cdot y_{S_0}}{A + S}$$

$$R_N - S = A - E_1 = \Delta_R$$

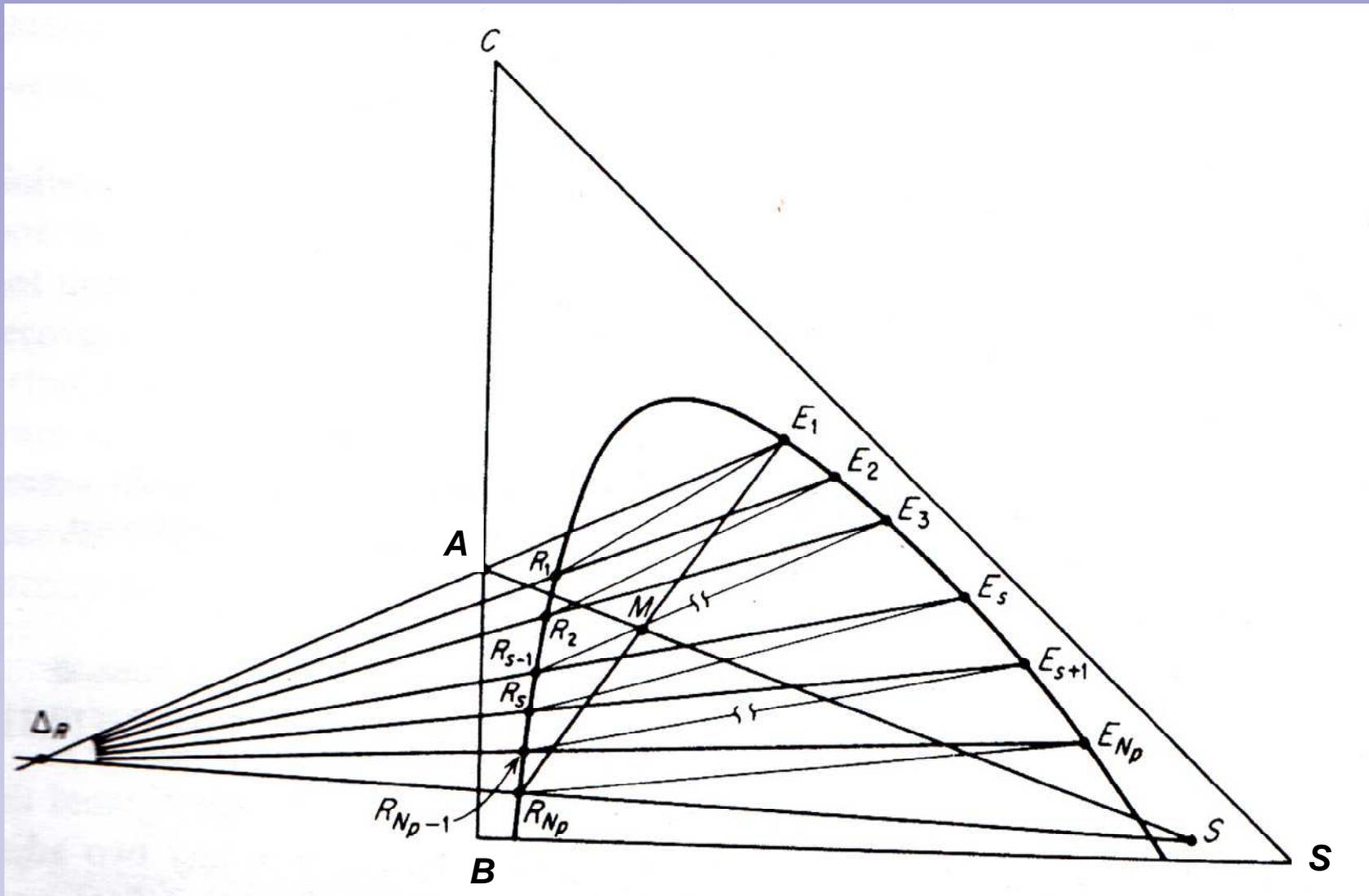
$$R_{N-1} + S = R_N + E_N$$

$$R_N - S = R_{N-1} - E_N = \Delta_R$$

3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B

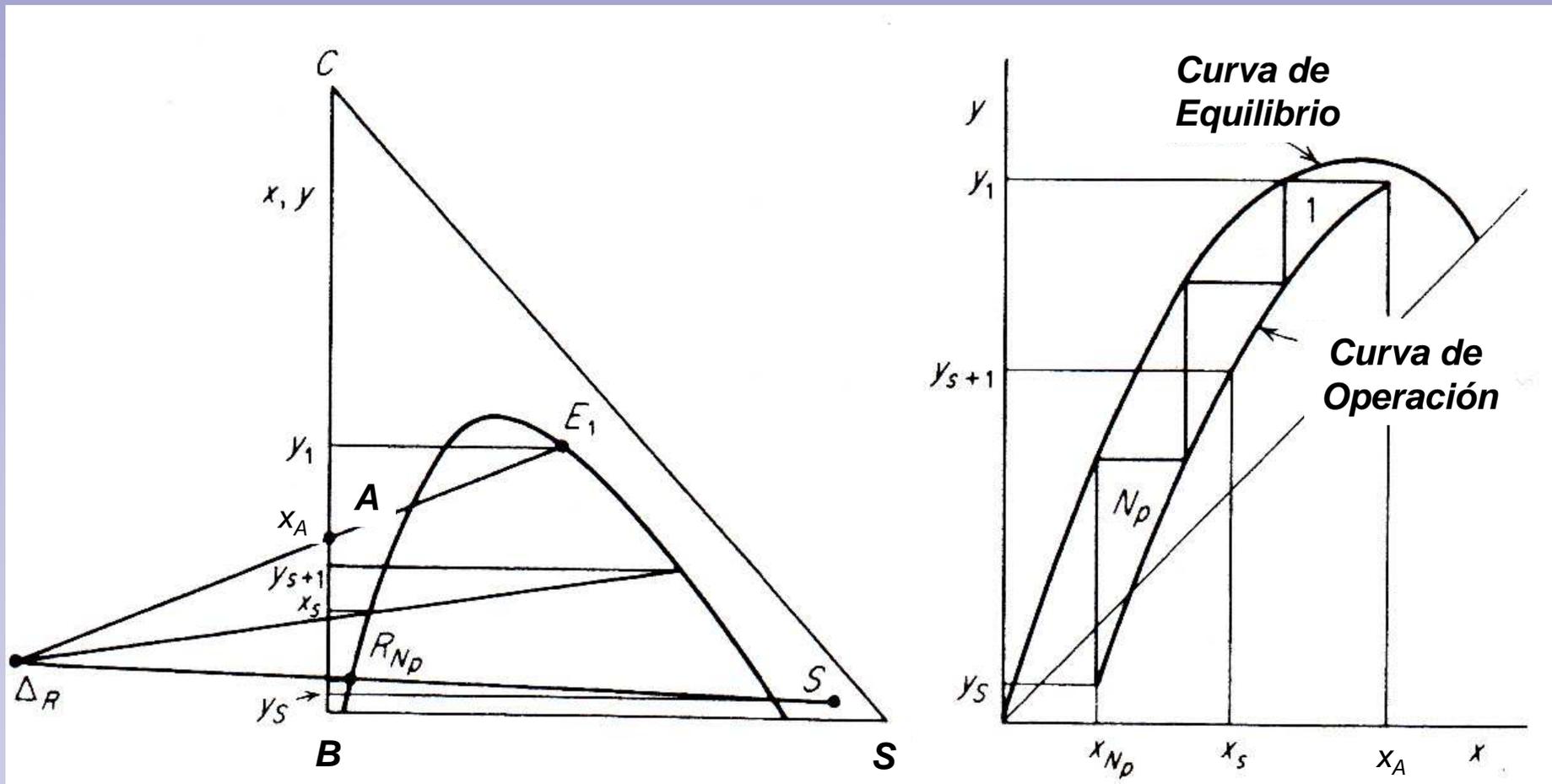
EXTRACCIÓN CONTINUA EN MULTIETAPAS EN CONTRACORRIENTE



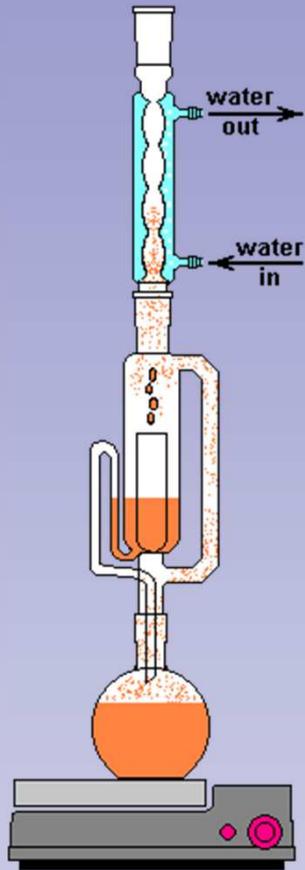
3.3. Resolución basada en el equilibrio

CASO B

EXTRACCIÓN CONTINUA EN MULTIETAPAS EN CONTRACORRIENTE



LIXIVIACION (EQUIPOS)



Extractor Soxhlet

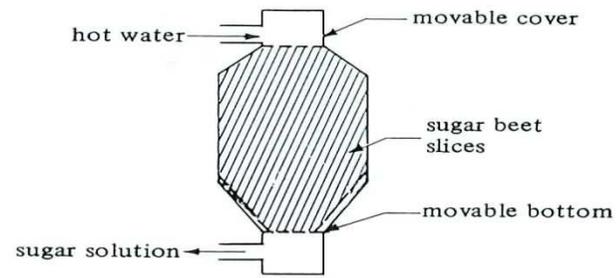


FIGURE 12.8-1. Typical fixed-bed apparatus for sugar beet leaching.

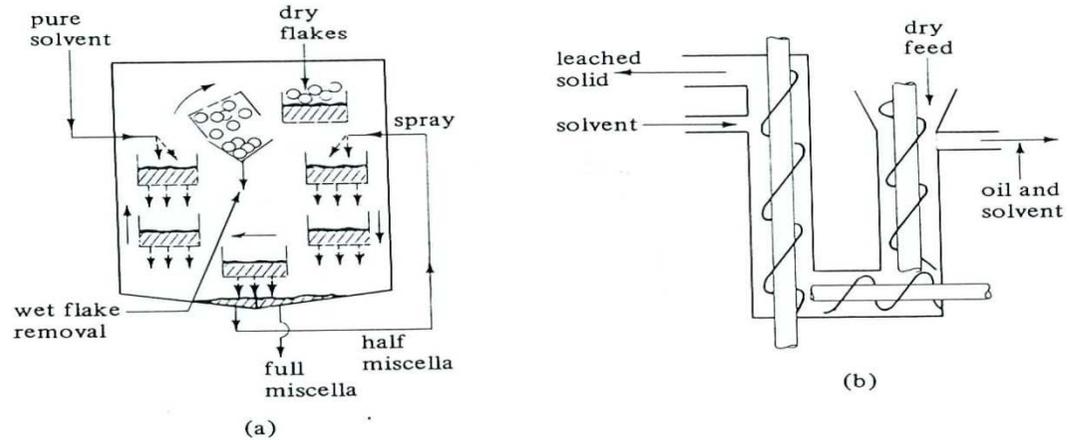


FIGURE 12.8-2. Equipment for moving-bed leaching: (a) Bollman bucket-type extractor, (b) Hildebrandt screw-conveyor extractor.

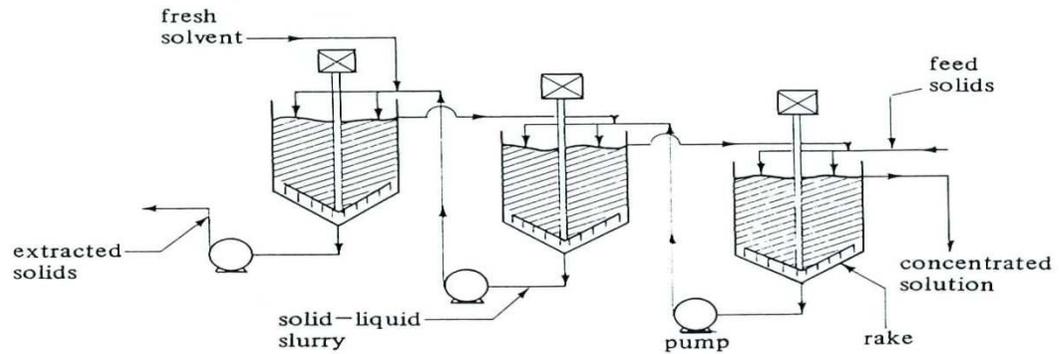


FIGURE 12.8-3. Countercurrent leaching using thickeners.