

# **EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. SELECCIÓN DEL DISOLVENTE**
- 3. EXTRACCIÓN DE MEZCLAS BINARIAS**
  - 3.1 Diagramas de equilibrio**
  - 3.2 Extracción en una etapa de equilibrio**
  - 3.3 Extracción en varias etapas de equilibrio en serie**
  - 3.4 Extracción en una cascada de etapas de equilibrio**
  - 3.5 Extracción con reflujo**
- 4. EXTRACCIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES**
- 5. EXTRACCIÓN EN FLUIDOS SUPERCRÍTICOS**

# EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

## 1. INTRODUCCIÓN

### RAZONES DE EQUILIBRIO

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

$$K = f(T, comp)$$

## 2. SELECCIÓN DEL DISOLVENTE

SELECTIVIDAD

SOLUBILIDAD

$$\alpha_{ij} = \frac{y_i/x_i}{y_j/x_j} = \frac{K_i}{K_j} \quad \alpha_{ij} \neq 1$$

INSOLUBILIDAD DE COMPONENTES INDESEABLES

RECUPERABILIDAD

DENSIDAD  $\longrightarrow$  DIFERENCIA DE DENSIDAD ENTRE LAS FASES

TENSIÓN INTERFACIAL  $\longrightarrow$  EFECTOS CONTRAPUESTOS

REACTIVIDAD Y CORROSIVIDAD

VISCOSIDAD

INFLAMABILIDAD

TOXICIDAD

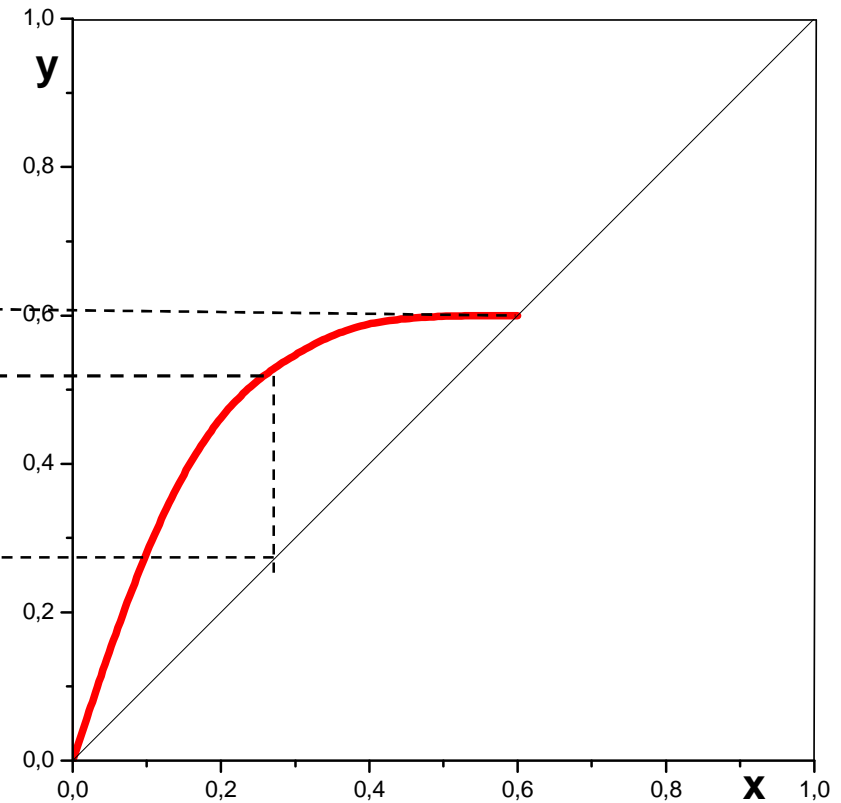
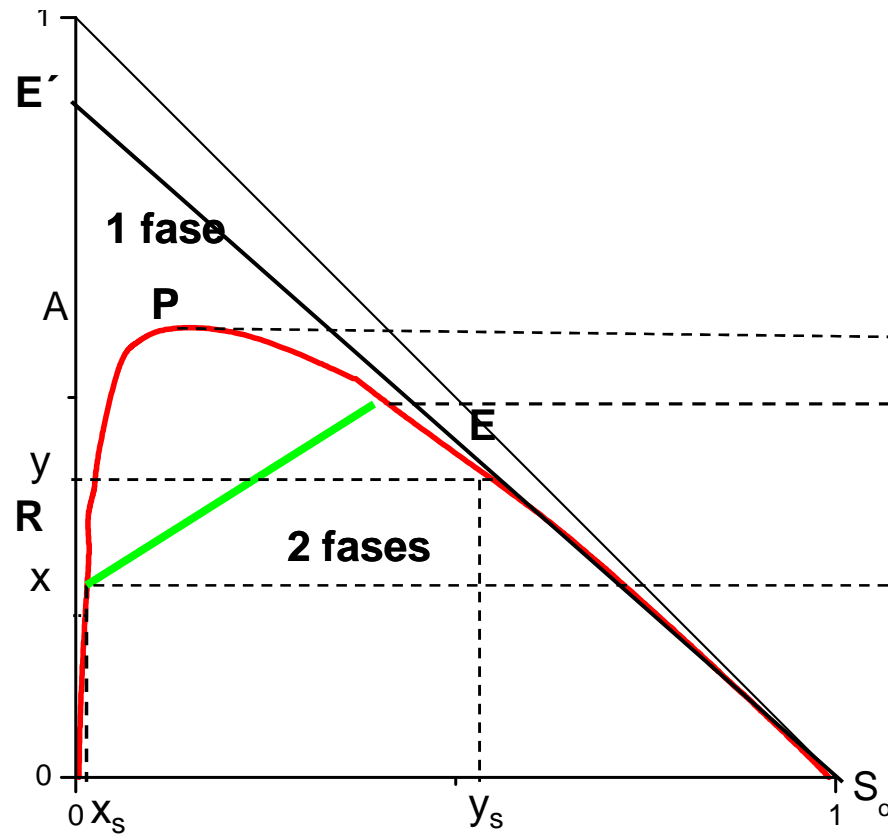
COSTE

# 3. EXTRACCIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

## 3. 1. DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO

TRIANGULARES RECTANGULARES

DE DISTRIBUCIÓN

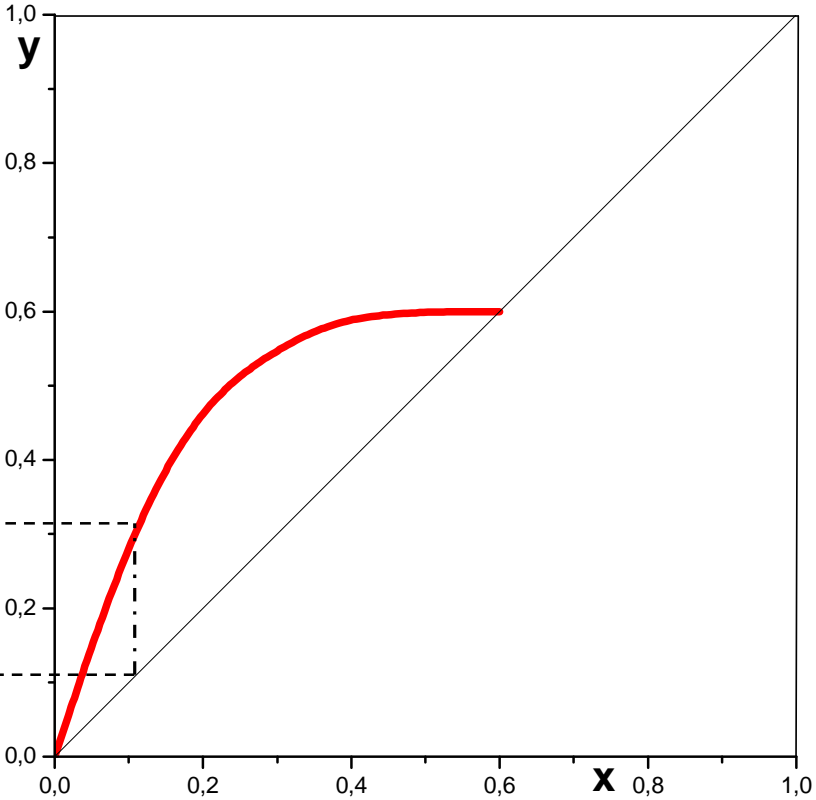
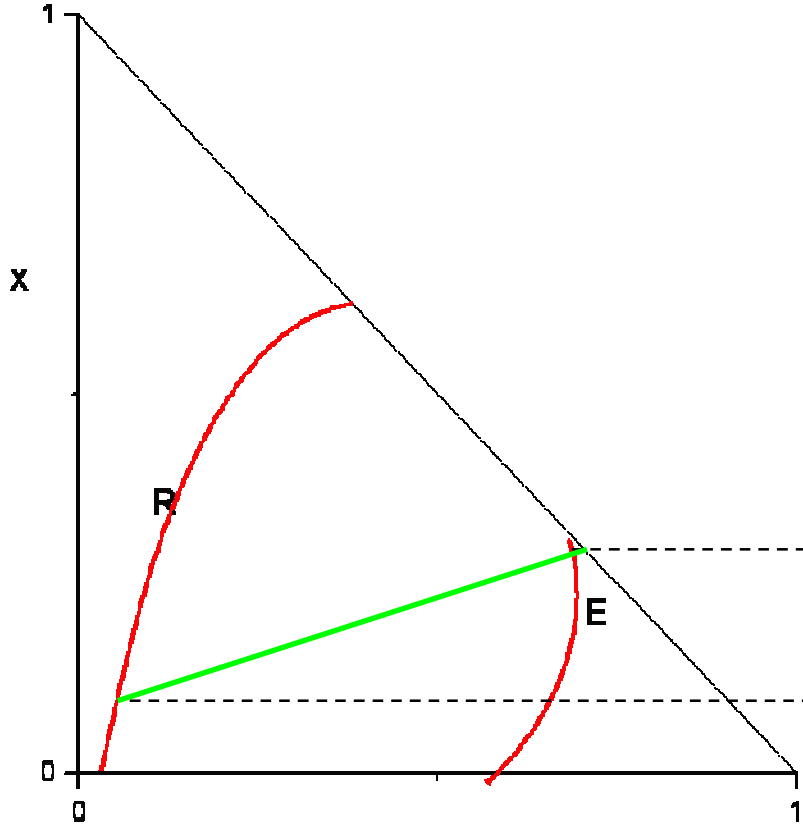


Tipo I: B y S parcialmente miscibles

# 3. 1. DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO

TRIANGULARES RECTANGULARES

DE DISTRIBUCIÓN

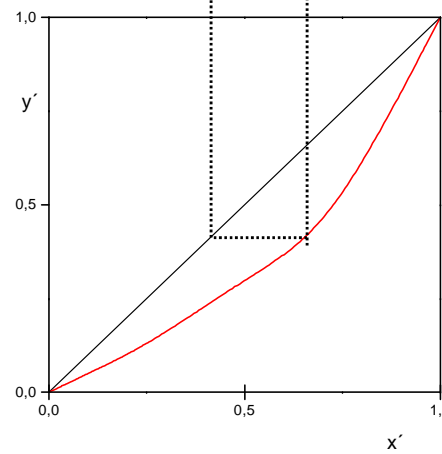
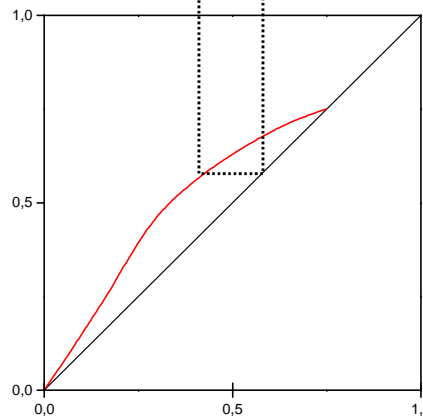
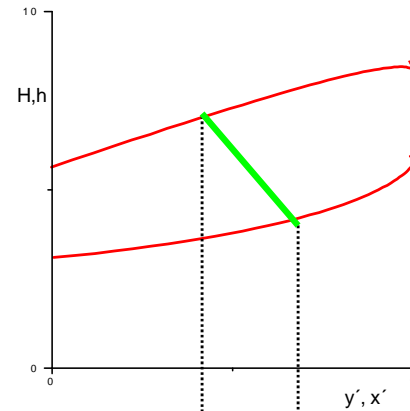
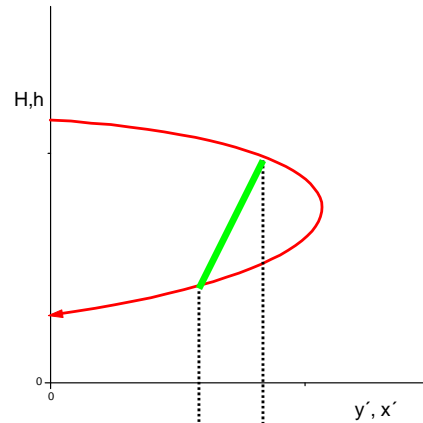


Tipo II: B-S y C-S parcialmente miscibles

# DIAGRAMAS DE DISOLVENTE

$$H, h = \frac{S}{B + C}$$

$$y', x' = \frac{C}{B + C}$$



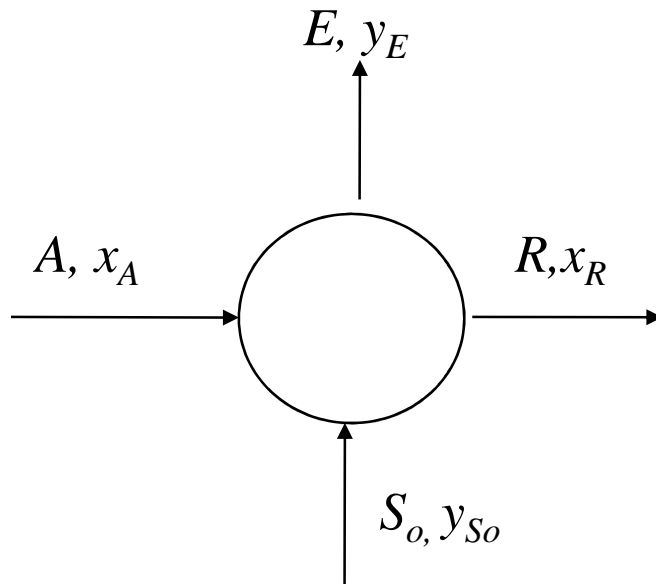
Tipo I: B-S parcialmente miscibles

Tipo II: B-S y C-S parcialmente miscibles

### 3. 2. EXTRACCIÓN EN UNA ETAPA DE EQUILIBRIO

**Variables de diseño:**  $A, x_A, S_o, y_{S_o}$

**Variables de estado:**  $E, y_E, R, x_R$

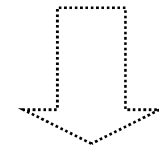


### Balances de materia

$$A + S_o = E + R = T$$

$$A x_A + S_o y_{S_o} = \\ = E y_E + R x_R = T z_T$$

### Diagramas de equilibrio

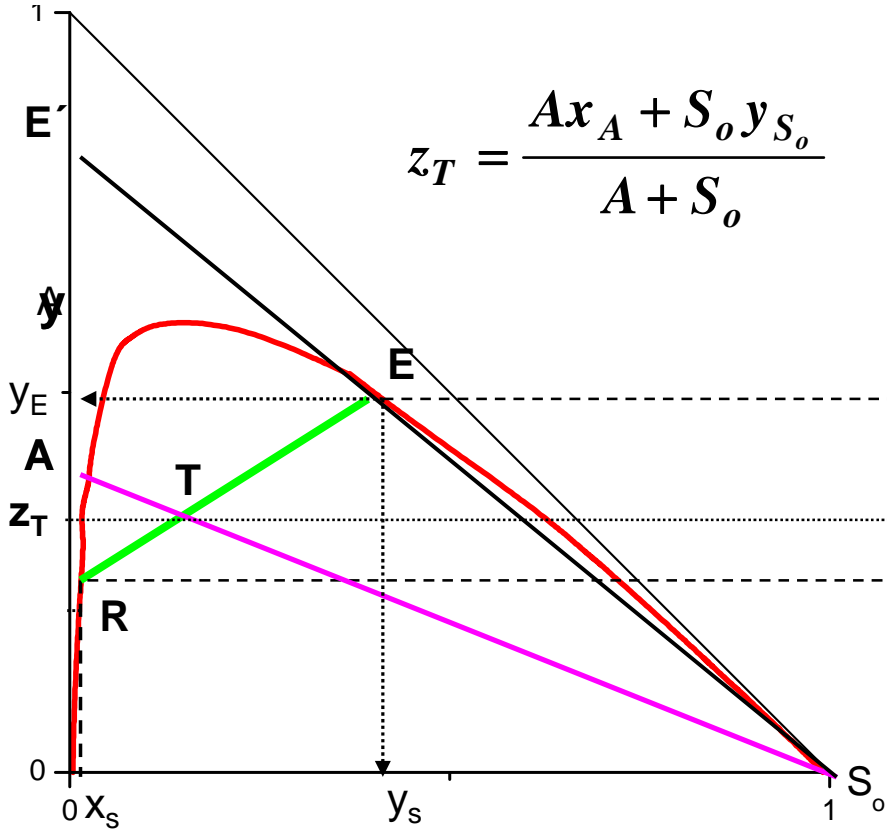


**Triangulares**

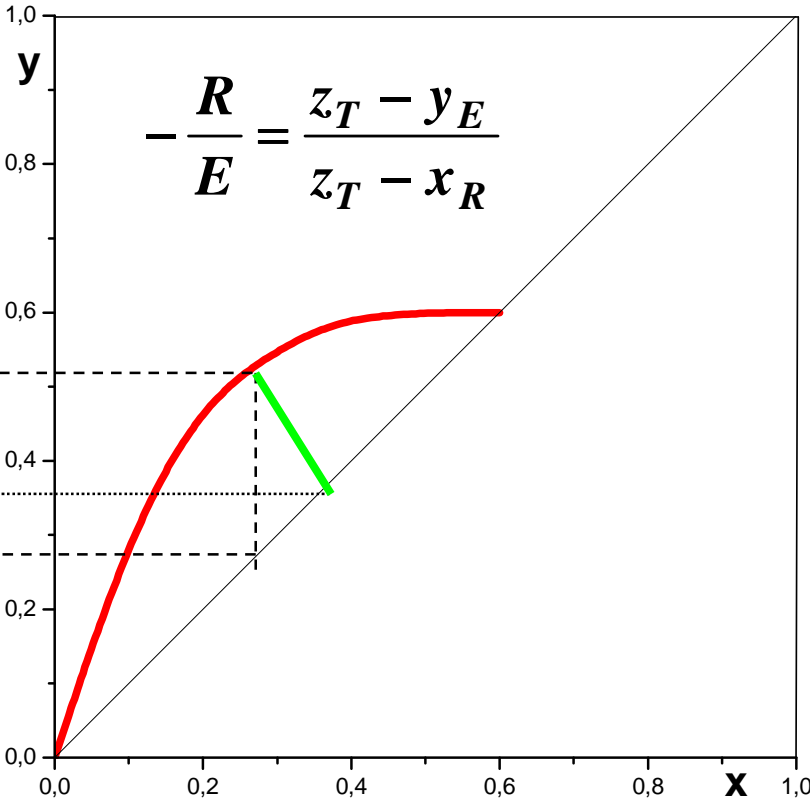
**De disolvente**

## 3. 2. EXTRACCIÓN EN UNA ETAPA DE EQUILIBRIO

**DIAGRAMA TRIANGULAR RECTANGULAR**



**Método de Hunter y Nasch**





### 3. 2. EXTRACCIÓN EN UNA ETAPA DE EQUILIBRIO

Línea de Operación

Pendiente:

$$-\frac{R}{E} = \frac{z_T - y_E}{z_T - x_R}$$

Ecuación:

$$y = -\frac{R}{E}x + z_T \left( \frac{E + R}{E} \right)$$

**Caudales de extracto y refinado**

$$E = (A + S_o) \frac{z_T - x_R}{y_E - x_R}$$

$$\frac{E}{R} = \frac{\overline{RT}}{\overline{ET}}$$

**Caudales de disolvente**

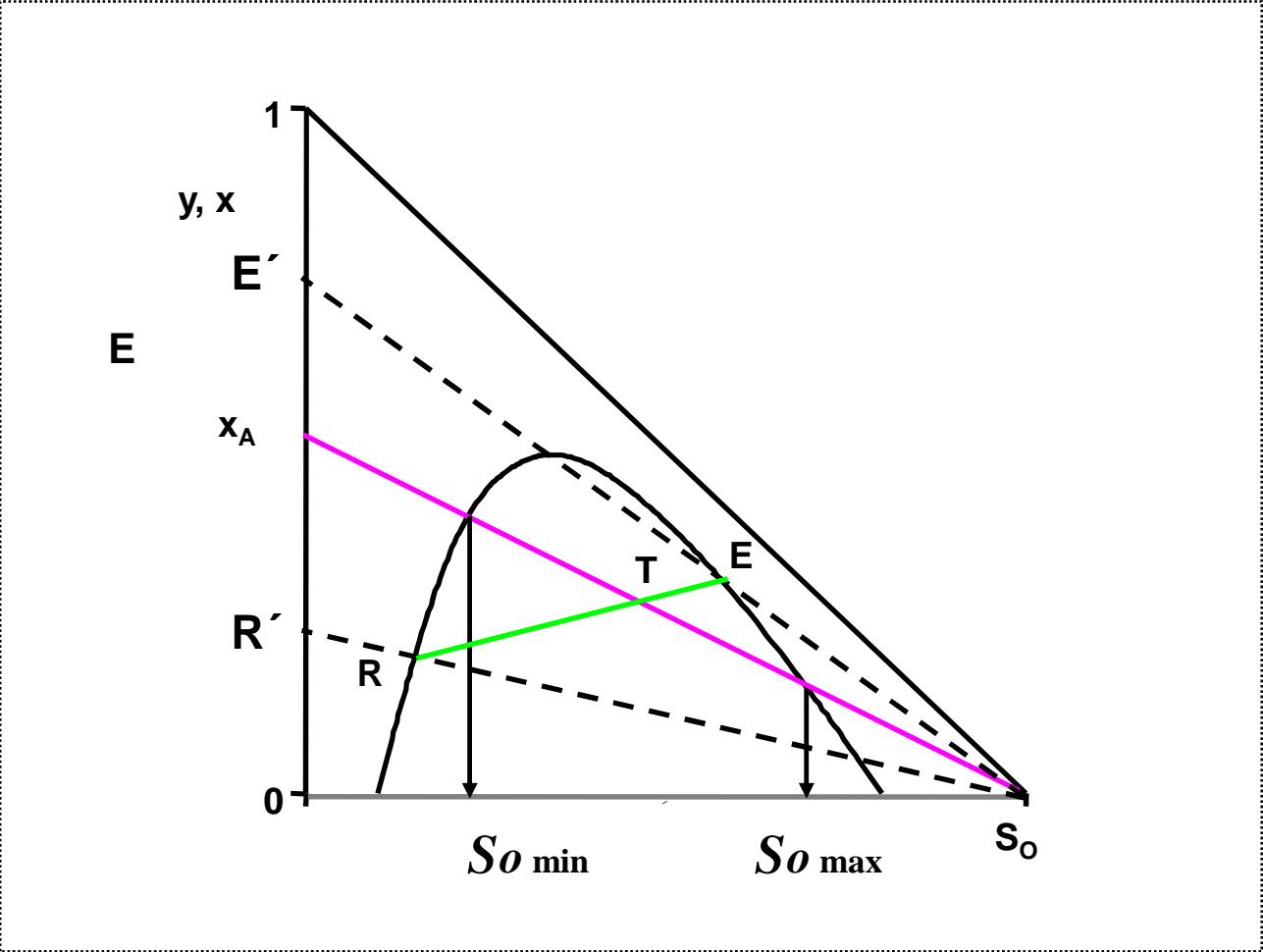
$$S_o = A \frac{x_A - z_T}{z_T - y_{S_o}}$$

$$\frac{S_o}{A} = \frac{\overline{AT}}{\overline{S_o T}}$$

### 3. 2. EXTRACCIÓN EN UNA ETAPA DE EQUILIBRIO

DIAGRAMA TRIANGULAR RECTANGULAR

Método de Hunter y Nasch

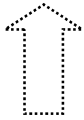


### 3. 2. EXTRACCIÓN EN UNA ETAPA DE EQUILIBRIO

DIAGRAMA DISOLVENTE

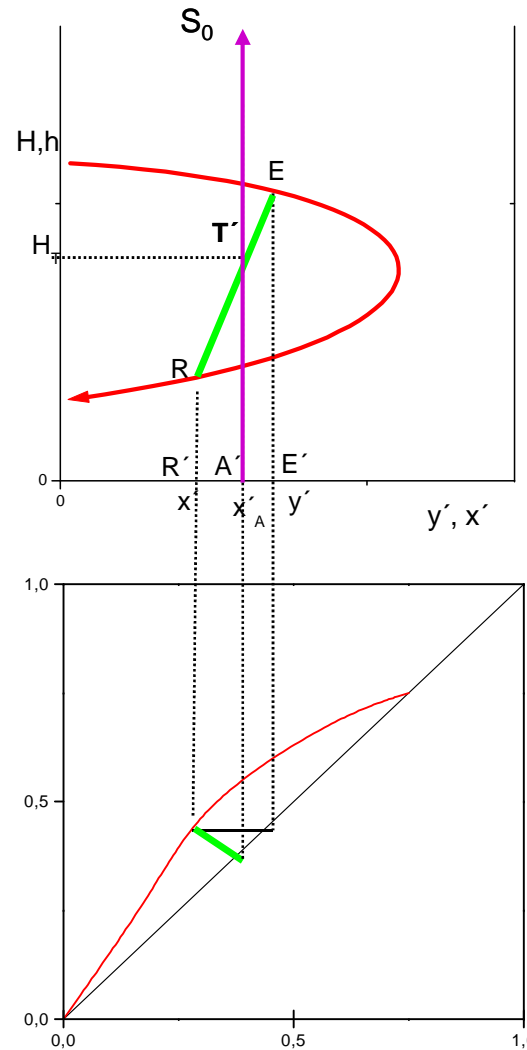
Método de Malony y Schubert

$$H_T = \frac{S_o' H_{S_o} + A' h_A}{T'} \gg \frac{S_o}{A'}$$



**Disolvente en T**

**(Todo- disolvente)**



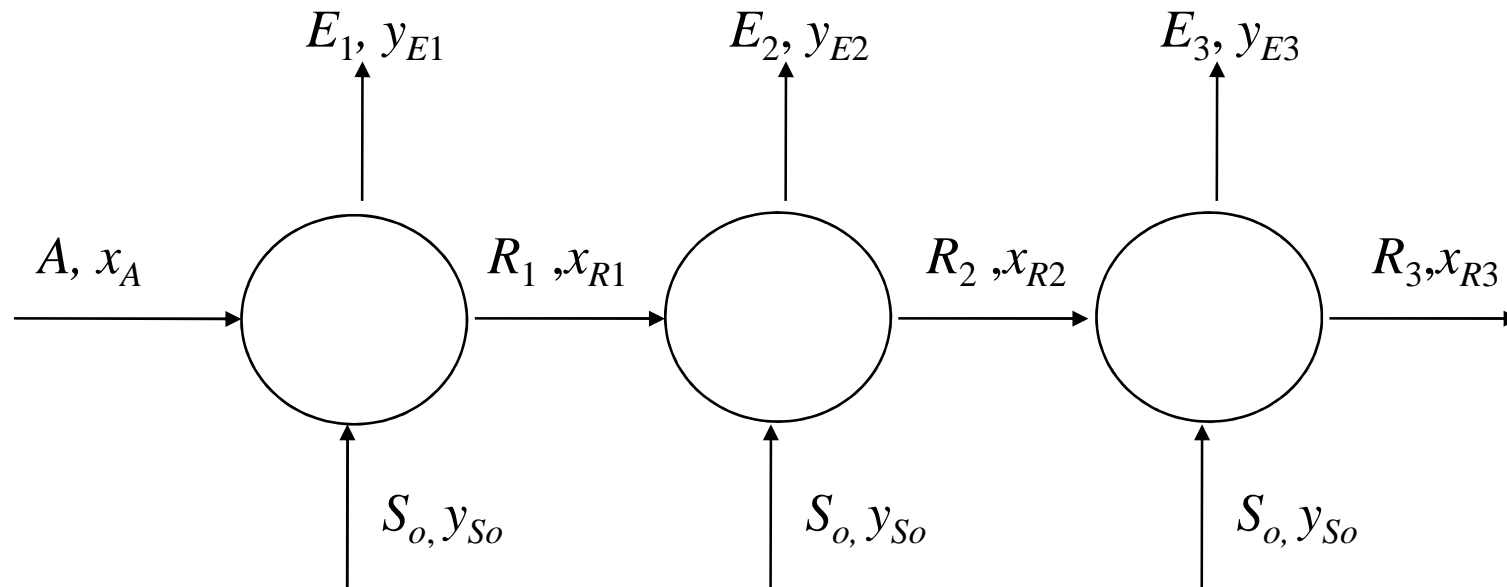
$$A' + S_o' = E' + R'$$

$$\begin{aligned} A'x'_A + S_o'y'_{S_o} &= \\ &= E'y'_E + R'x'_R = \\ &= T'z'_T \end{aligned}$$

$$z'_T = \frac{A'x'_A + S_o'y'_{S_o}}{A' + S_o'}$$

$$-\frac{R'}{E'} = \frac{z'_T - y'_E}{z'_T - x'_R}$$

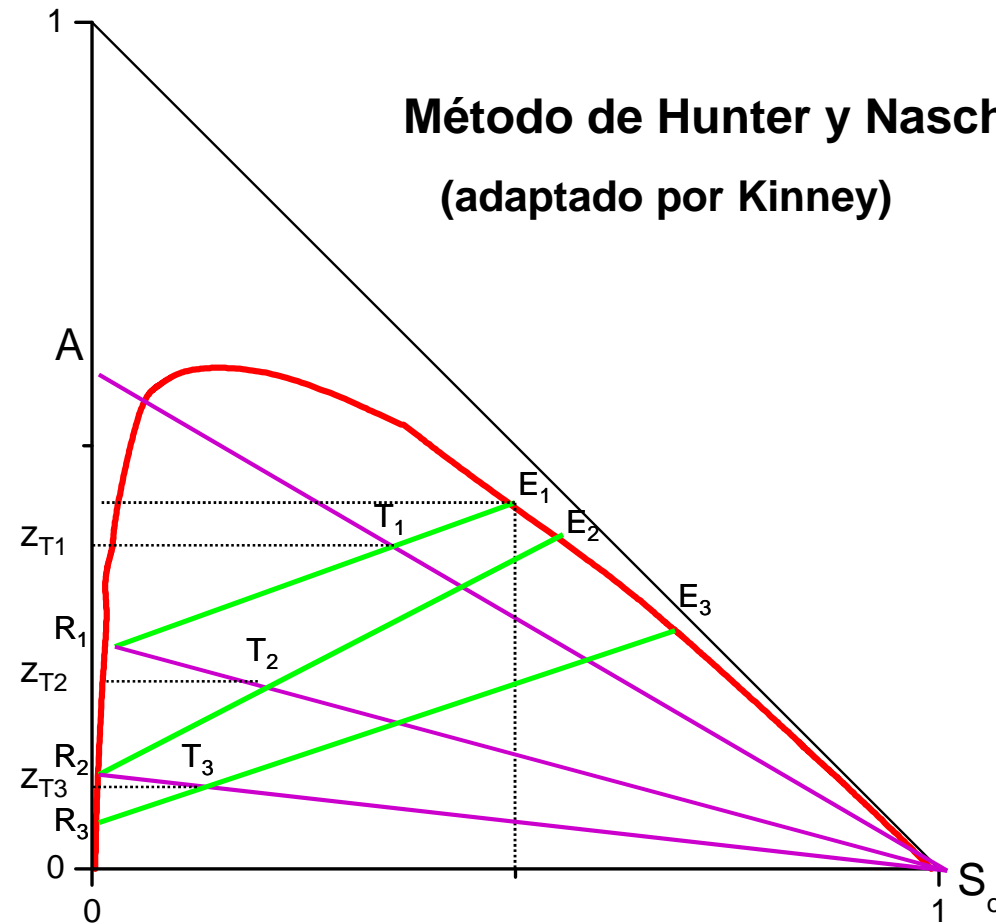
### 3. 3. EXTRACCIÓN EN VARIAS ETAPAS DE EQUILIBRIO EN SERIE



### 3. 3. EXTRACCIÓN EN VARIAS ETAPAS DE EQUILIBRIO EN SERIE

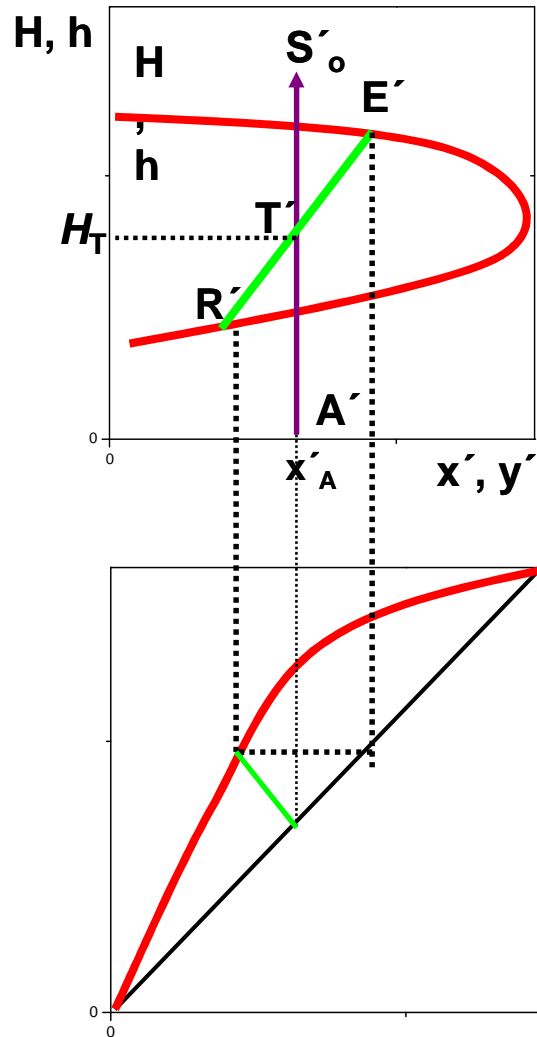
#### DIAGRAMA TRIANGULAR RECTANGULAR

Método de Hunter y Nasch  
(adaptado por Kinney)



### 3. 3. EXTRACCIÓN EN VARIAS ETAPAS DE EQUILIBRIO EN SERIE

#### DIAGRAMA DISOLVENTE



#### Método de Malony y Schubert

##### Balances de materia

$$\text{Total: } A' + S'_o = E' + R' = T'$$

$$\text{Soluto: } A' x'_A + S'_o y'_{S_o} = E' y'_E + R' x'_R = T' z'_T$$

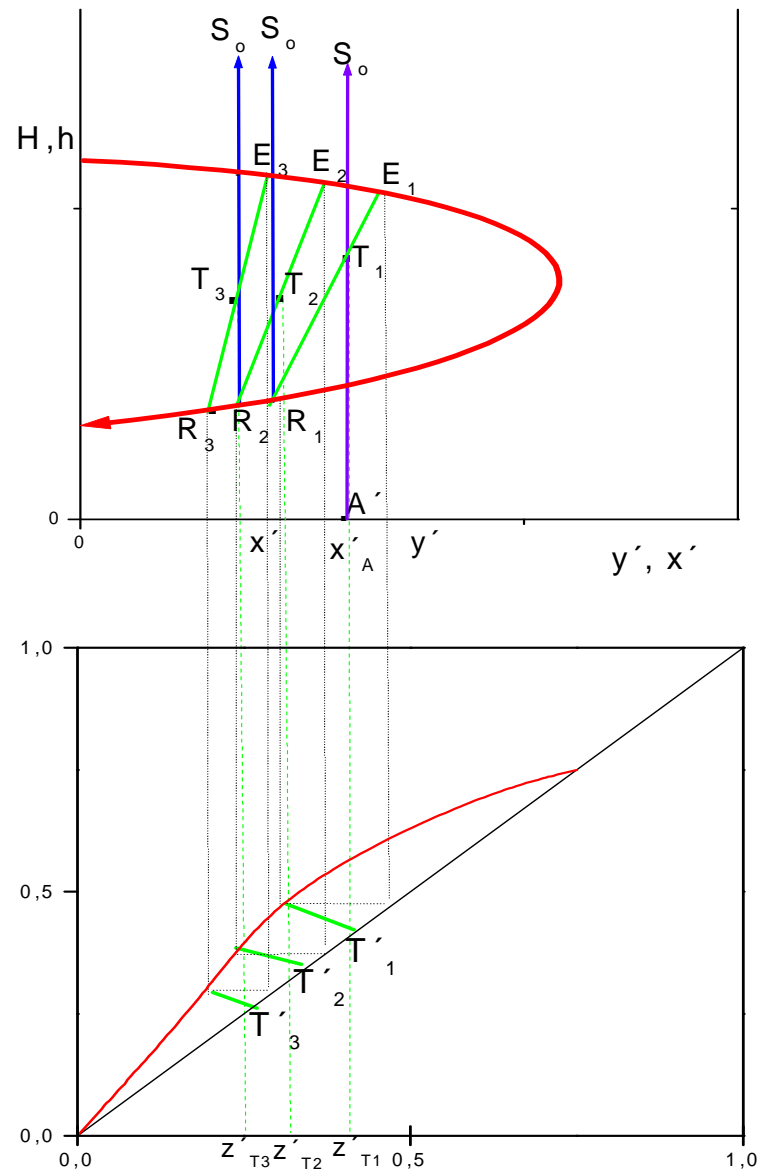
$$z'_T = \frac{A' x'_A + S'_o y'_{S_o}}{A' + S'_o}$$

$$H_T = \frac{\text{Disolvente en } T}{\text{Todo - disolvente}} = \frac{S'_o h_{S_o} + A' h_A}{T'} \gg \frac{S'_o}{A'}$$

$$-\frac{R'}{E'} = \frac{z'_T - y'_E}{z'_T - x'_R} \quad E' = (A' + S'_o) \frac{z'_T - x'_R}{y'_E - x'_R}$$

$$R' = T' - E'$$

### 3. 3. EXTRACCIÓN EN VARIAS ETAPAS DE EQUILIBRIO EN SERIE



### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

#### VARIABLES DE DISEÑO

Columna de M pisos (sector de agotamiento), 1 Presión Controlante

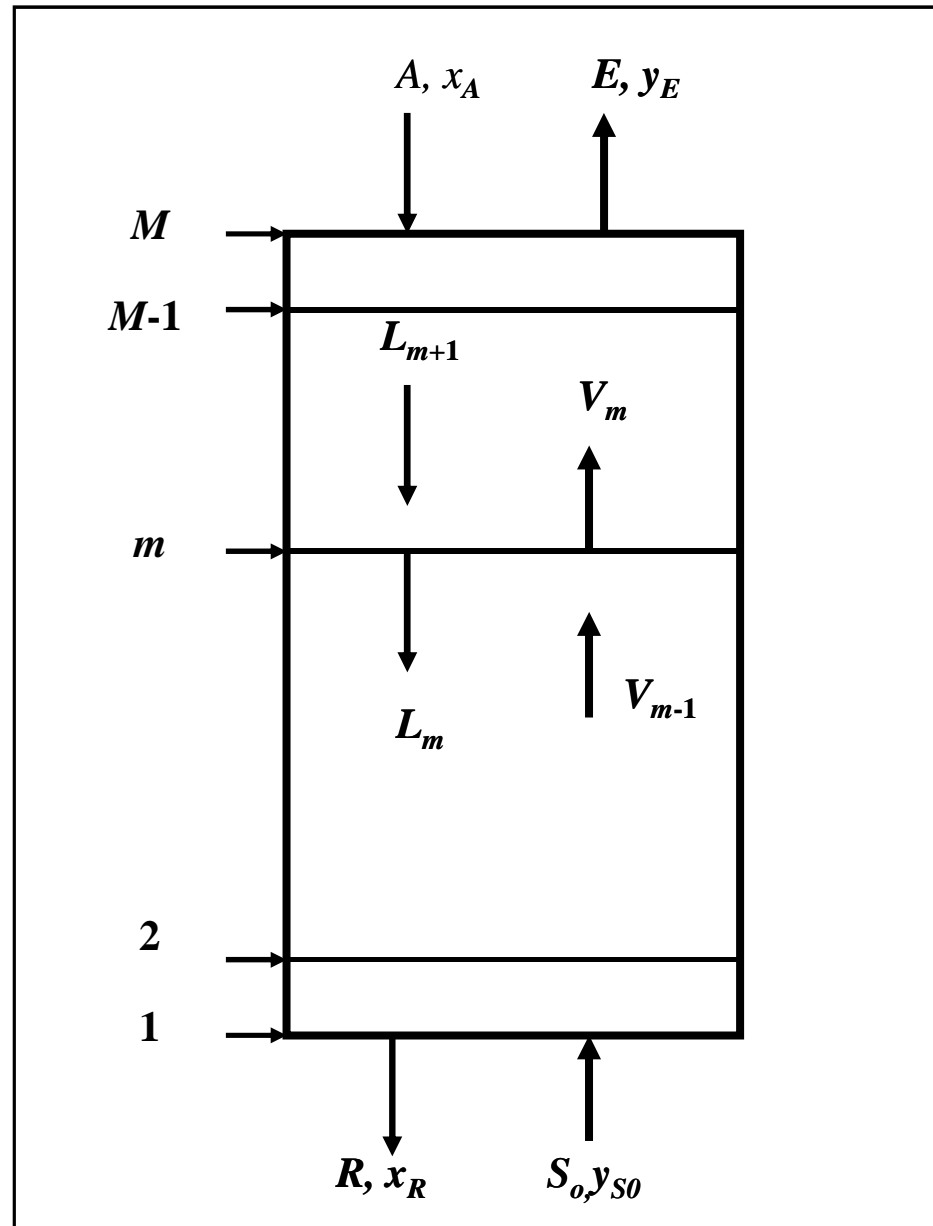
$V_{\text{diseño}} \text{ fijas} = 6 (A, z_A, z_{sA}, T_A, P_A, P_C)$

$$V_{\text{diseño}} = 2C + 6 = 12$$

$V_{\text{diseño}} \text{ libres} = 6 (S_0, y_{S0}, y_{SS0}, T_{S0}, P_{S0}, y_E)$



### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADE DE ETAPAS DE EQUILIBRIO



### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

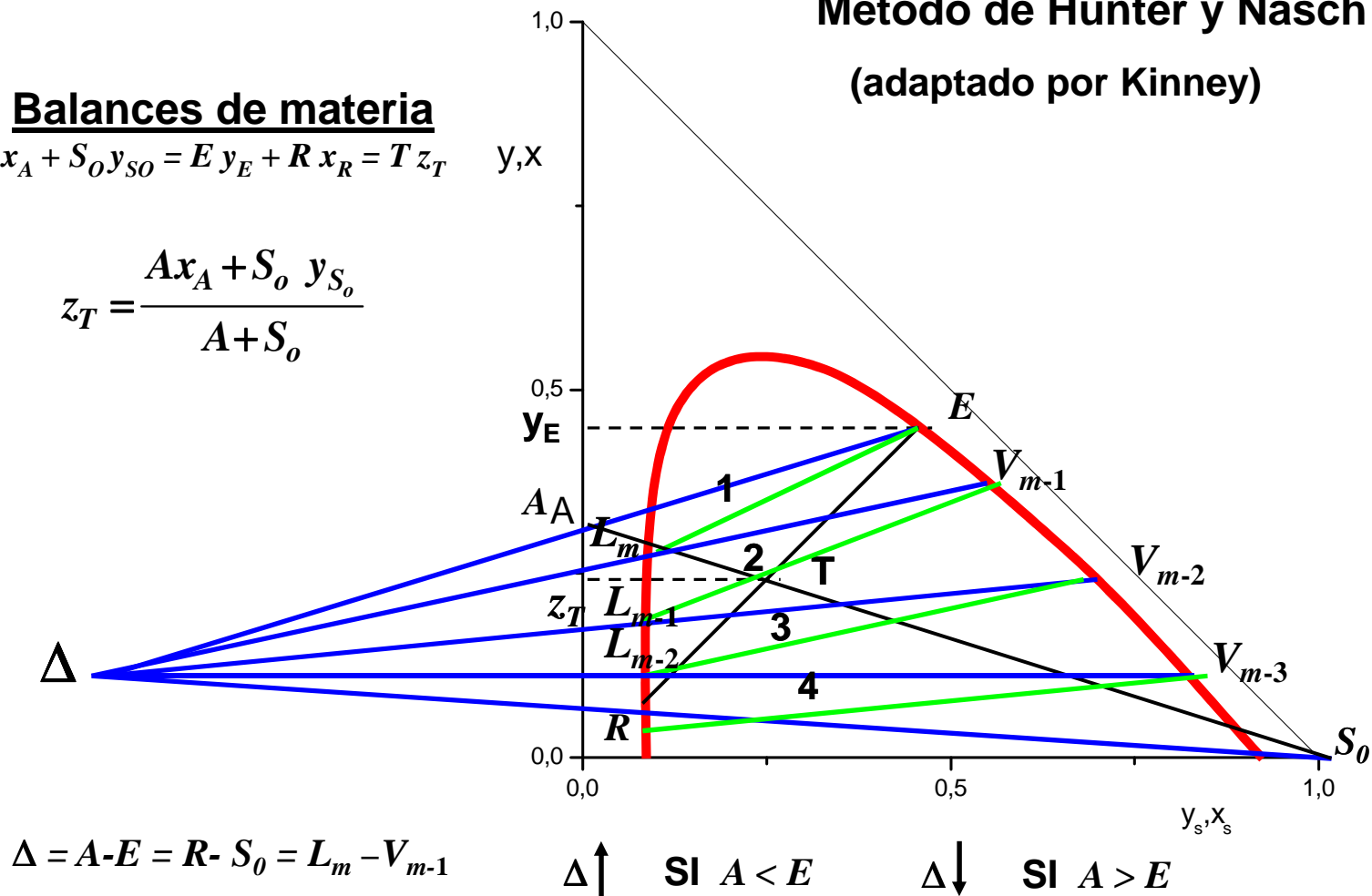
#### DIAGRAMA TRIANGULAR RECTANGULAR

#### Método de Hunter y Nasch (adaptado por Kinney)

#### Balances de materia

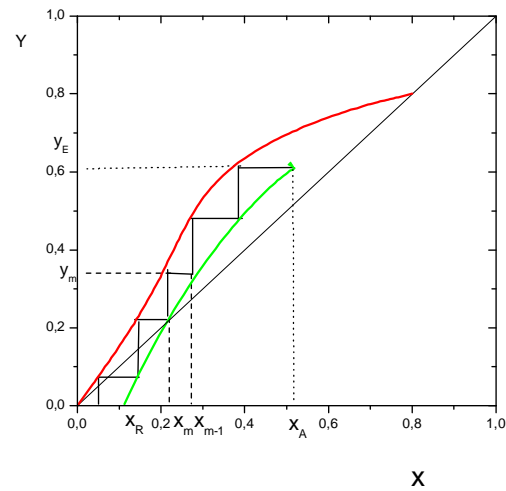
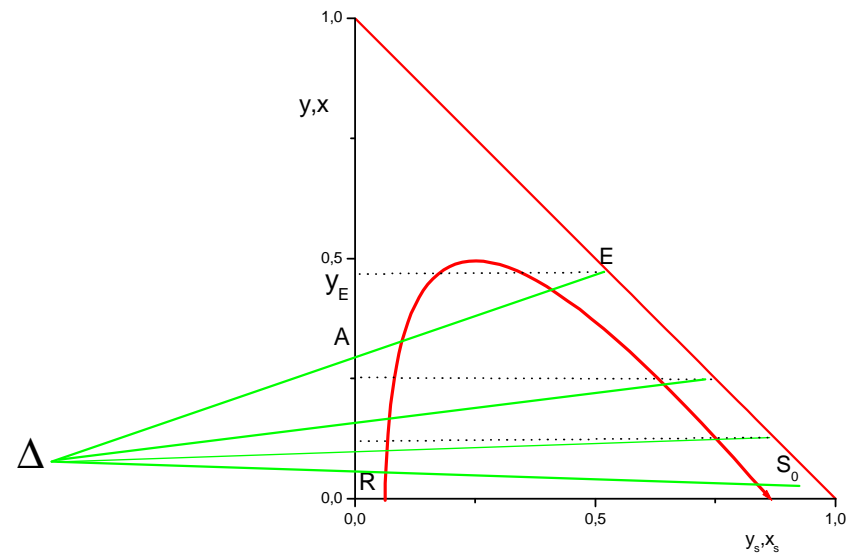
$$A x_A + S_0 y_{S_0} = E y_E + R x_R = T z_T$$

$$z_T = \frac{A x_A + S_0 y_{S_0}}{A + S_0}$$



### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

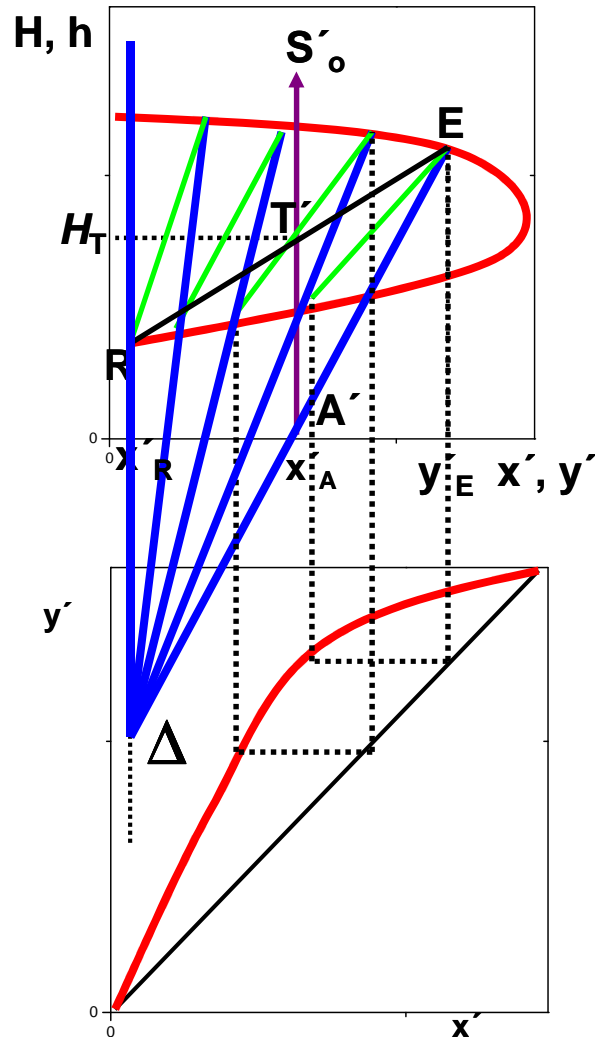
## Método de Varteressian y Fenske



### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

#### DIAGRAMA DISOLVENTE

#### Método de Malony y Schubert



#### Balances de materia

$$\text{Total: } A' + S'_o = E' + R' = T'$$

$$\text{Soluto: } A' x'_A + S'_o y'_{S_o} = E' y'_E + R' x'_R = T' z'_T$$

$$z'_T = \frac{A' x'_A + S'_o y'_{S_o}}{A' + S'_o}$$

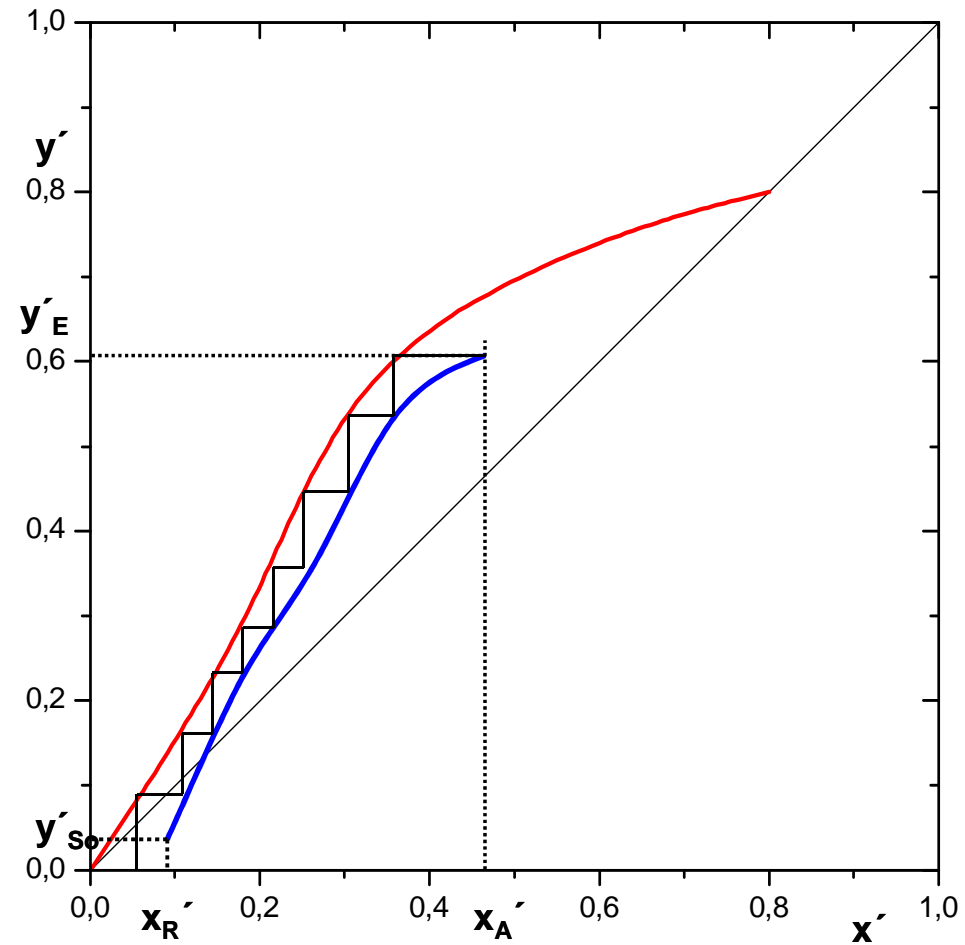
$$H_T = \frac{S_o + h_A}{T'} \approx \frac{S_o}{A'}$$

$$E' = (A' + S'_o) \frac{z'_T - x'_R}{y'_E - x'_R}$$

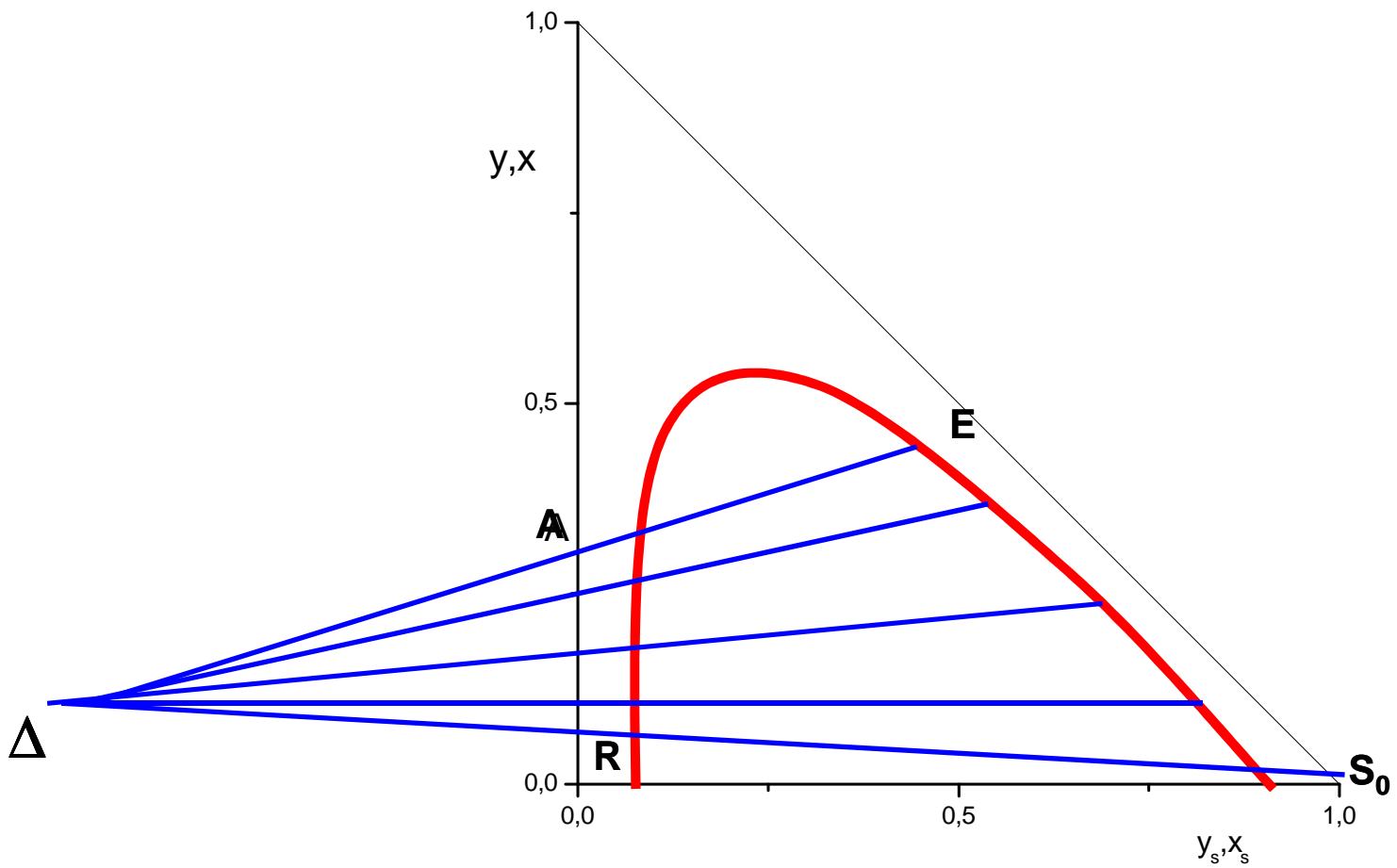
$$R' = T' - E'$$

### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

## Método de Varteressian y Fenske

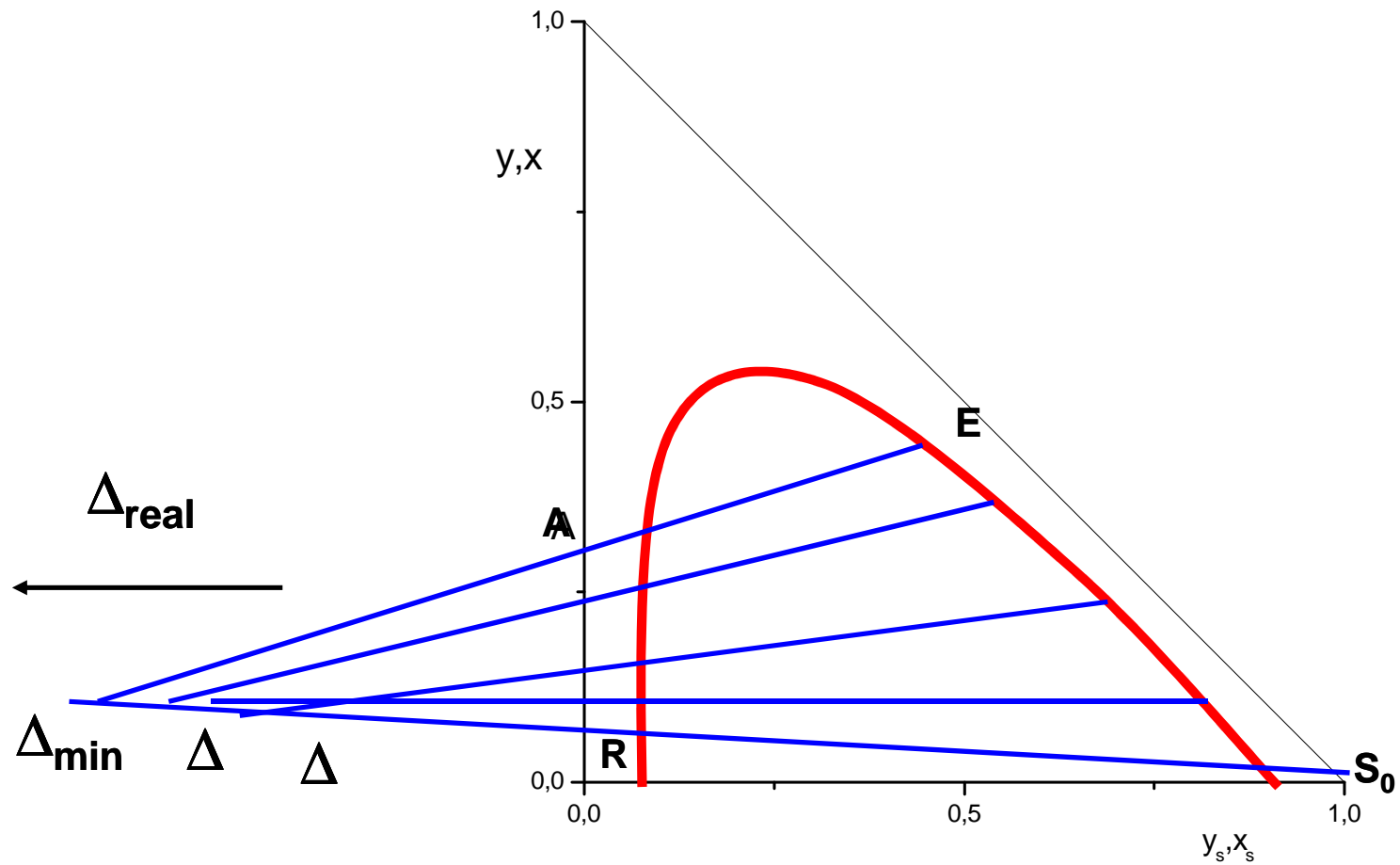


### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO



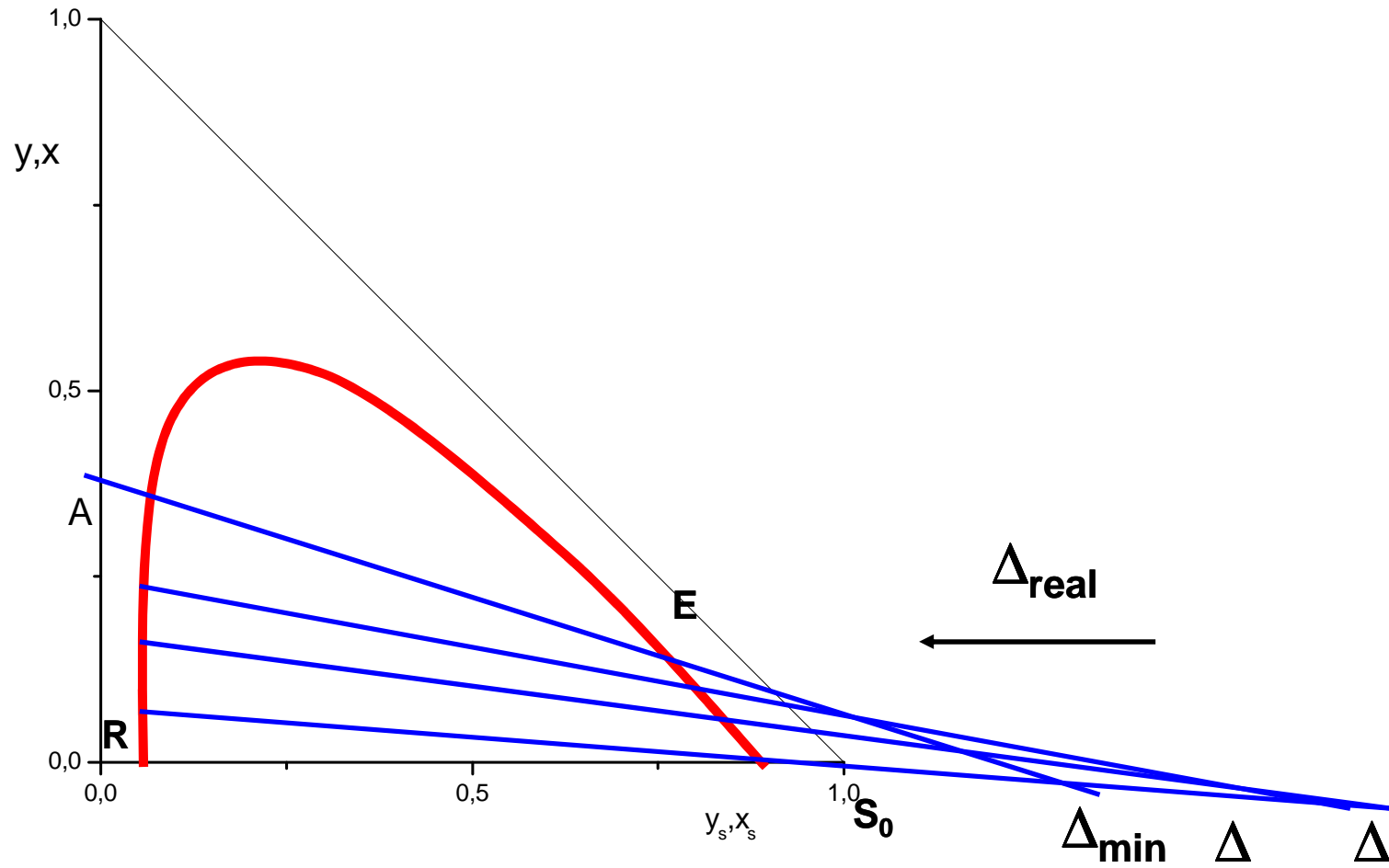
### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

## Condiciones límites de funcionamiento



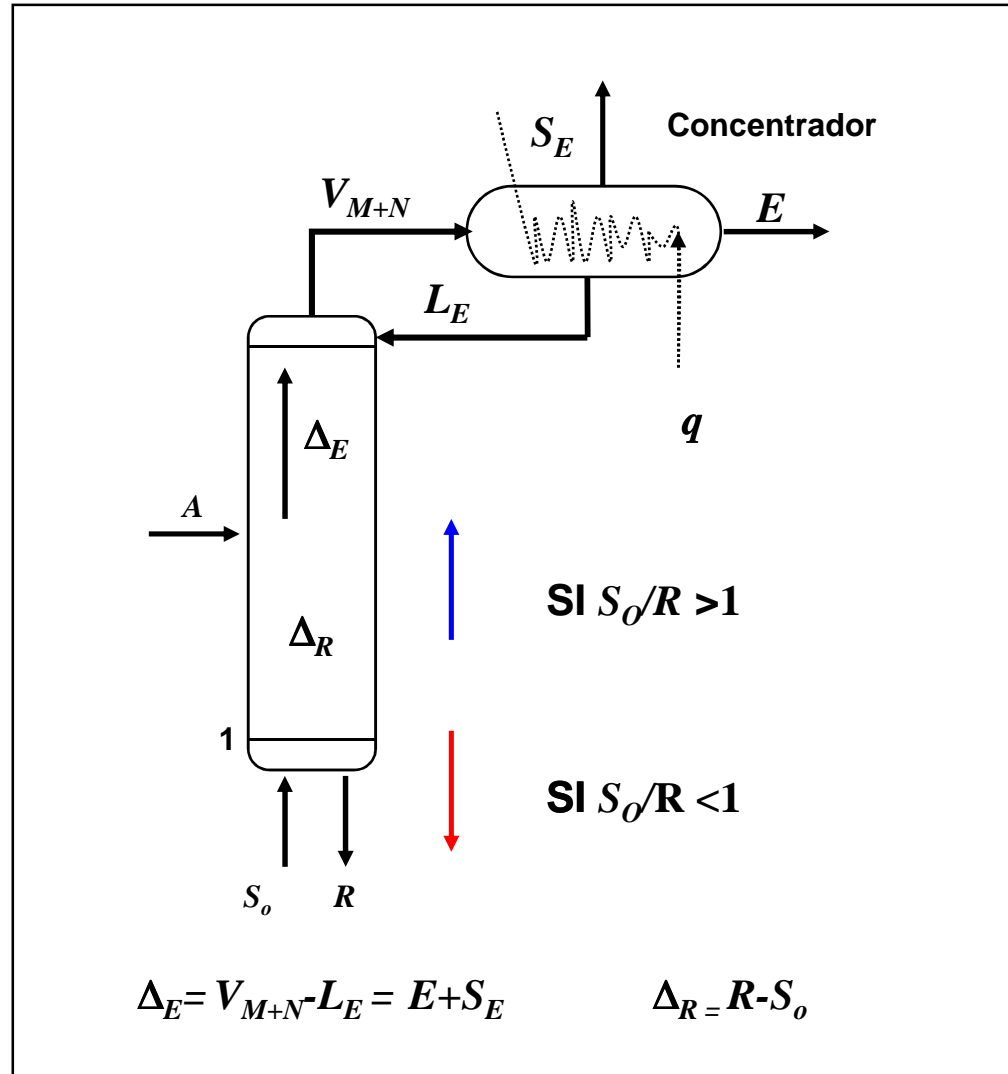
### 3. 4. EXTRACCIÓN EN UNA CASCADA DE ETAPAS DE EQUILIBRIO

## Condiciones límites de funcionamiento





# 3. 4. EXTRACCIÓN CON REFLUJO



## 3. 4. EXTRACCIÓN CON REFLUJO

### VARIABLES DE DISEÑO

Columna de  $M+N$  pisos 1 Presión Controlante

$$V_{\text{diseño}} = 2C + 9 = 15$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ fijas} = A, x_A, x_{SA}, T_A, P_A, P_C$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ libres} = S_0, y_{S0}, y_{SS0}, T_{S0}, E, y_E, y_{SE}, L_E/E, S_E$$

## 3. 4. EXTRACCIÓN CON REFLUJO

$$V_{\text{diseño}} \text{ fijas} = A, x_A, x_{SA}, T_A, P_A, P_C$$

$$V_{\text{diseño}} \text{ libres} = S_o, y_{S_o}, y_{S S_o}, T_{S_o}, E, y_E, y_{SE}, L_E/E, S_E$$

### VARIABLES DE ESTADO

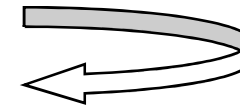
$$L_E = E (L_E/E)$$

Composición  $x_{LE}$  (igual que  $x_E$ )

Suponer  
composición de  $S_E$

Balances de materia en el  
concentrador

Caudal y composición de  $V_{M+N}$



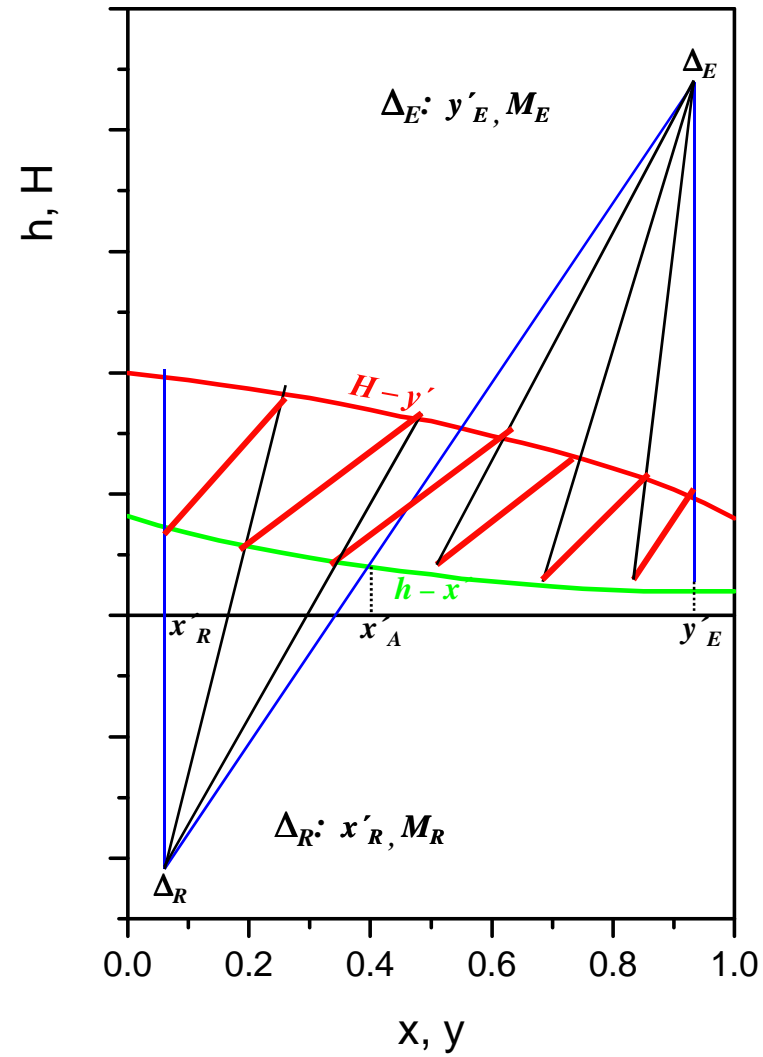
Balances de materia en la columna excluyendo el concentrador

$$A + S_o + L_E = V_{M+N} + R$$

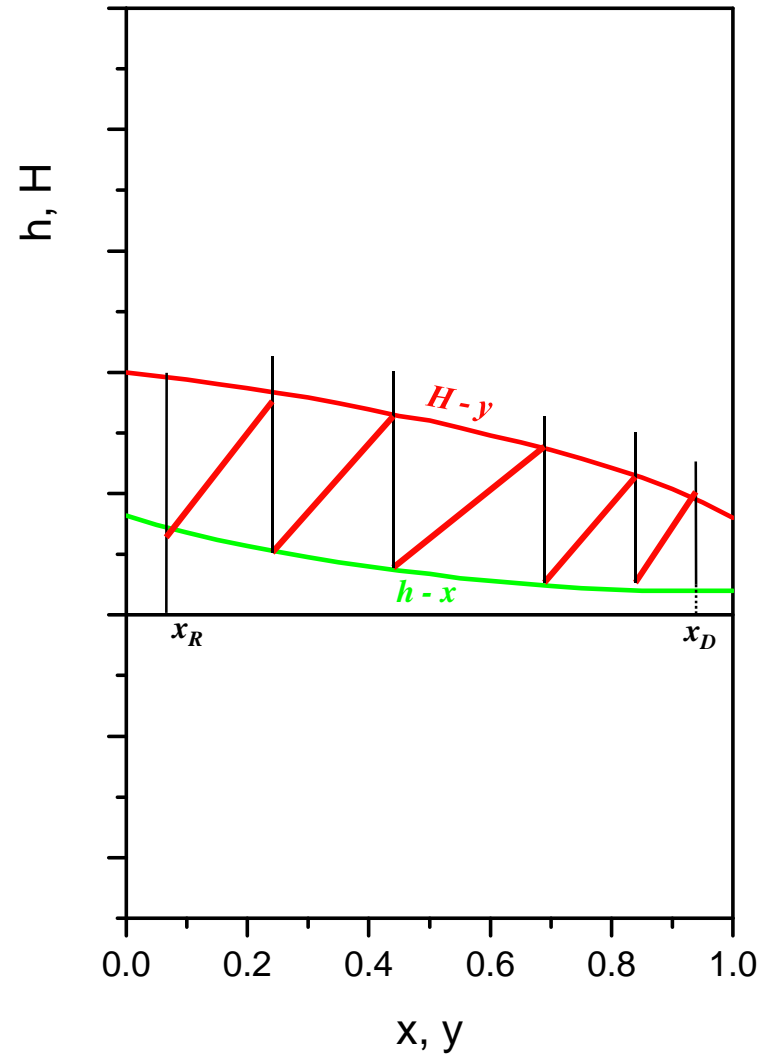
$$A x_A + S_o y_{S_o} + L_E x_{LE} = V_{M+N} y_{M+N} + R x_R$$



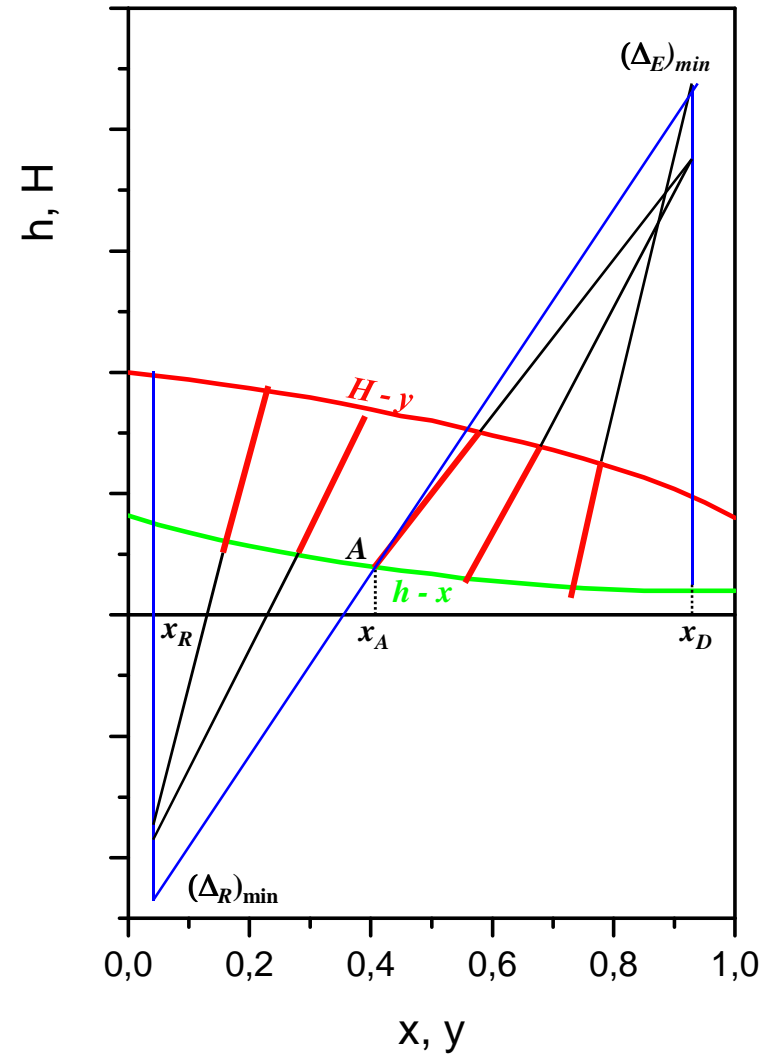
# EXTRACCIÓN CON REFLUJO



# NÚMERO DE PISOS MÍNIMO



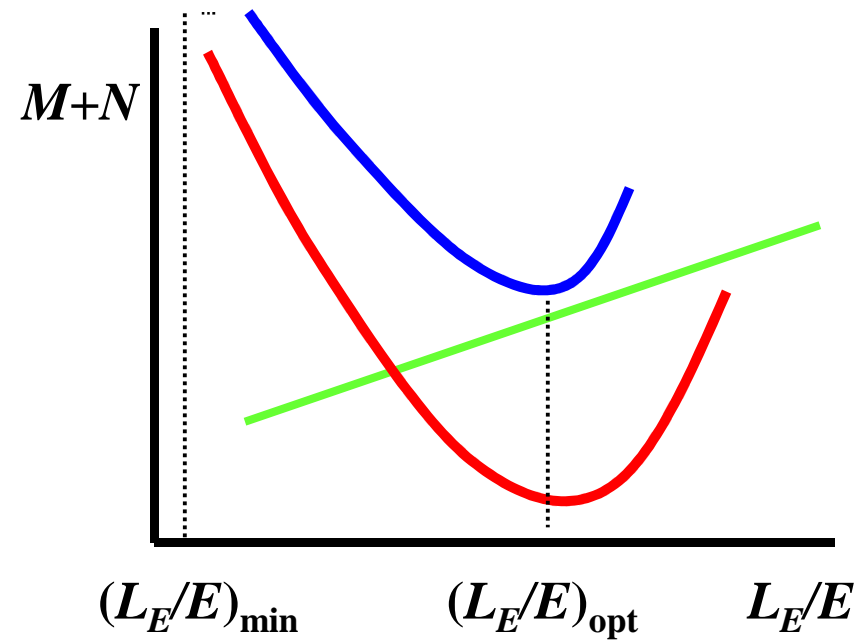
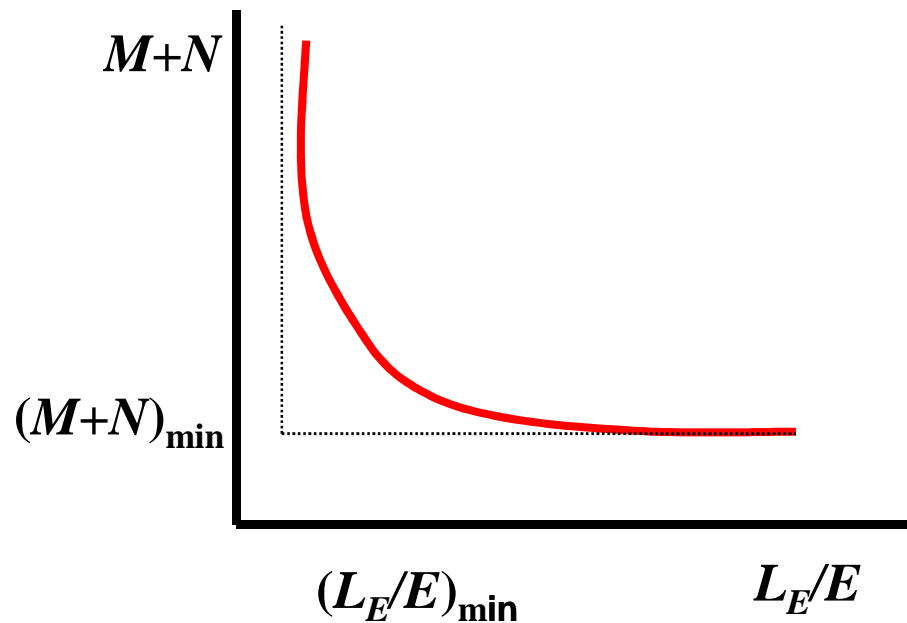
# RAZÓN DE REFLUJO MÍNIMA



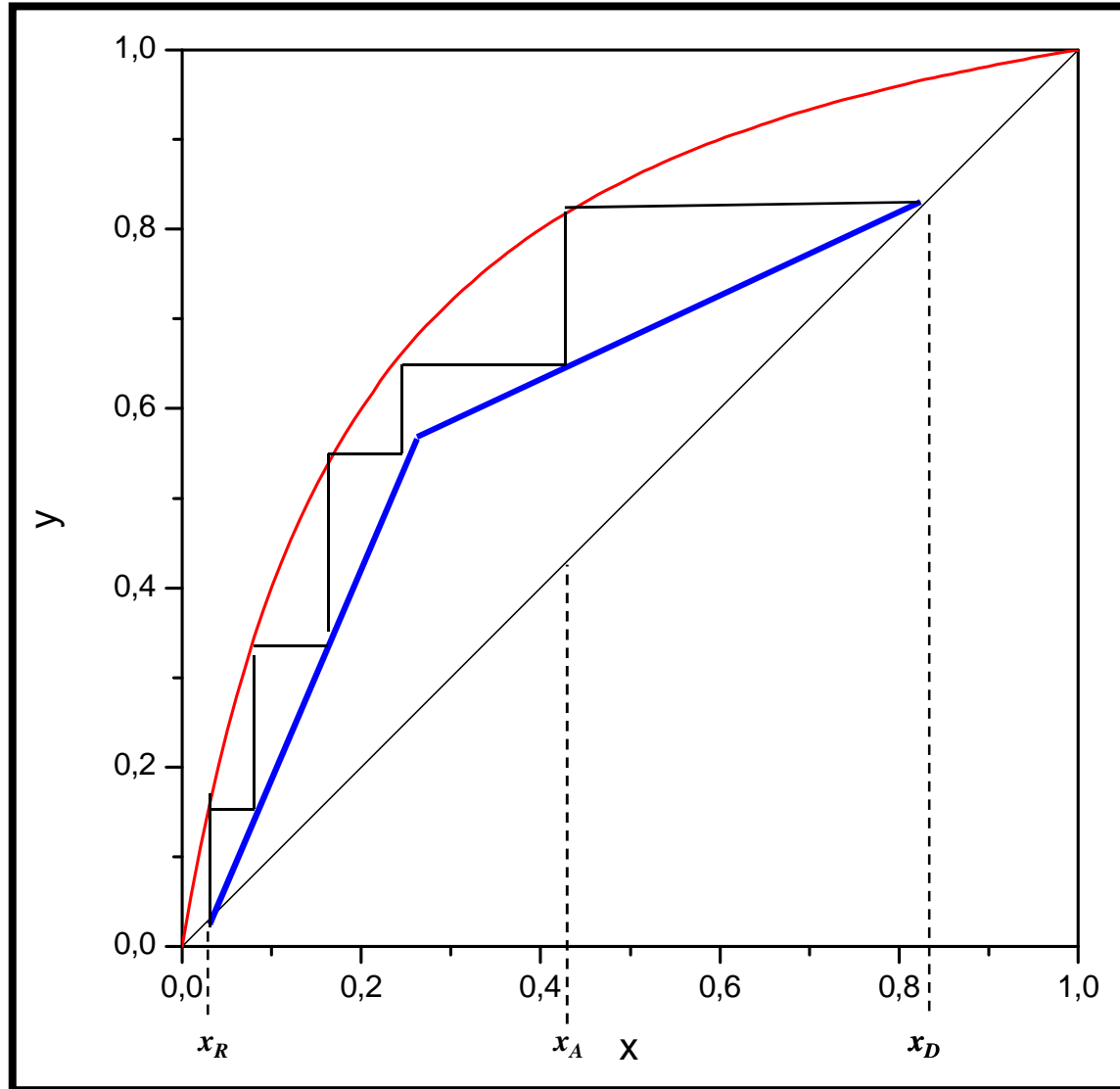
# RAZÓN DE REFLUJO OPTIMA

Razón de reflujo mínima  $\longrightarrow$  Número infinito de pisos

Número mínimo de pisos  $\longrightarrow$  Razón de reflujo infinita (reflujo total)



# EXTRACCIÓN CON REFLUJO





## 3. 4. EXTRACCIÓN CON REFLUJO

$$\Delta_E = V_{M+N} - L_E$$

$$\Delta_E + \Delta_R = A$$

$$A + L_E = V_{M+N} + \Delta_R$$

$$\Delta_R$$

$$\Delta_R = R - S_0$$

DIAGRAMA TRIANGULAR RECTANGULAR

