

# Método de Ponchon-Savarit

## IIQ2023 - Operaciones Unitarias II

José Rebolledo Oyarce

8 de Abril de 2021



- Recordatorio de Clase Anterior
- Objetivos de la Clase
- Método Ponchon-Savarit
  - Operación en la zona de Rectificación
  - Operación en la zona de Agotamiento
  - Reflujo Mínimo
  - Número de Platos Mínimo

Balance de Global de Materia:

$$F = D + B$$

Balance de Materia del Compuesto A:

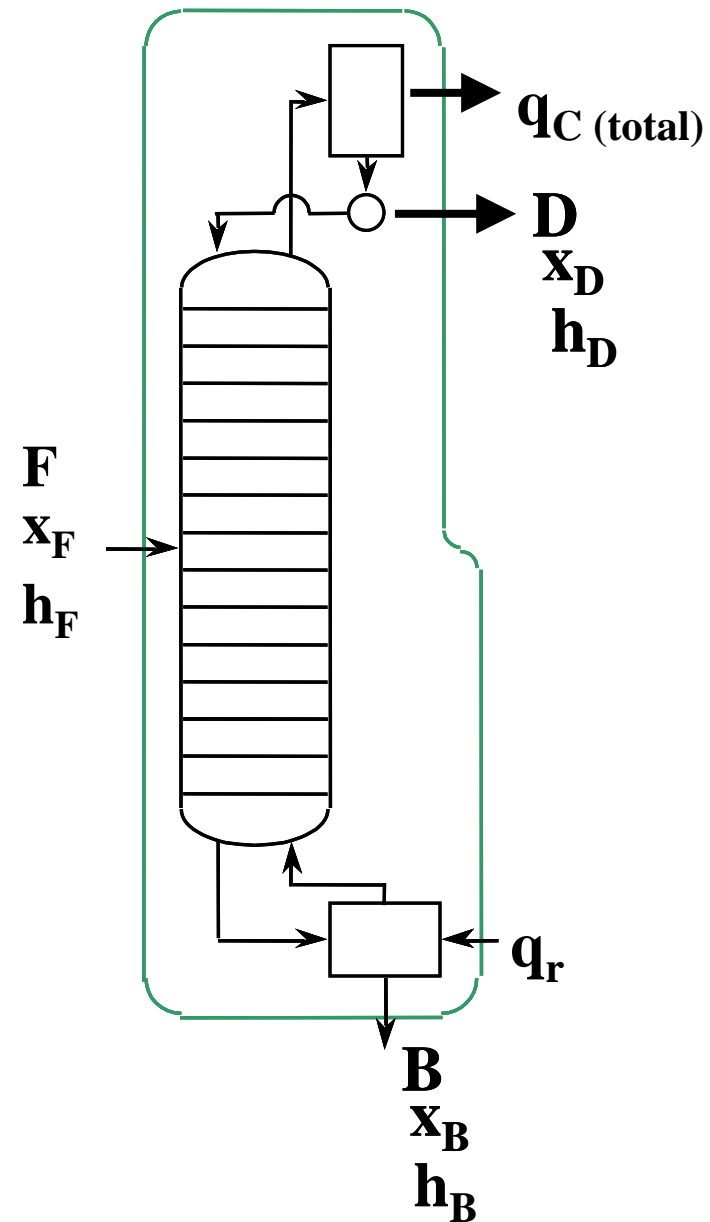
$$Fx_F = Dx_D + Bx_B$$

Balance de Global de Energía:

$$\underbrace{Fh_F + q_r}_{\text{Energía del Hervidor}} = \underbrace{Dh_D + Bh_B + q_c}_{\text{Energía del Condesador}}$$

Energía del  
Hervidor

Energía del  
Condesador



OJO: para simplificar la notación, denominaremos  $H$  = entalpía del vapor y  $h$  = entalpía del líquido

Balance de Global de Materia:

$$F = D + B$$

Balance de Materia del Compuesto A:

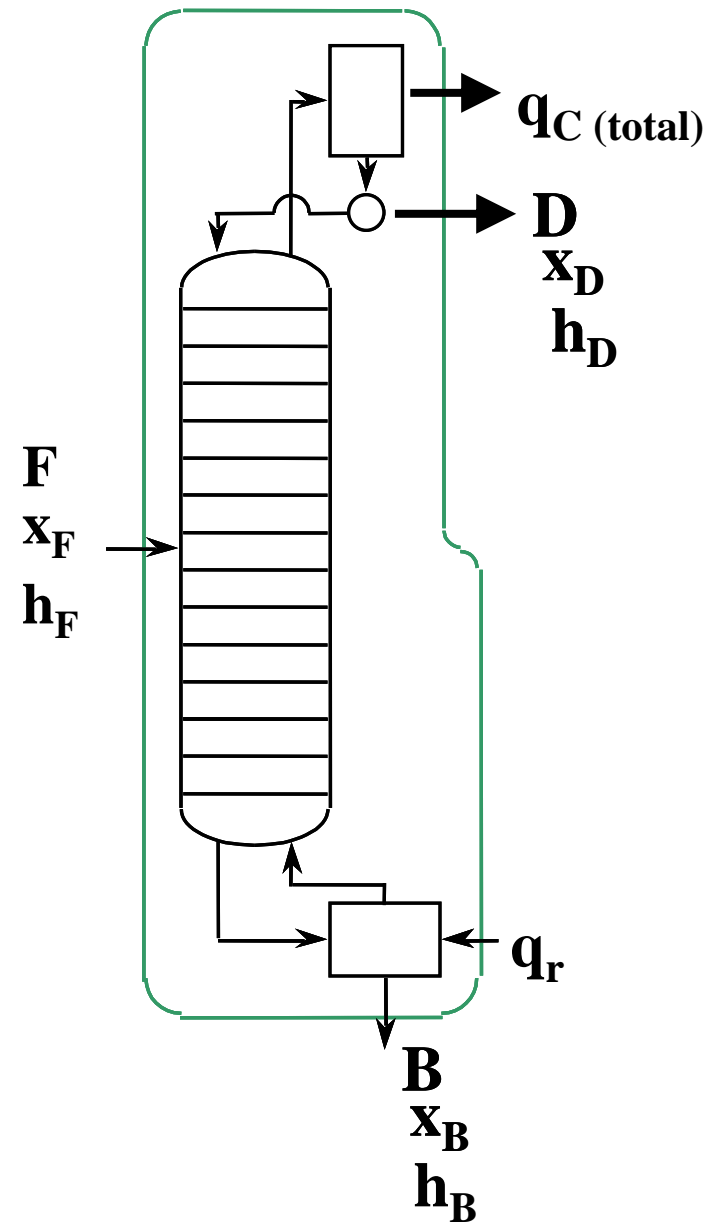
$$Fx_F = Dx_D + Bx_B$$

Balance de Global de Energía:

$$Fh_F + q_r = Dh_D + Bh_B + q_c$$

$$Fh_F = D \underbrace{\left( h_D + \frac{q_c}{D} \right)}_{Q_c} + B \underbrace{\left( h_B - \frac{q_r}{B} \right)}_{Q_r}$$

$$Fh_F = DQ_c + BQ_r$$



OJO: para simplificar la notación, denominaremos  $H$  = entalpía del vapor y  $h$  = entalpía del líquido

Balance de Global de Materia:

$$F = D + B$$

Balance de Materia del Compuesto A:

$$\frac{D}{B} = \frac{x_F - x_B}{x_D - x_F}$$

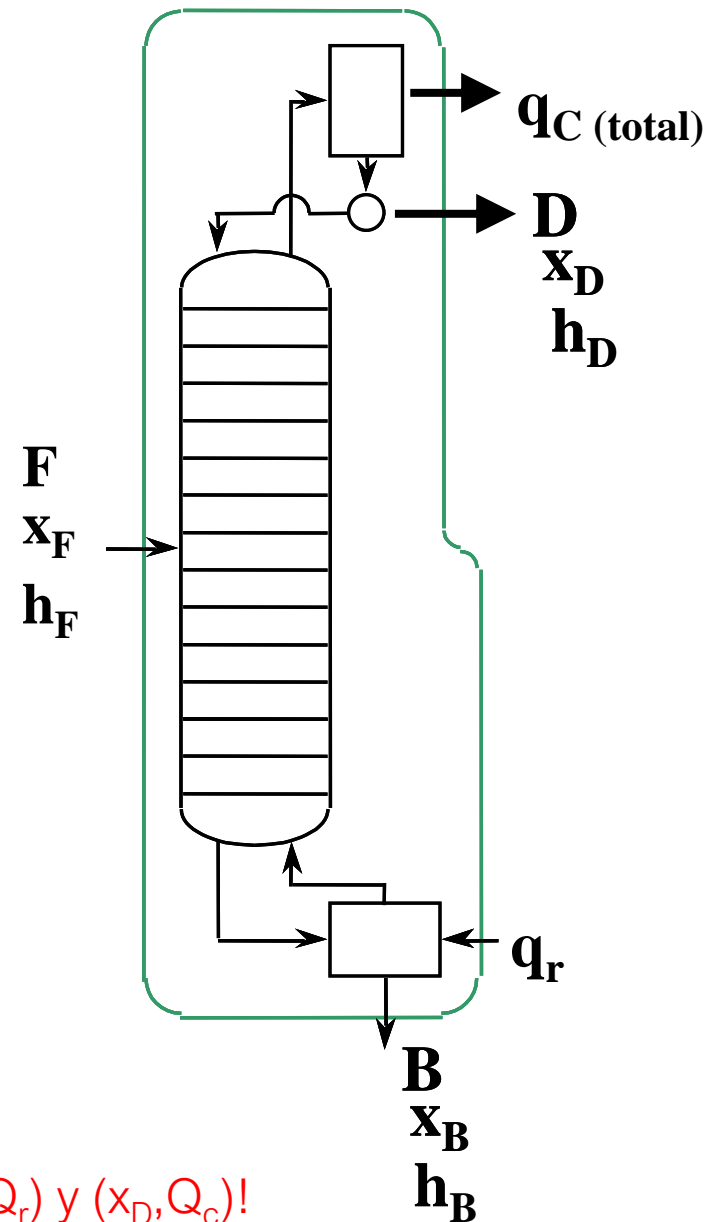
Balance de Global de Energía:

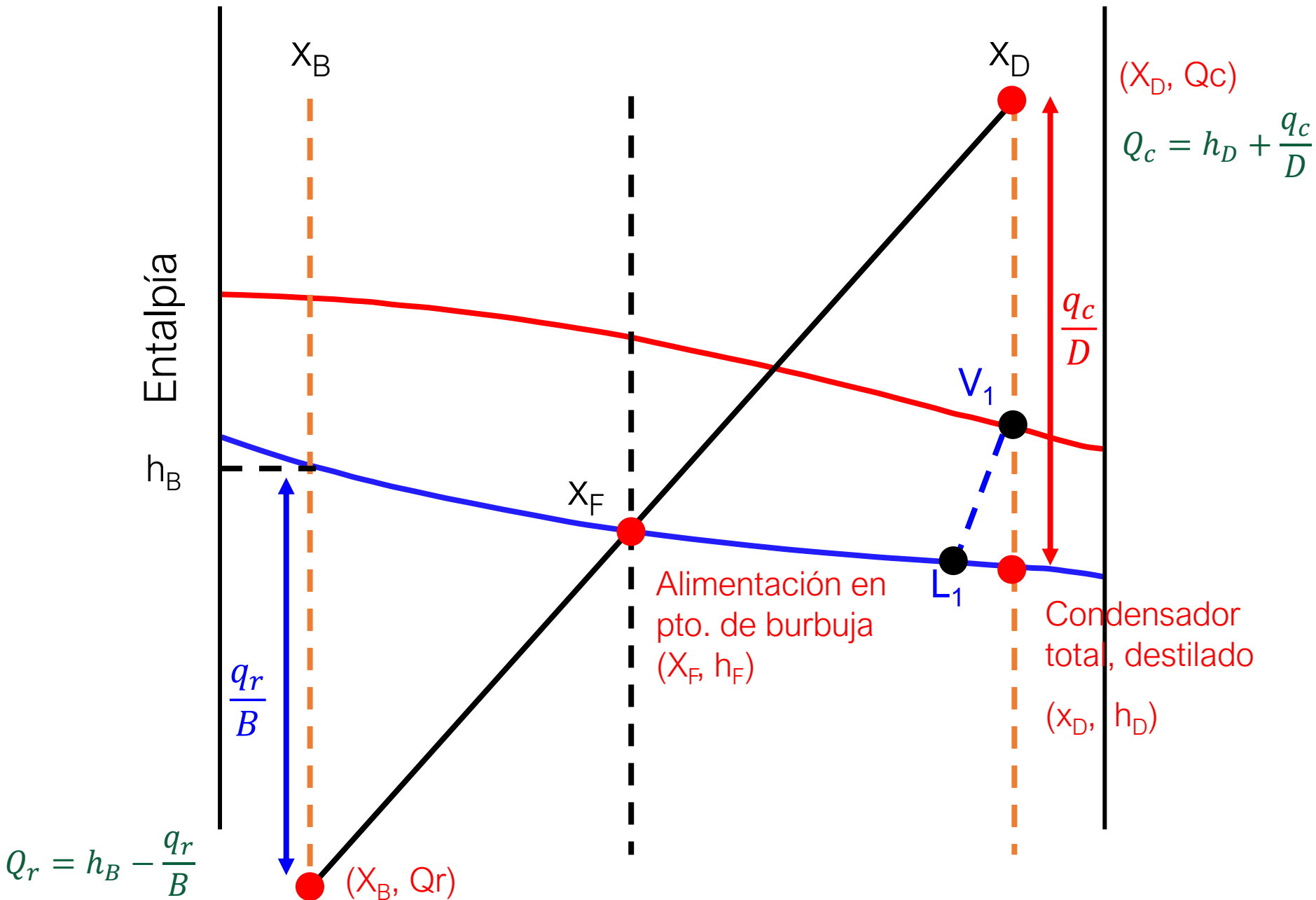
$$\frac{D}{B} = \frac{h_F - Q_r}{Q_c - h_F}$$

Igualando ambos balances:

$$\frac{D}{B} = \frac{x_F - x_B}{x_D - x_F} = \frac{h_F - Q_r}{Q_c - h_F}$$

¡Existe una línea que pasa por los puntos  $(x_F, h_F)$   $(x_B, Q_r)$  y  $(x_D, Q_c)$ !

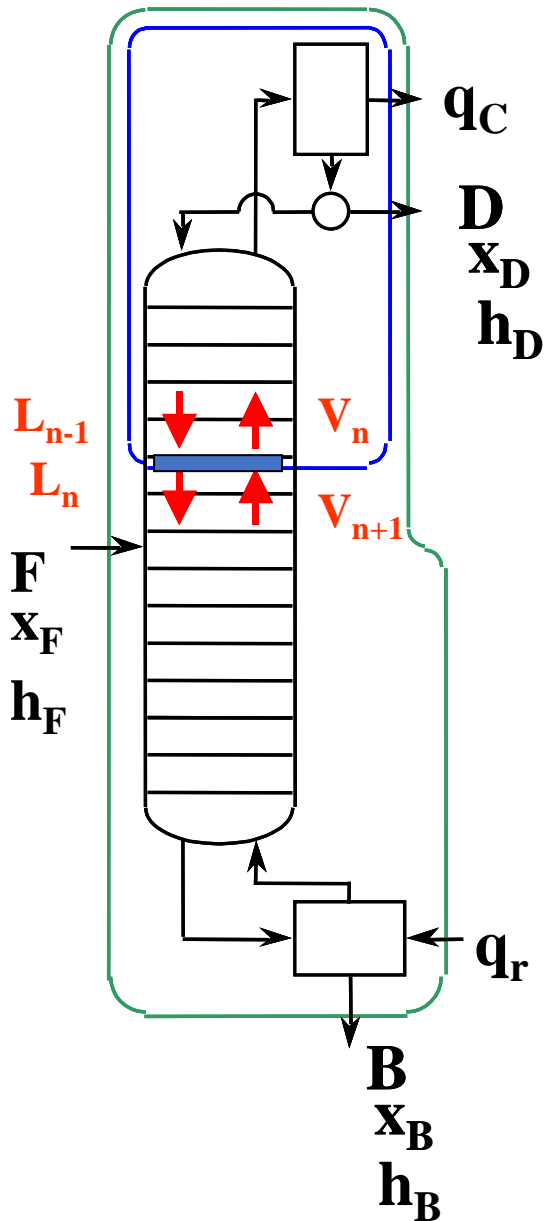




# Objetivos de la Clase

- Aprender a localizar las corrientes presentes en la destilación en un gráfico entalpía-composición, y su utilidad.
- Localizar la razón de reflujo en un diagrama entalpía-composición.
- Aprender el método de Ponchon-Savarit y la analogía con el método McCabe y Thiele.

# Corrientes que se cruzan - Envoltente superior



B.M. Total :  $V_{n+1} = L_n + D$

B.M. Comp. A :  $V_{n+1}y_{n+1} = L_nx_n + Dx_D$

B. Energía :  $V_{n+1}H_{n+1} = L_nh_n + D\left(h_D + \frac{q_c}{D}\right)$   
 $= L_nh_n + DQ_c$

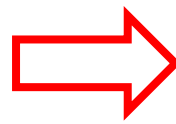
$$\frac{x_D - y_{n+1}}{Q_c - H_{n+1}} = \frac{y_{n+1} - x_n}{H_{n+1} - h_n}$$

Punto  $(y_{n+1}, H_{n+1})$  pertenece a recta que une  $(x_D, Q_c)$  y  $(x_n, h_n)$ .

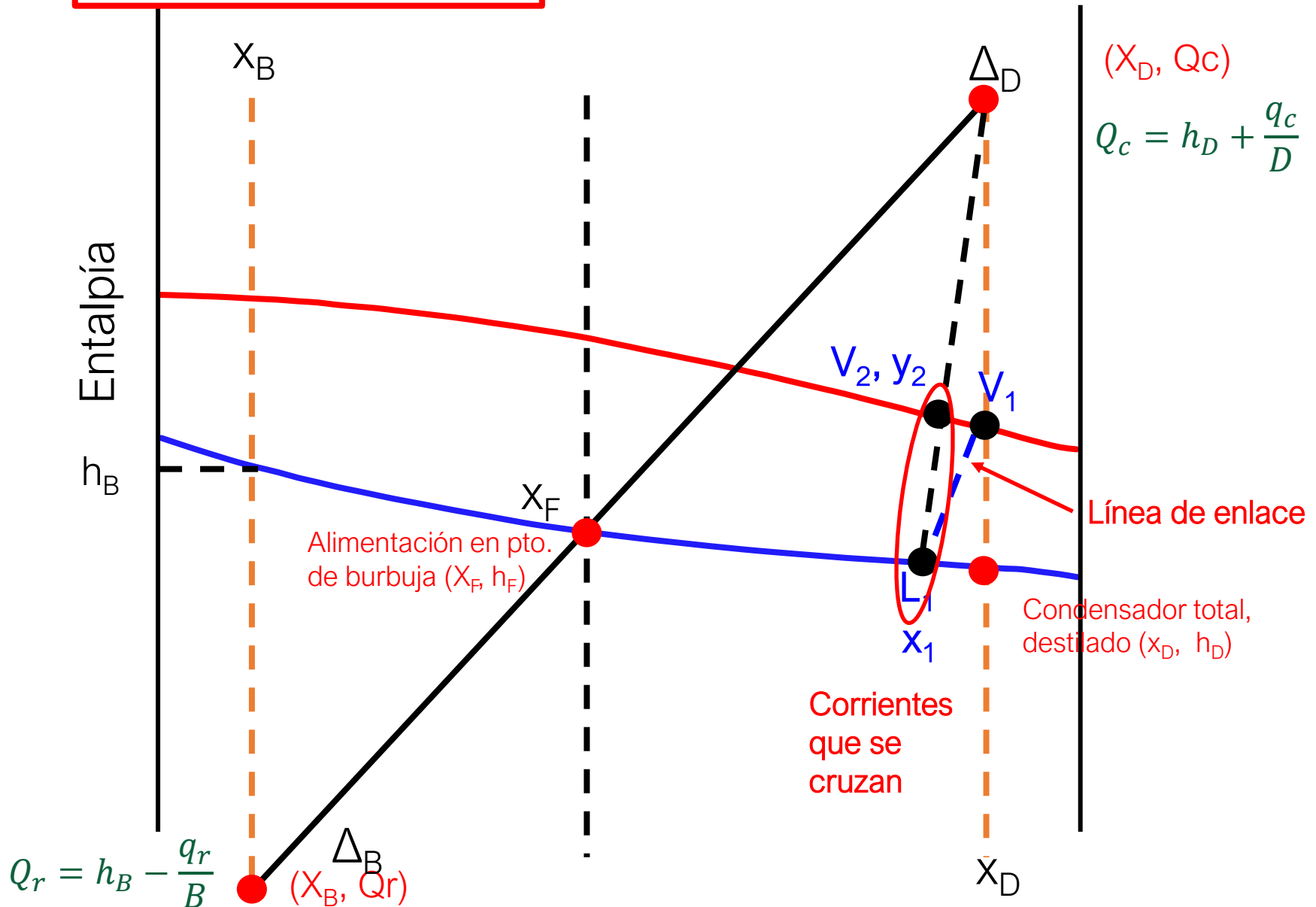
Todas las corrientes que se cruzan en la zona de rectificación pasarán por el punto  $(x_D, Q_c)$



$$\frac{x_D - y_{n+1}}{Q_c - H_{n+1}} = \frac{y_{n+1} - x_n}{H_{n+1} - h_n}$$



$$\frac{x_D - y_2}{Q_c - H_2} = \frac{y_2 - x_1}{H_2 - h_1}$$



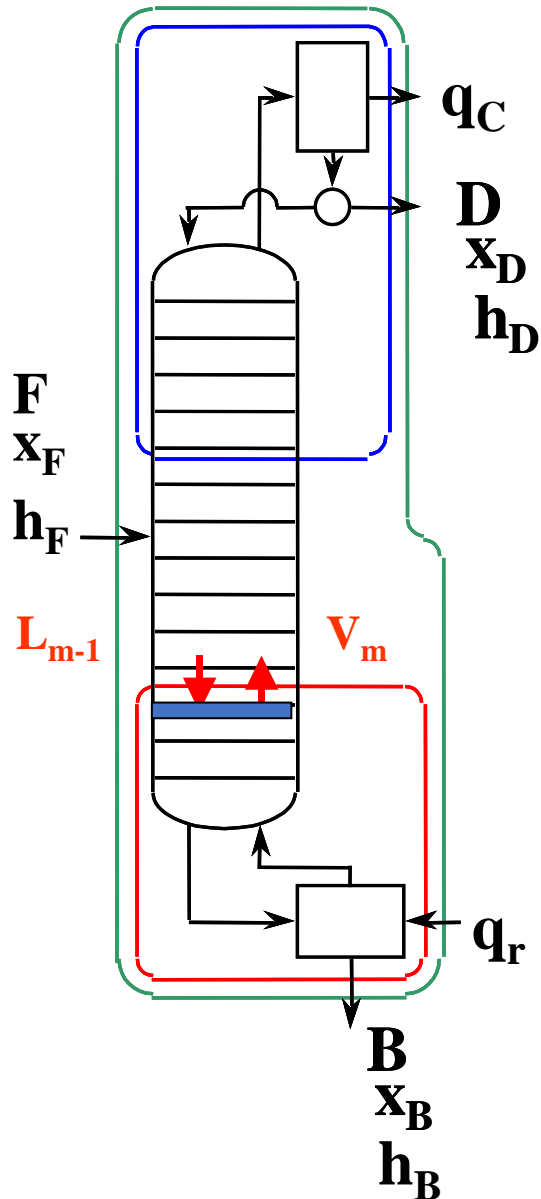
$$\text{B.M. Comp. A} : V_{n+1}y_{n+1} - L_ny_n = Dx_D$$

$$\text{B. Energía} : V_{n+1}H_{n+1} - L_nh_n + DQ_c$$

El punto  $(x_D, Q_c)$  se llama “punto de diferencia” pues sus coordenadas representan diferencias en regímenes de flujo:

$$\Delta_D \left\{ \begin{array}{l} x_D = \text{Flujo neto ascendente de compuesto + volátil} / \text{Flujo de destilado} \\ Q_c = \text{Flujo neto entálpico ascendente} / \text{Flujo de destilado} \end{array} \right.$$

# Corrientes que se cruzan - Envolverte inferior



B.M. Total :  $L_{m-1} = V_m + B$

B.M. Comp. A :  $L_{m-1}x_{n-1} = V_my_m + Bx_B$

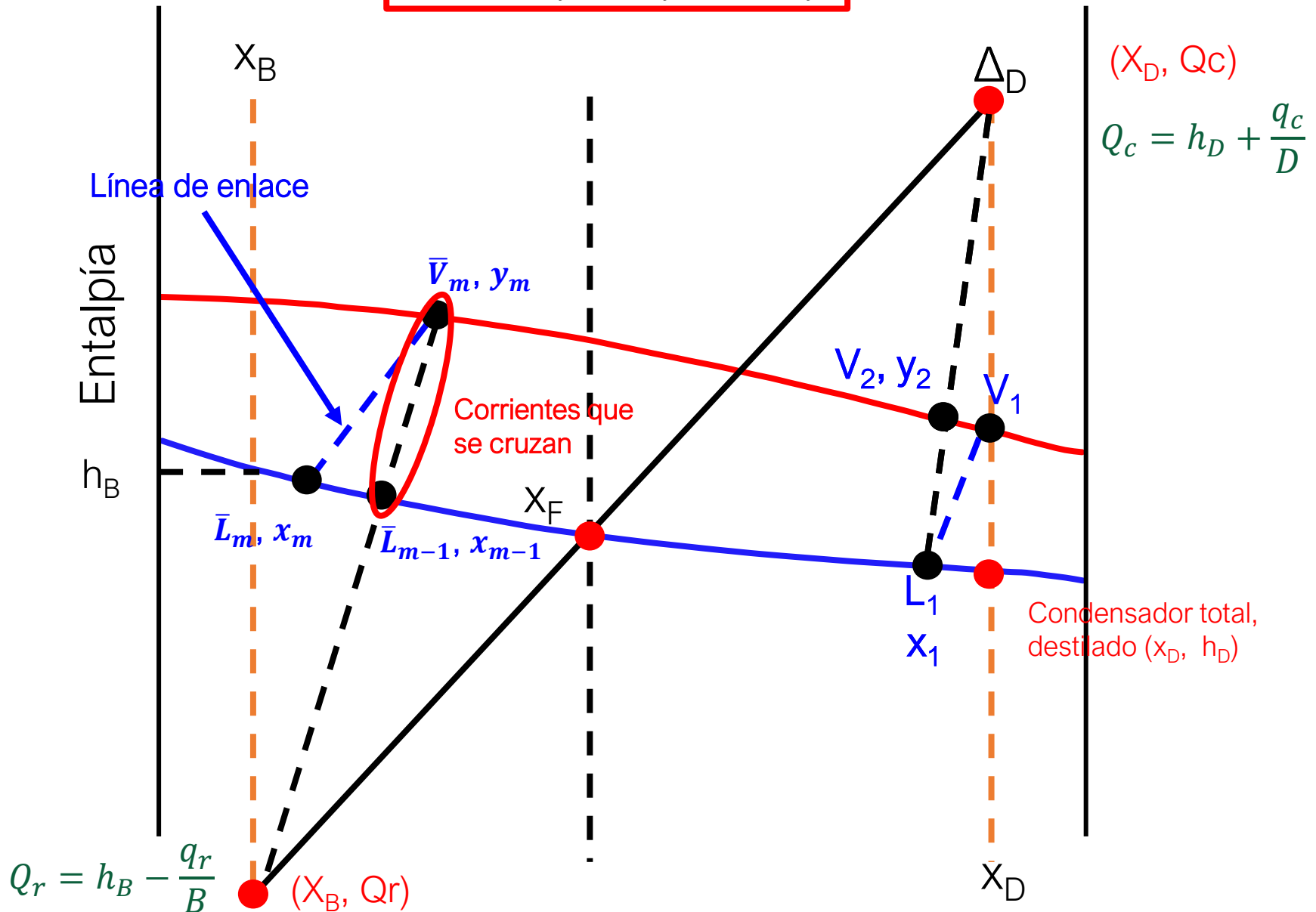
B. Energía :  $L_{m-1}h_{m-1} = V_mH_m + Bh_B - q_r$   
 $= V_mH_m + BQ_r$

$$\frac{x_B - y_m}{Q_r - H_m} = \frac{x_{m-1} - y_m}{h_{m-1} - H_m}$$

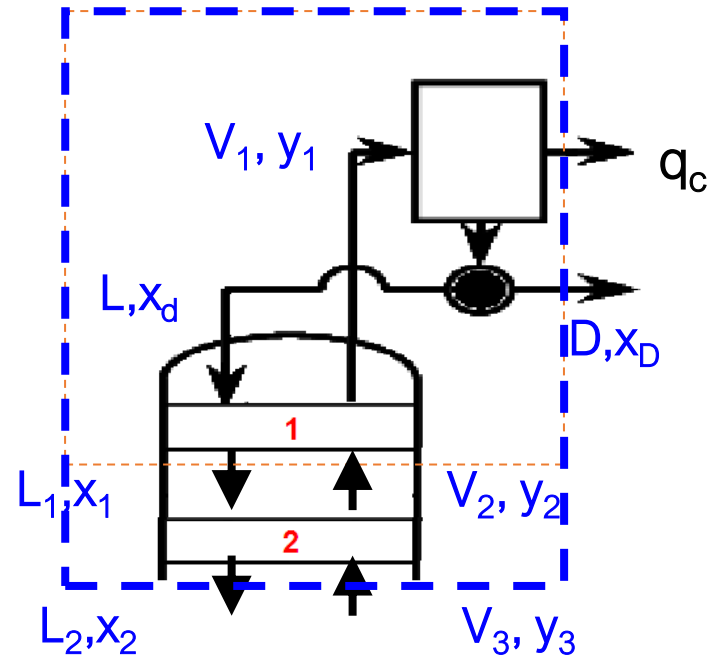
Punto  $(x_{m-1}, h_{m-1})$  pertenece a recta que une  $(x_B, Q_r)$  y  $(y_m, H_m)$ .

Todas las corrientes que se cruzan en la zona de agotamiento pasarán por el punto  $(x_B, Q_r)$

$$\frac{x_B - y_m}{Q_r - H_m} = \frac{x_{m-1} - y_m}{h_{m-1} - H_m}$$



# Razón de reflujo (condensador total)



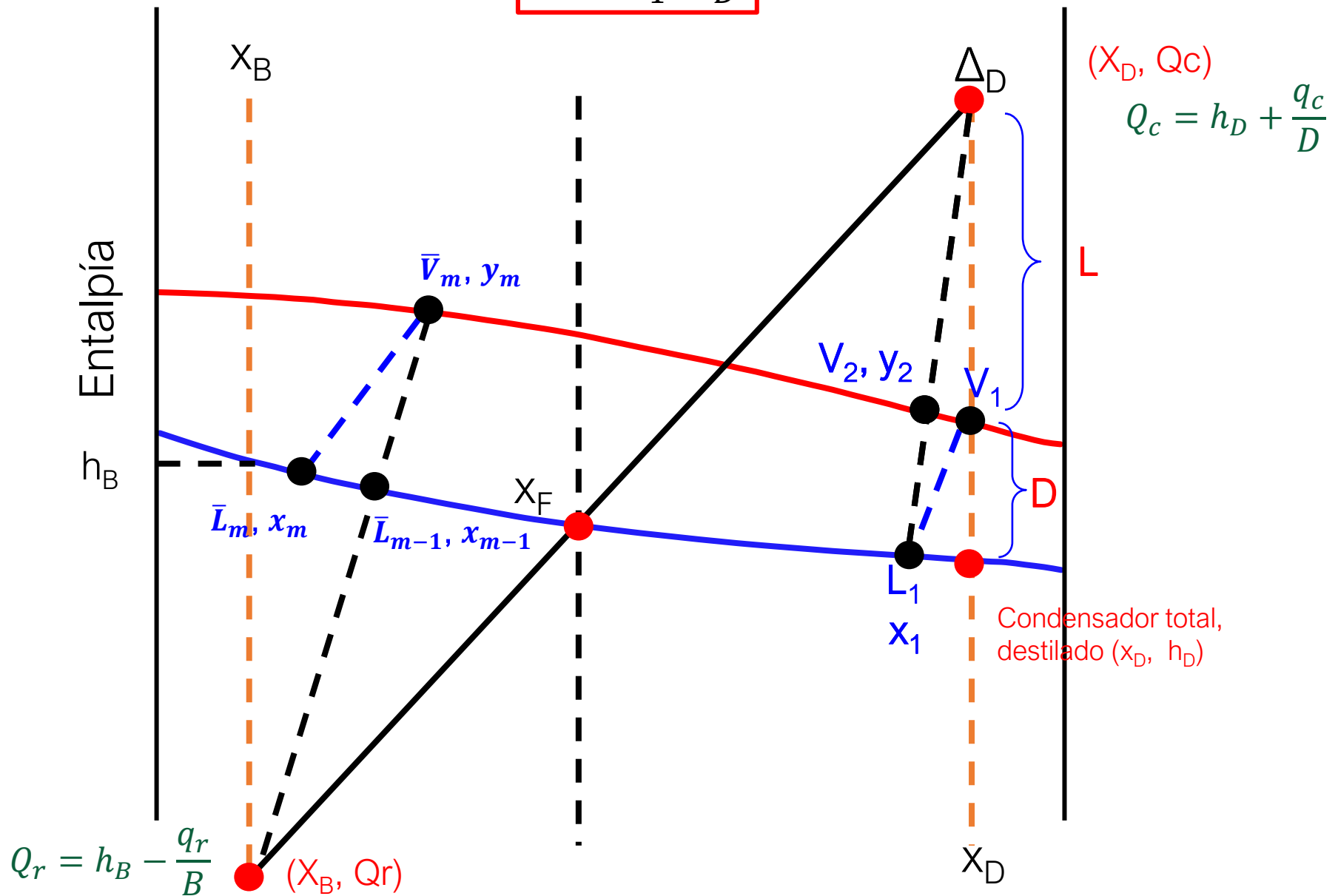
B.M. Total :  $V_1 = L + D$

B.M. Comp. A :  $V_1 y_1 = L x_D + D x_D$

B. Energía :  $V_1 H_1 = L h_D + D \left( h_D + \frac{q_c}{D} \right)$   
 $= L h_D + D Q_c$

$$\Rightarrow \frac{L}{D} = R_D = \frac{Q_c - H_1}{H_1 - h_D}$$

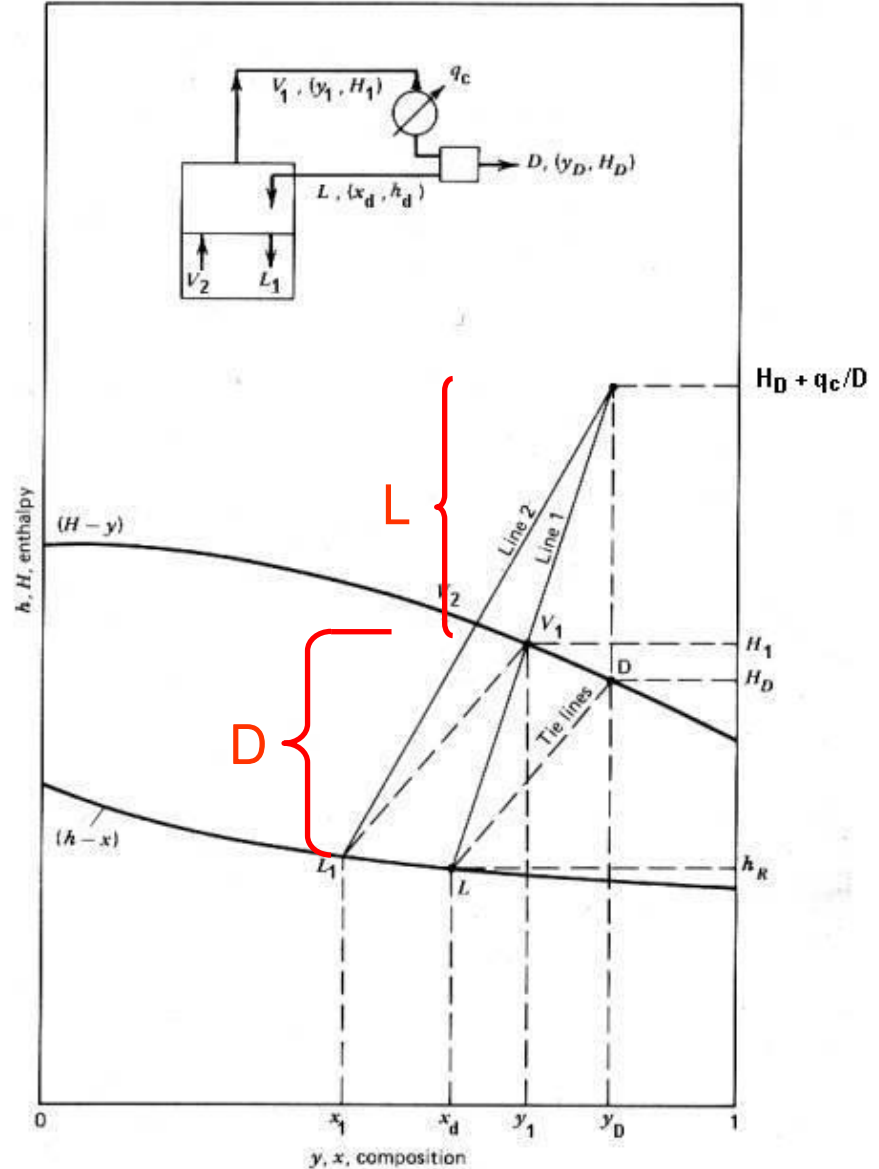
$$\frac{L}{D} = \frac{Q_c - H_1}{H_1 - h_D}$$



# Condensador Parcial: Razón de Reflujo

$$\frac{L}{D} = \frac{Q_c - H_1}{H_1 - h_D}$$

¡Está desplazado debido a que el primer escalón es el condensador parcial!



# Síntesis: Método de Ponchon-Savarit

Columna:

$$\frac{x_B - x_F}{Q_r - h_F} = \frac{x_F - x_D}{h_F - Q_c}$$

Punto  $(x_F, h_F)$  pertenece a recta que une  $(x_B, Q_r)$  y  $(x_D, Q_c)$

Parte superior:

$$\frac{x_D - y_{n+1}}{Q_c - H_{n+1}} = \frac{y_{n+1} - x_n}{H_{n+1} - h_n}$$

Punto  $(y_{n+1}, H_{n+1})$  pertenece a recta que une  $(x_D, Q_c)$  y  $(x_n, h_n)$ .

Todas las corrientes que se cruzan en zona de rectificación pasan por punto  $(x_D, Q_c)$

Parte inferior:

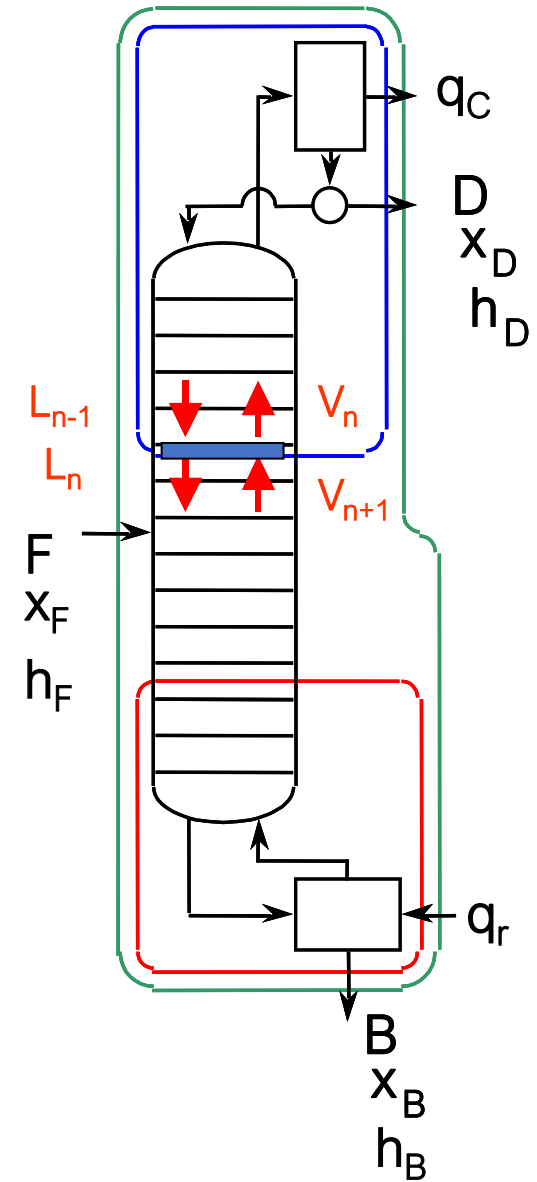
$$\frac{x_B - x_{m-1}}{Q_r - h_{m-1}} = \frac{x_{m-1} - y_m}{h_{m-1} - H_m}$$

Punto  $(x_{m-1}, h_{m-1})$  pertenece a recta que une  $(x_B, Q_r)$  y  $(y_m, H_m)$ .

Todas las corrientes que se cruzan en zona de agotamiento pasan por punto  $(x_B, Q_r)$

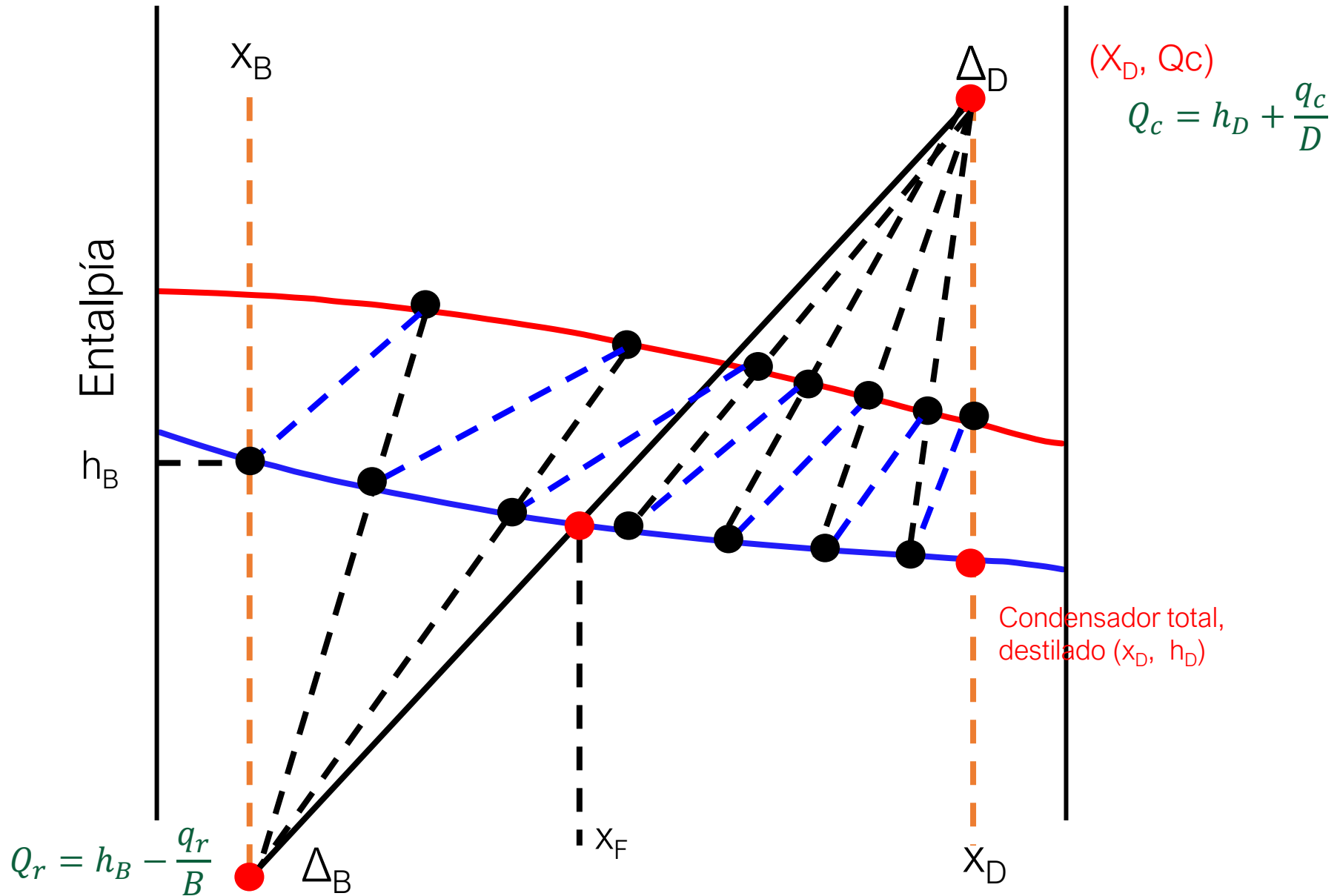
Recordar:

$$\underbrace{\left\{ h_D + \frac{q_c}{D} \right\}}_{Q_c} \quad y \quad \underbrace{\left\{ h_B - \frac{q_r}{B} \right\}}_{Q_r}$$

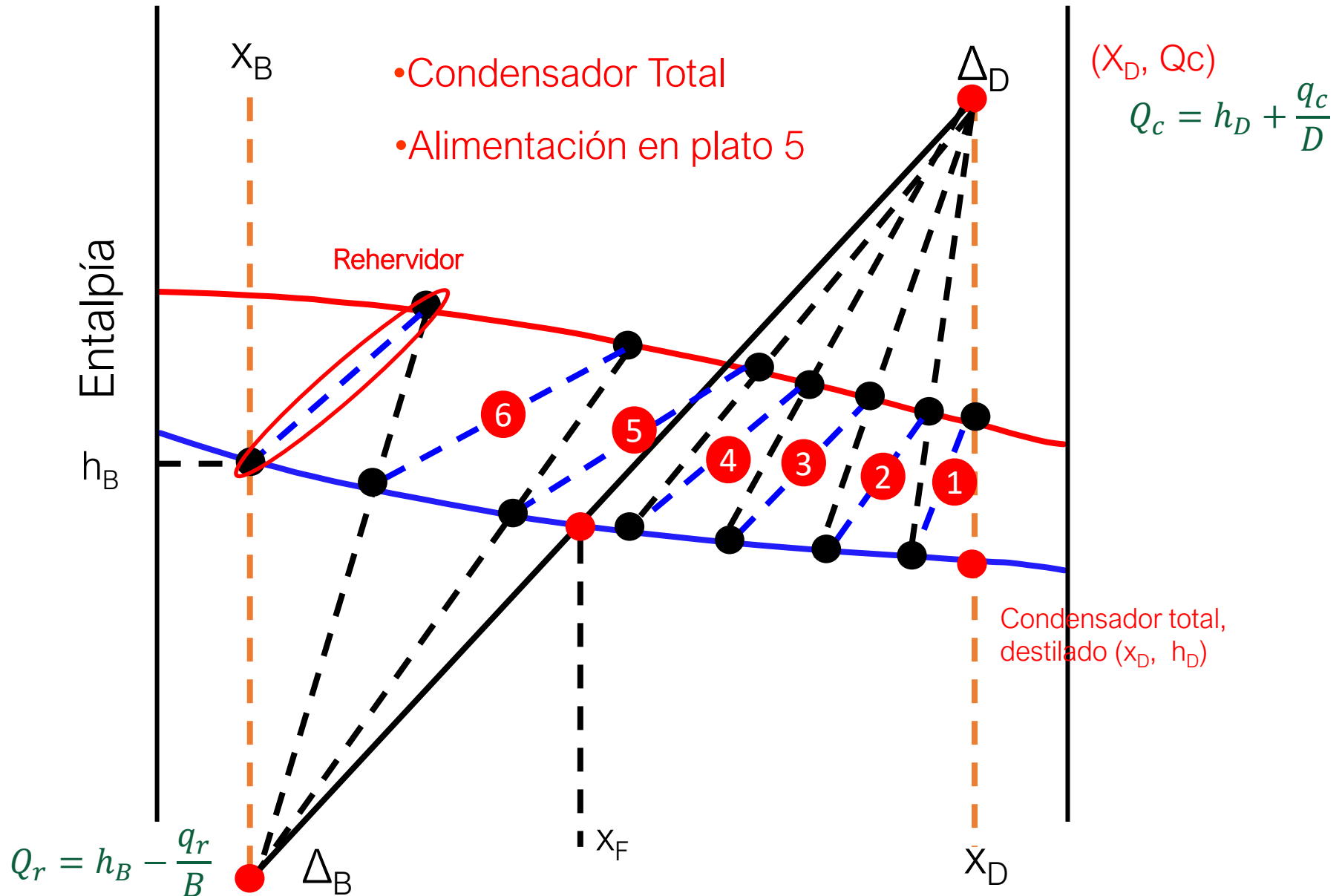




# Síntesis: Método de Ponchon-Savarit



# Síntesis: Método de Ponchon-Savarit

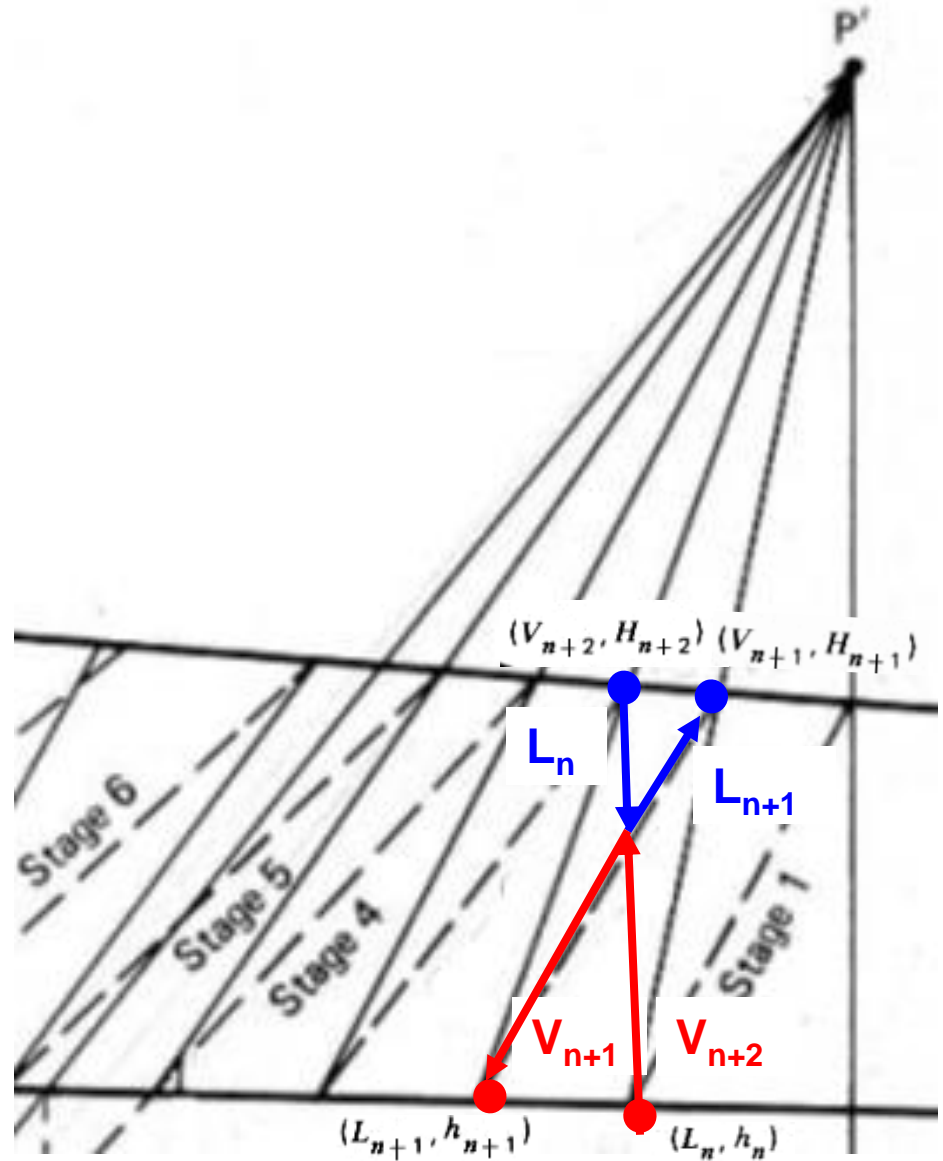
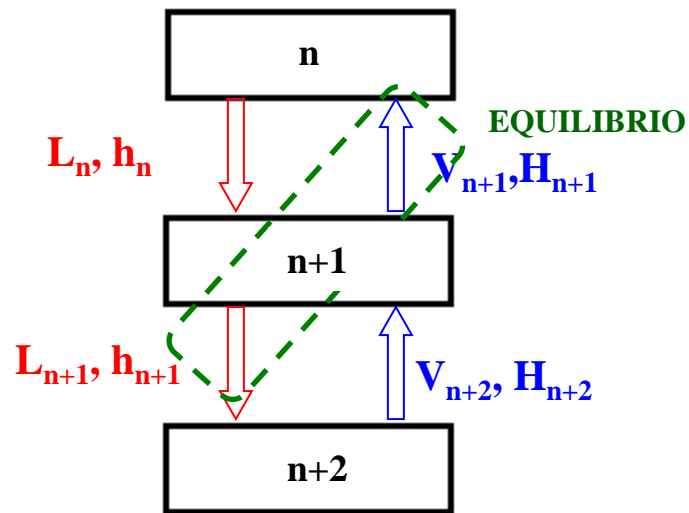


# Construcción Diagrama

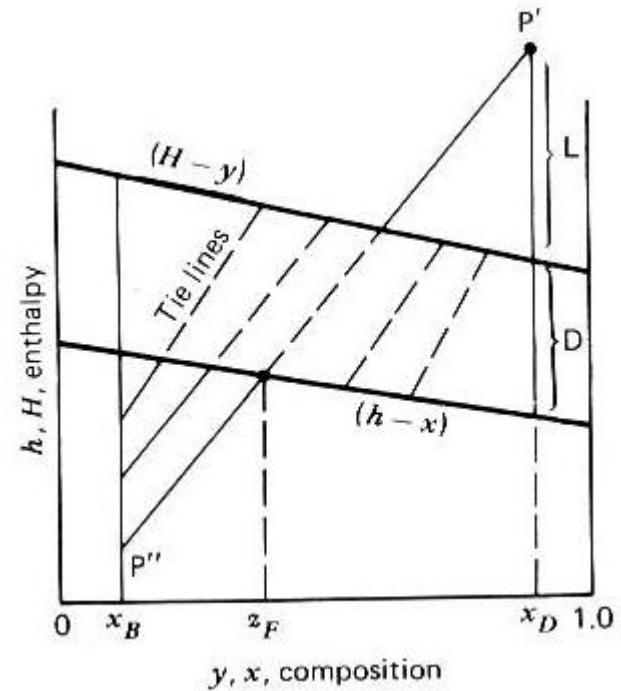
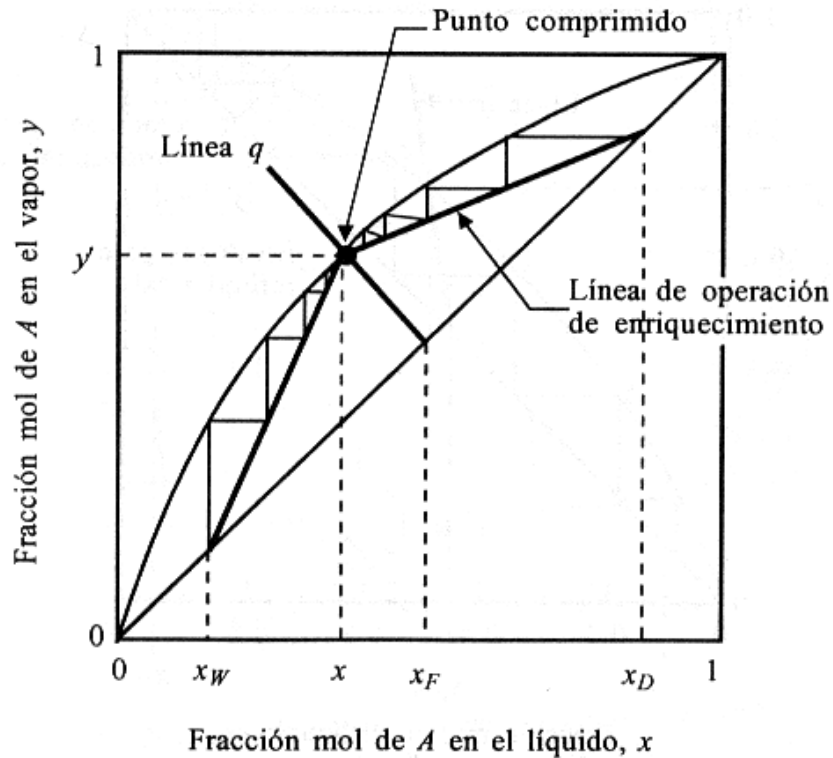
Pasos a seguir en la construcción del diagrama:

1. Desarrollar la curva de equilibrio y el diagrama entalpía-composición (incluir líneas de enlace).
2. Localizar las composiciones del destilado ( $x_D$ ) y del producto de cola ( $x_B$ ), y composición y entalpía de alimentación.
3. Establecer relación de reflujo para la separación y localizar punto de diferencia  $\Delta_D (x_D, Q_C)$ .
4. Trazar línea recta desde  $\Delta_D$ , por alimentación, hasta intersección con coordenada  $x_B$ . Se obtiene punto  $\Delta_B (x_B, Q_r)$ .
5. Escalonamiento de platos hacia abajo en zona de rectificación hasta alcanzar plato de alimentación.
6. Escalonamiento de platos hacia arriba en zona de agotamiento hasta alcanzar plato de alimentación.

# Operación de un Plato Ideal

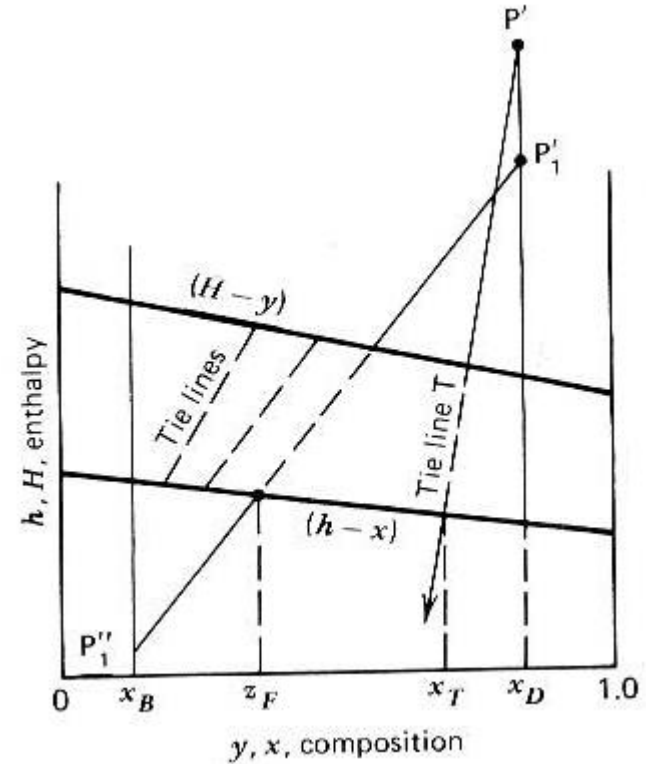
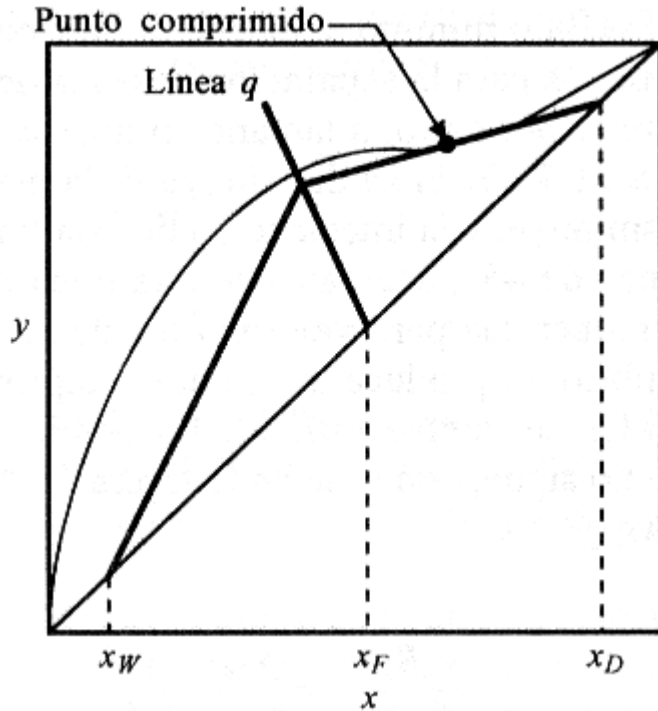


# Reflujo mínimo



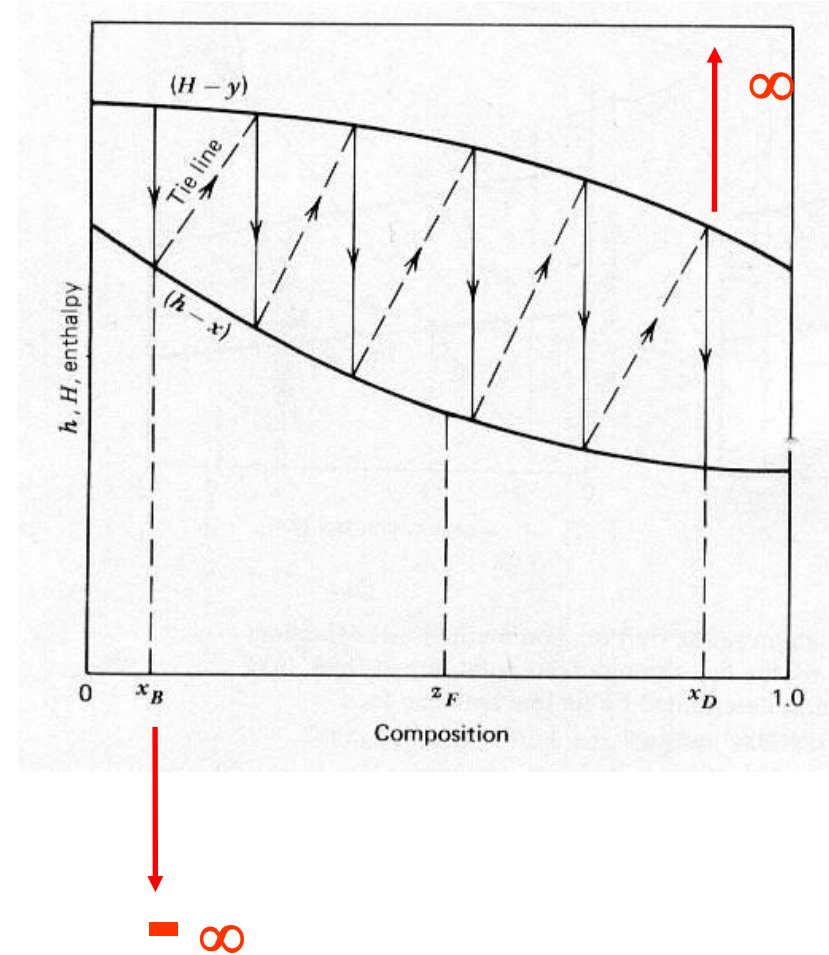
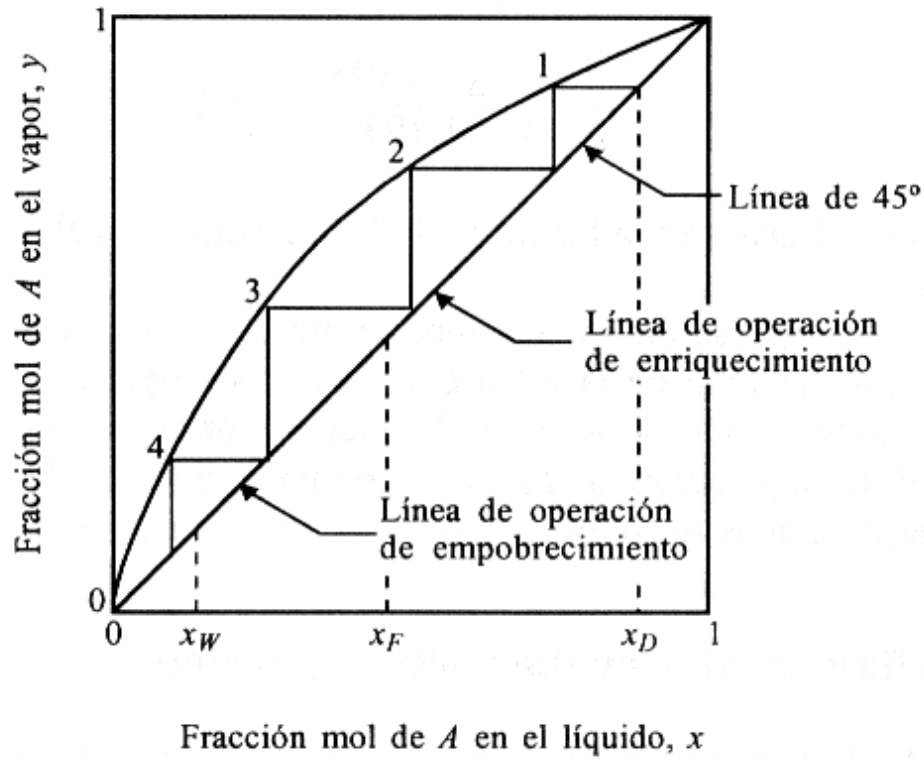
Reflujo mínimo determinado mediante extensión de línea de enlace que pasa por la alimentación

# Reflujo mínimo

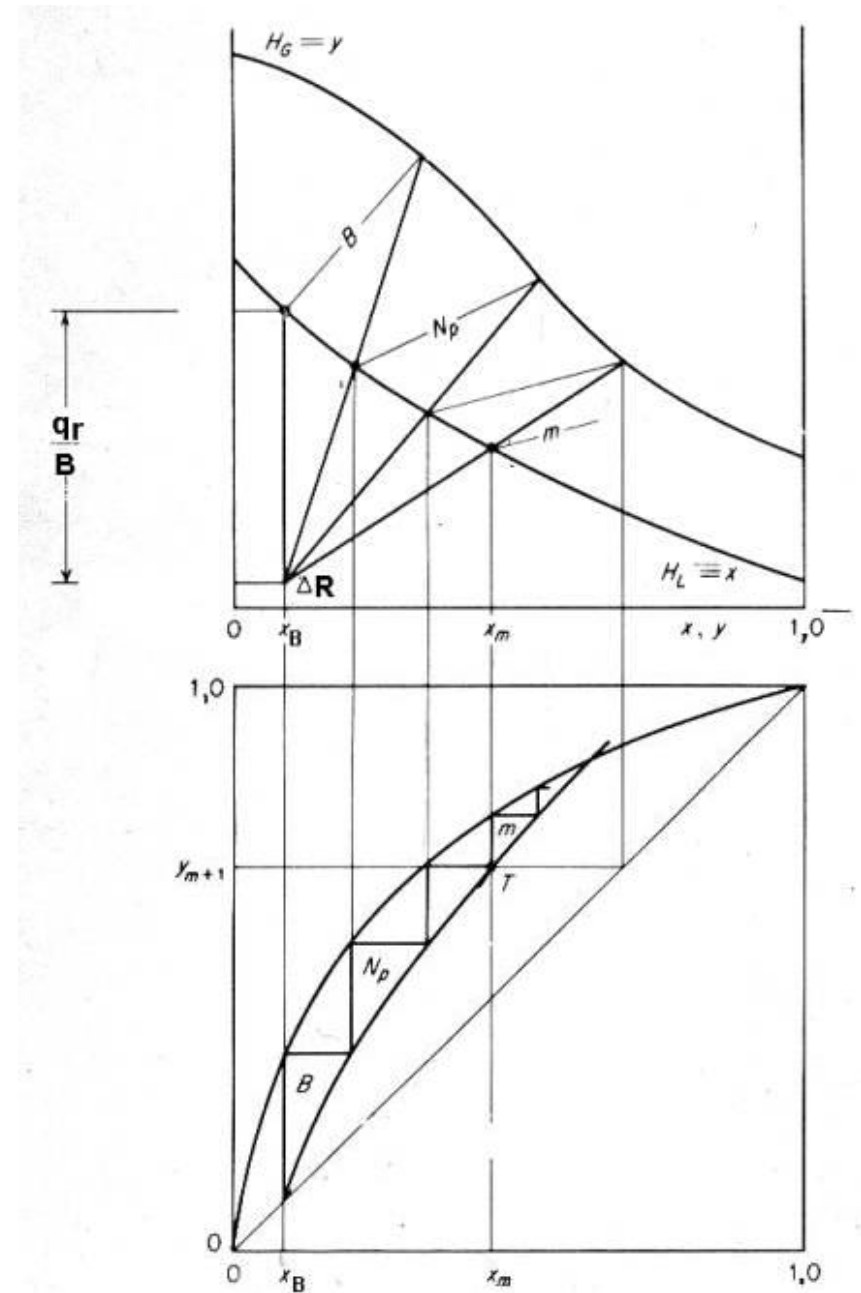


Reflujo mínimo determinado mediante línea de enlace que converge más allá de la determinada anteriormente (punto comprimido)

# Reflujo total



Obtención de un gráfico tipo McCabe y Thiele a partir de un gráfico Ponchon-Savarit



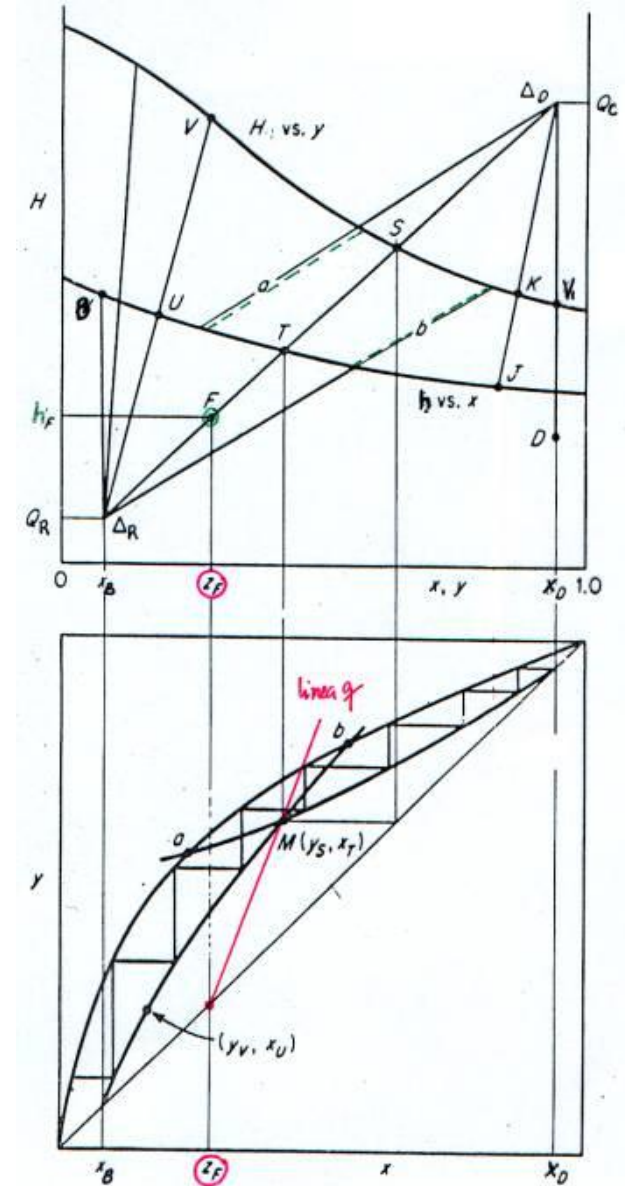


# Localización del plato de alimentación

La transición de un punto de diferencia a otro ocurre en la etapa en que ocurre la alimentación.

La alimentación óptima se sitúa en la línea de enlace que cruza la recta que une ambos puntos de diferencia.

Los puntos a y b representan los límites inferior y superior de la localización de la alimentación.



# Conceptos Revisados en la Clase

- Aprender a localizar las corrientes presentes en la destilación en un gráfico entalpía-composición, y su utilidad.
- Localizar la razón de reflujo en un diagrama entalpía-composición.
- Aprender el método de Ponchon-Savarit y la analogía con el método McCabe y Thiele.

# Método de Ponchon-Savarit

## IIQ2023 - Operaciones Unitarias II

José Rebolledo Oyarce

8 de Abril de 2021

