



Universidad de Los Andes  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química  
Dpto. de Operaciones Unitarias y Proyectos

# Fundamentos Destilación Multicomponente.



*Prof. Jesús F. Ontiveros*

*Prof. Jesús F. Ontiveros O.*

## Contenido

### ☀ Conceptos Básicos.

Destilación Multicomponente. Componentes Clave.  
Métodos Cortos. Métodos Rigurosos.

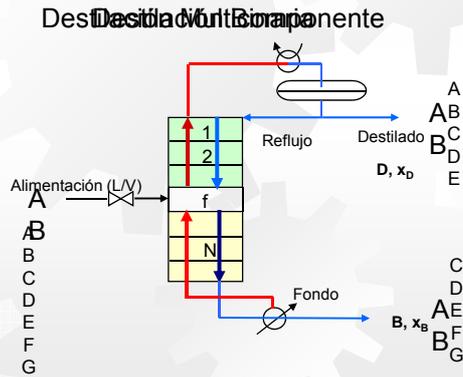
### ☀ Métodos Cortos.

Reflujo Total. Ecuación de Fenske. Reflujo Mínimo. Método de Underwood. Número de etapas. Localización de la etapa óptima de alimentación.

# Conceptos Básicos

- Componentes Clave

Componentes en los que se basa la separación de la alimentación.



- Clave Ligero (LK)

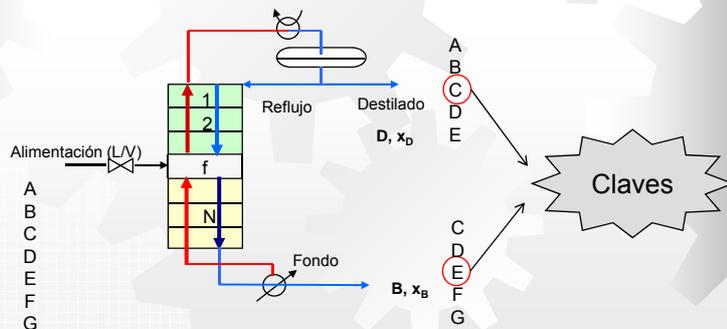
Componente más volátil de los que salen tanto en tope como en fondo.

- Clave Pesado (HP)

Componente más pesado de los que salen tanto en tope como en fondo.

- Componentes distribuidos

Componentes cuya volatilidad relativa se encuentra entre la del clave pesado y el clave liviano.



Destilación Multicomponente



- Balances de Masa engorrosos.
- No se puede efectuar cálculo gráfico.
- El cálculo riguroso requiere iteraciones etapa por etapa.

• **Métodos Cortos**

- Método de Smith-Brinkley
- F.U.G. (Fenske, Underwood, Gilliland) 
- Método de grupo de Kremser

Estimados preliminares confiables para iniciar simulación en un ordenador o computos con métodos rigurosos.

# Métodos Cortos

• **Reflujo Total. Ecuación de Fenske (1932)**

El número mínimo de etapas ( $N_{min}$ ) se obtiene de la correlación de Fenske. Incluye al reboiler y al condensador mixto.

$$N_{min} = \frac{\log \left( \frac{x_{LKD}}{x_{HKD}} \cdot \frac{x_{LKB}}{x_{HKB}} \right)}{\log(\alpha_{LK;HK})}$$

(Ec. 1)

- $x_{LKD}$  Fracción LK en destilado
- $x_{HKD}$  Fracción HK en destilado
- $x_{LKB}$  Fracción LK en fondo
- $x_{HKB}$  Fracción HK en fondo
- $\alpha_{LK,HK}$  Volatilidad relativa de LK



$\alpha_{LK,HK}$  debe ser constante.

$$b_i = \frac{f_i}{1 + \frac{d_r}{b_r} \cdot \alpha_{i,r}^{N_{\min}}} \quad (\text{Ec. 2}) \quad d_i = \frac{f_i \cdot \frac{d_r}{b_r} \alpha_{i,r}^{N_{\min}}}{1 + \frac{d_r}{b_r} \cdot \alpha_{i,r}^{N_{\min}}} \quad (\text{Ec. 3})$$

d Flujo molar destilado.

b Flujo molar de fondo.

r= Compuesto de referencia del cual se conozca el flujo en tope y fondo.

$\alpha_{i,r}$  Volatilidad relativa de i respecto al componente de referencia (HK )

N min aumenta:

- Si la volatilidad relativa del clave liviano respecto al pesado es pequeña (separaciones difíciles).
- A medida que la composición del clave liviano en el destilado o del clave pesado en el fondo aumentan.

### ★ Reflujo Mínimo. Ecuaciones de Underwood (1948)

Deducción Compleja. Asume :

Flujo molar constante en las zonas intermedias.

Volatilidad relativa constante

$$\alpha_i = (\alpha_{i,d} \cdot \alpha_{i,b})^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec. 4,5})$$

$$\alpha_i = (\alpha_{i,d} \cdot \alpha_{i,f} \cdot \alpha_{i,b})^{\frac{1}{3}}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{i,HK} \cdot z_i}{\alpha_{i,HK} - \mathcal{G}} = 1 - q \quad (\text{Ec. 6})$$

$x_{i,d}$  Fracción i en destilado

$z_i$  Fracción i en alimentación

$$q = \frac{(H_V - H_F)}{(H_V - H_L)}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{i,HK} \cdot x_{i,d}}{\alpha_{i,HK} - \mathcal{G}} = R_{\min} + 1 \quad (\text{Ec. 7})$$

$R_{\min}$  Reflujo Mínimo

$$\mathcal{G} = \frac{L_{\min}}{V_{\min} K_{HK}}$$

Especificada la condición termodinámica de la alimentación se procede a calcular los valores de  $\Theta$  que satisfagan la ecuación 6.

$$\alpha_{HK, HK} < \mathcal{Q}_1 < \alpha_{LK, HK} \quad (\text{Ec. 8})$$

Estimado el (los) valor(es) de  $\Theta$ , se plantea la ecuación 7 tantas veces como raíces haya de  $\Theta$  para conocer los valores de  $R_{\min}$  y las composiciones  $x_{i,d}$ . Un estimado inicial de los flujos en tope y fondo puede conocerse por las ecuaciones de Yaw y col. :

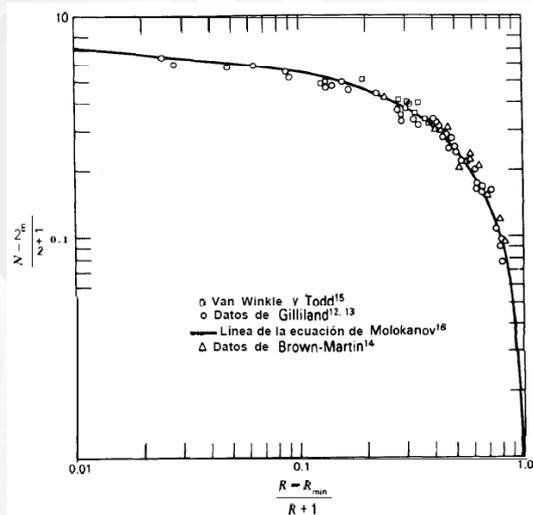
$$\frac{d_i}{f_i} = \frac{10^A \alpha_{i,r}^B}{1 + 10^A \cdot \alpha_{i,r}^B} \quad (\text{Ec. 9}) \quad \frac{b_i}{f_i} = \frac{1}{1 + 10^A \cdot \alpha_{i,r}^B} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$A = -\log \left( \frac{b_{HK}/f_{HK}}{1 - b_{HK}/f_{HK}} \right) \quad B = \frac{\log \left( \left( \frac{d_{LK}/f_{LK}}{1 - d_{LK}/f_{LK}} \right) \cdot \left( \frac{b_{HK}/f_{HK}}{1 - b_{HK}/f_{HK}} \right) \right)}{\log(\alpha_{LK, HK})}$$

(Ec. 11, 12)

✦ **Etapas a Reflujo Real. Correlación de Gilliland (1940)**

Método Empírico. Requiere conocer  $N_{\min}$  y  $R_{\min}$



$$R = f(R_{\min})$$

✦ Localización de la Alimentación. Ecuación de Kirkbride

$$\frac{N_R}{N_A} = \left[ \frac{z_{HK,F} \left( \frac{x_{LK,B}}{x_{HK,D}} \right)^2 \frac{B}{D}}{z_{LK,F}} \right]^{0,206} \quad (\text{Ec. 13})$$

B Flujo molar de Fondo

D Flujo molar de Fondo

$N_R$  Etapas de Rectificación

$N_A$  Etapas de Agotamiento