



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

Absorción. Fundamentos.



Prof. Jesús F. Ontiveros

Prof. Jesús F. Ontiveros O.

Contenido

- ☀ **Solubilidad de Gases en Líquidos.**

Ley de Henry. Influencia de la Temperatura y la Presión. Efectos Químicos.

- ☀ **Absorción y Desorción**

Generalidades. Aplicación Industrial. Equipos

- ☀ **Trazado de Etapas**

Generalidades. Balance de Materia en la columna de Absorción. Recta de Operación. Diagramas de Equilibrio, Desorción. Flujos Mínimos. Eficiencia de etapas.

Solubilidad de Gases en Líquidos

- Sea 2 el gas soluto y 1 el solvente, entonces planteando el equilibrio

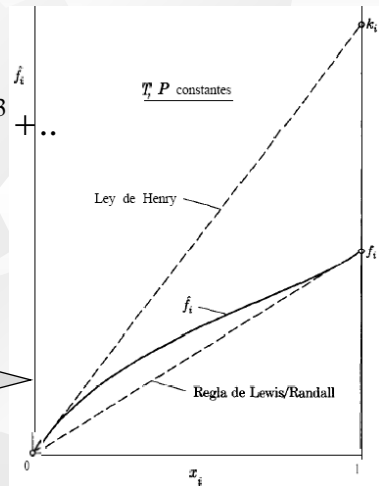
$$\phi_2 * P_2 = \gamma_2 * x_2 * f_2^o$$

$$RT \ln(\gamma_2) = A(1-x_2)^2 + B(1-x_2)^3 + \dots$$

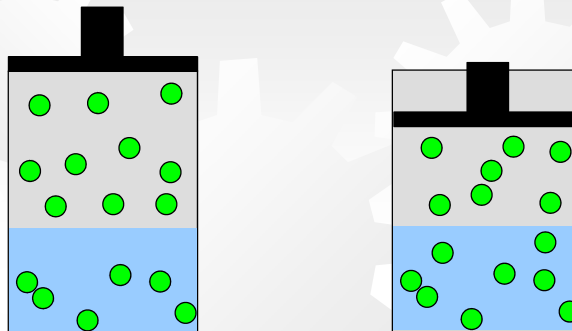
Si $x_2 \rightarrow 0$ entonces $\gamma_2 = CTE$

$$P_2 = H_{2,1} x_2$$

$$H_{i,disolvente} = \lim_{x_i \rightarrow 0} \frac{f_i^l}{x_i}$$



- Influencia de la Presión [1]



$$\ln \frac{f_i}{x_i} = \ln H_{2,1}^{(P_1^s)} + \frac{\bar{v}_2}{RT} * (P - P_1^s)$$

Ecuación de Krichevsky - Kasarnovsky

A mayor presión mayor solubilidad

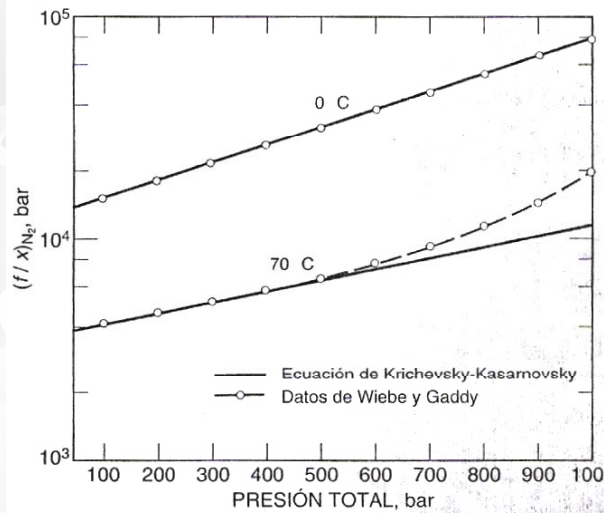


Fig. 2 Solubilidad del Nitrógeno en amoníaco líquido [1]

● Influencia de la Temperatura [1]

Según la Ley de Raoult un aumento de temperatura causa una disminución de la solubilidad del gas :

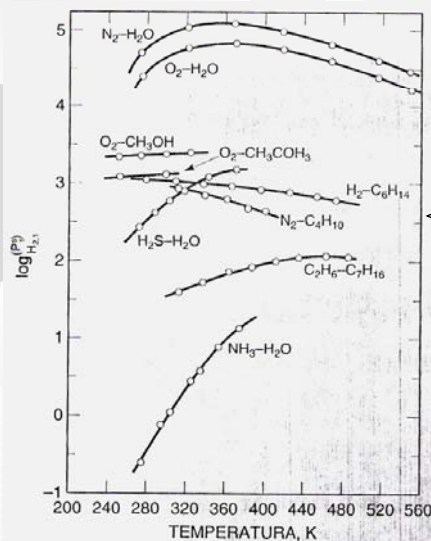


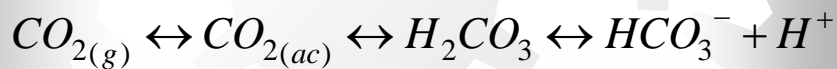
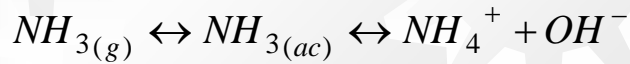
Fig. 3 Constantes de Henry (bar) para diversos gases

No siempre aplica la regla, aunque la absorción es exotérmica, la entropía también influye en la solubilidad

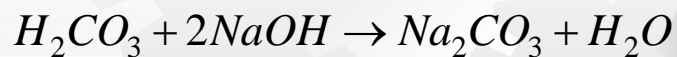
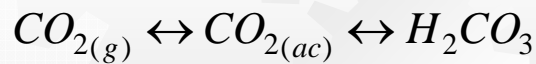
☀ Efectos Químicos [1]

Según la Ley de Raoult un aumento de temperatura causa una disminución de la solubilidad del gas :

Reacción del soluto y el solvente



Reacción del soluto con otro soluto disuelto



Prof. Jesús F. Ontiveros O.

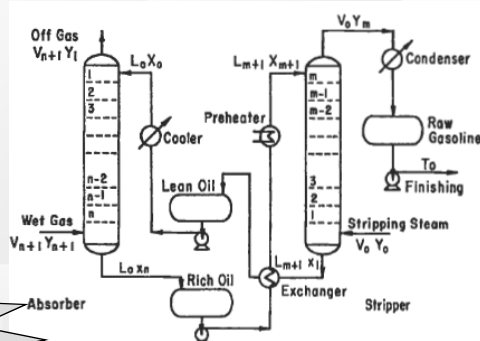
Absorción

☀ Generalidades

Método de separación basado en la solubilidad de un gas en un líquido. Es la segunda "operación unitaria" más utilizada en los procesos de separación. [2]

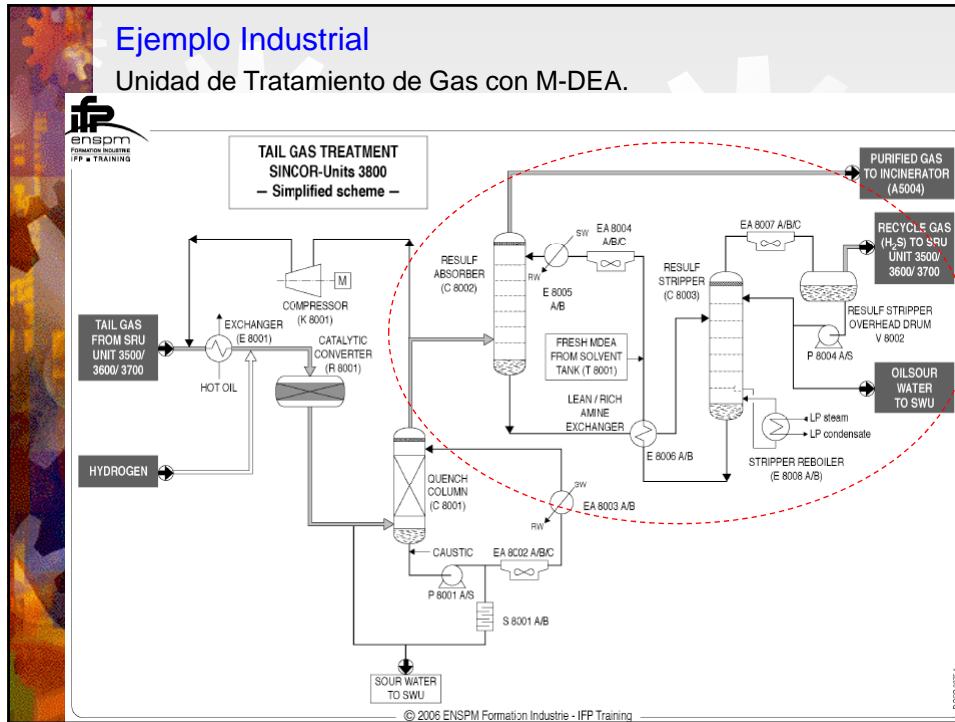
El gas se alimenta en el fondo y el líquido por el tope.

La corriente de servicio se regenera con una separación adicional, destilación o desorción.



Ejemplo Industrial

Unidad de Tratamiento de Gas con M-DEA.



Prof. Jesús F. Ontiveros O.

Absorción [4]

- Física
- Química (Reversible e irreversible)

Equipos

Se usan columnas de platos y de empaques.



Platos :

Trazado análogo a McCabe Thiele



Empaques :

Método de HETP

Trazado de Etapas

Generalidades

Método gráfico para absorción, análogo al de McCabe

- Calor de Absorción despreciable
- Sistema isotérmico.
- Solvente "S" no volátil
- Gas portador "C" insoluble.

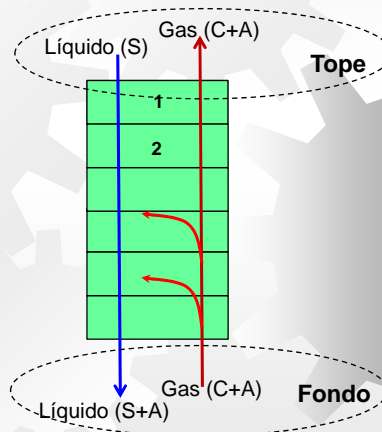
$$L_e + G_e = L_s + G_s$$

$$S_1 = S_2 = \dots S_N$$

$$C_1 = C_2 = \dots C_N$$

"A" pasa continuamente del gas al líquido

¡NO SE PUEDE ASUMIR FLUJO MOLAR CONSTANTE!



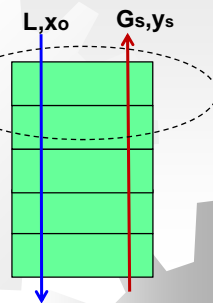
Balance de Materia en columna de Absorción

$$x_A = \frac{A}{A+S} \quad y_A = \frac{A}{A+C}$$

$$L_o + G = L + G_s$$

$$x_{Lo}L_o + yG = xL + y_sG_s$$

Complicado de resolver pues G y L no son constantes



Se facilita con los supuestos de solvente no volátil y gas insoluble.

$$L' = S \quad G' = C$$

$$X_A = \frac{A}{S} \quad Y_A = \frac{A}{C}$$

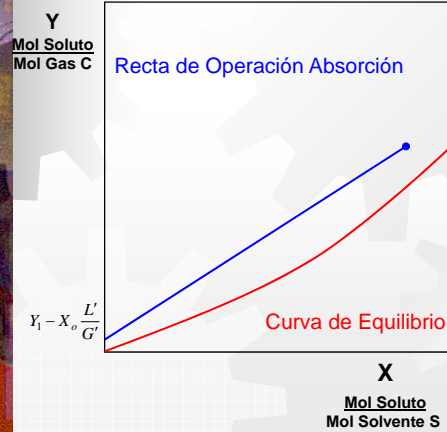
$$X_oL' + YG' = XL' + Y_sG'$$

✶ Recta de Operación. Curva de Equilibrio

$$X_o L' + Y G' = X L' + Y_s G'$$

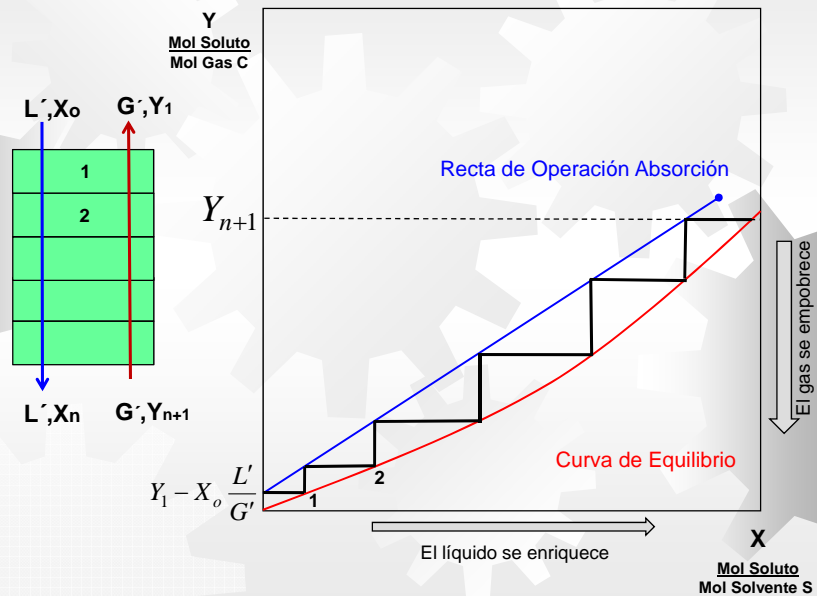
$$Y = X \frac{L'}{G'} + Y_s - X_o \frac{L'}{G'}$$

¡G' y L' son constantes!

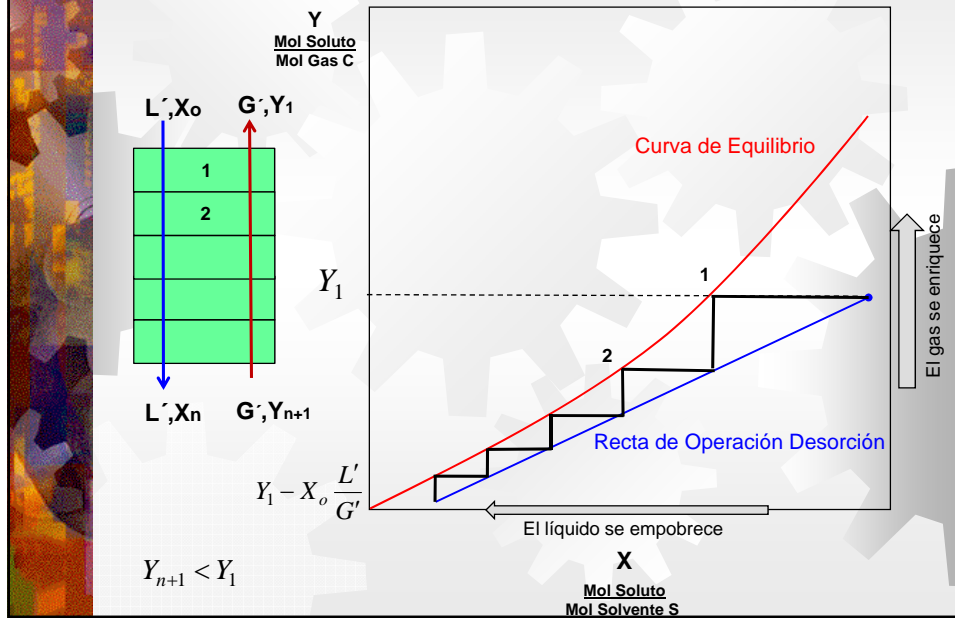


Datos de Equilibrio
 P_A vs x_A (masa o molar)
 \downarrow
 x vs. y
 X vs. Y (fracciones libres de soluto)

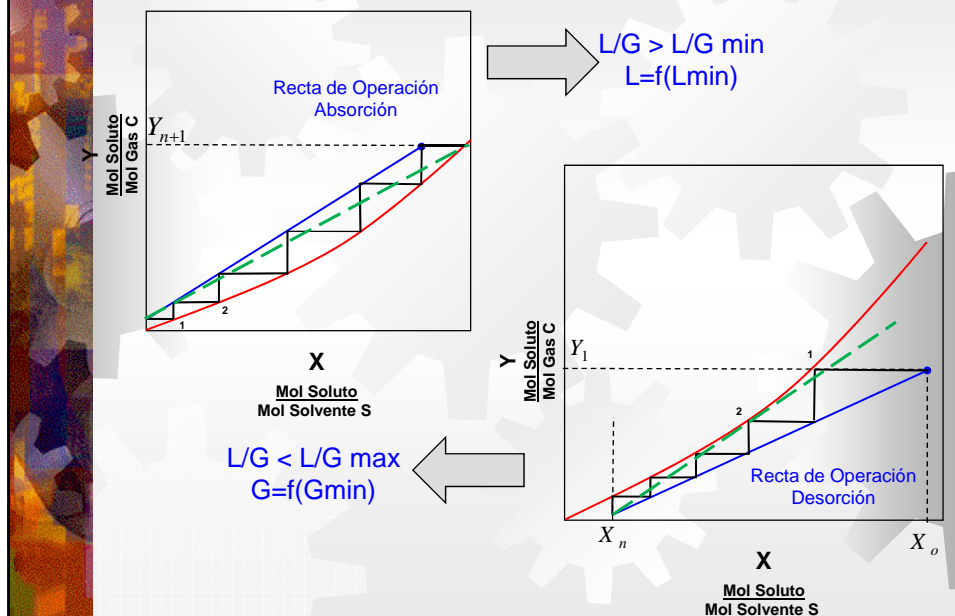
✶ Trazado de Etapas en Absorción $Y_{n+1} > Y_1$



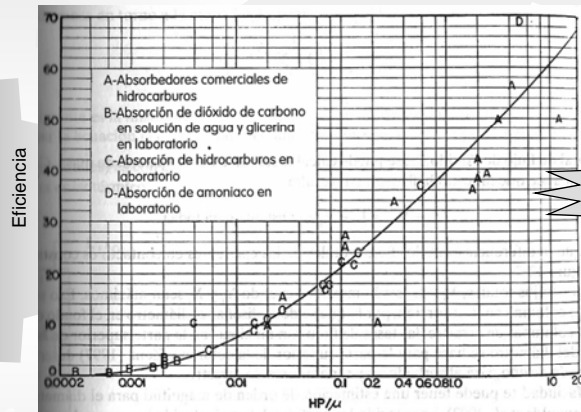
☀ Desorción. Recta de Operación y Trazado de Etapas



☀ Relación L/G límite [5]



☀ Eficiencia de Etapas



Mas bajas que en destilación

Correlación de O'Connell para eficiencia total de absorvedores^[4]

$$E = 0.37237 + 0.19339 \log \left(\frac{HP}{\mu} \right) + 0.024816 \left(\log \left(\frac{HP}{\mu} \right) \right)^2$$

H= Constante Ley Henry [=] lbmol/atm pie³
P=Presión [=] atm
μ=Viscosidad[=] cP

Referencias

- [1] Prausnitz J. "Termodinámica molecular de los equilibrios de fases" Tercera Edición. (2000). Pág. 473 y ss.
- [2] Coulson J., Richardson J., "Chemical Engineering. Volume 2: Particles Technology and Separation Processes." Quinta Edición. (2002).
- [3] Ludwig, E. "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants". Gulf publishing Company. 1995.
- [4] Wankat, P. "Ingeniería de procesos de separación". Pearson Prentice Hall. Segunda Edición. (2008).

Foto de la portada tomada de <http://www.humblet.ca>

Foto de internos en dispositiva 10 tomadas de una parada de planta