

Capacitación para técnicos aspirantes a operadores de una refinería de petróleo

2023

Ing. Alfredo A Caballero



MÓDULO 8: ABSORCION

FACULTAD DE INGENIERÍA

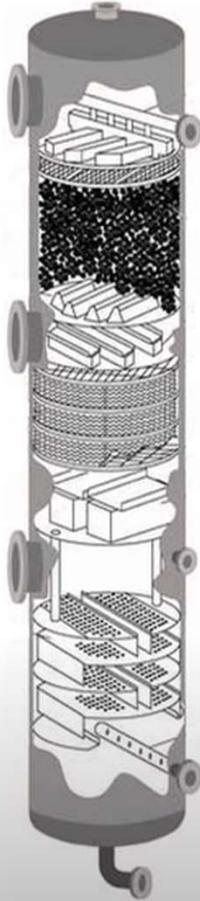
UNIVERSIDAD NACIONAL

DE CUYO

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellido: Alfredo A Caballero

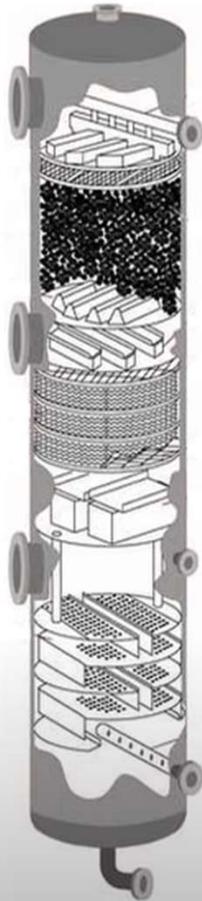
Ing Industrial – alfredo.caballero@ingenieria.uncuyo.edu.ar



CONTENIDO

- Fundamentos de la Absorción:
 - Concepto.
 - Torres de Absorción: Funcionamiento.
 - Tipos de Torres de Absorción.
- Ecuaciones:
 - Teoría de la Doble Capa.
 - Dimensionamiento de una Columna de Absorción: Método Gráfico
- Aplicaciones diversas.

ABSORCIÓN



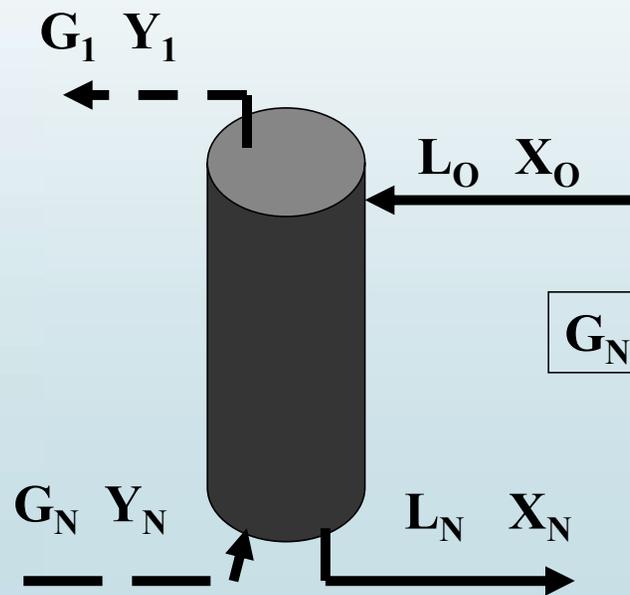
La mezcla gaseosa se pone en contacto con un líquido

La transferencia de masa es desde la corriente gaseosa al líquido.

Absorbente líquido.

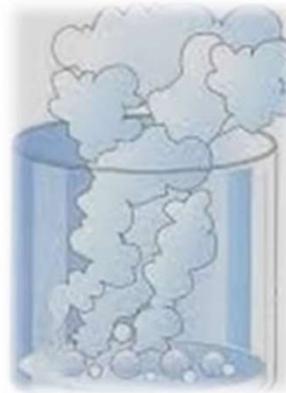
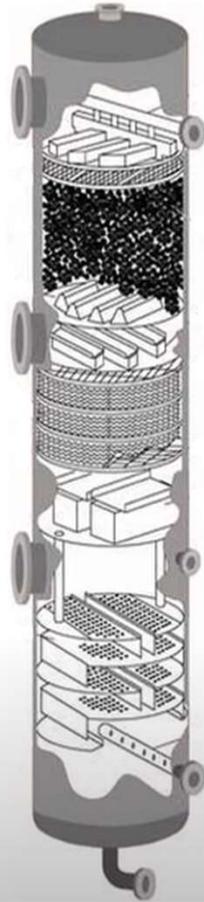
ABSORCIÓN

GAS - LIQUIDO



$$G_N Y_N + L_0 X_0 = G_1 Y_1 + L_N X_N$$

ABSORCIÓN



ABSORCIÓN



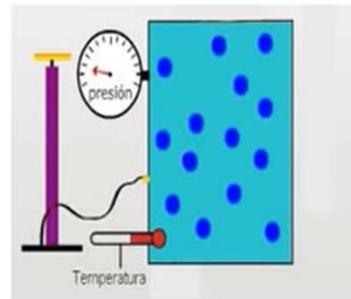
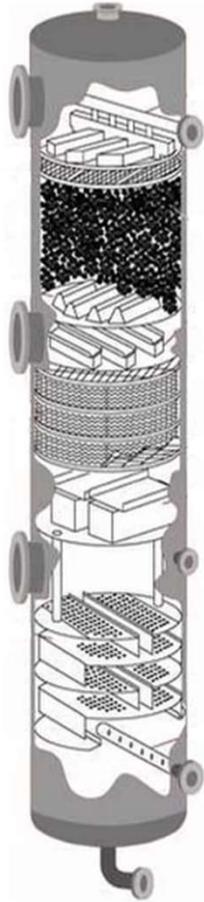
DESORCIÓN

ABSORCIÓN

PRESIÓN

TEMPERATURA

ELEMENTOS
FAVORECEDORES



ABSORCIÓN

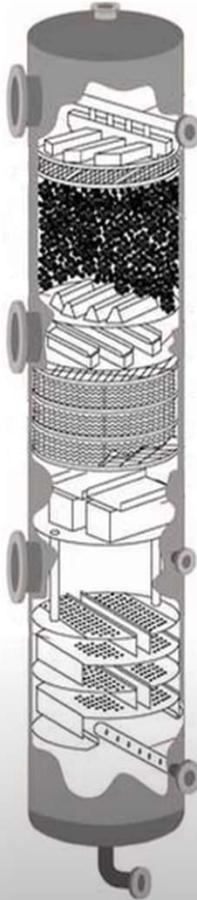
Leyes que rigen el proceso:

Fase gaseosa ideal:	$y_1 = P_1 / P_T$	Ley de Dalton
Fase líquida ideal:	$P_1 = P_1^0 x_1$	Ley de Raoult
Soluciones diluidas:	$P_1 = H x_1$	Ley de Henry

Ley de Dalton: cálculo de las presiones parciales

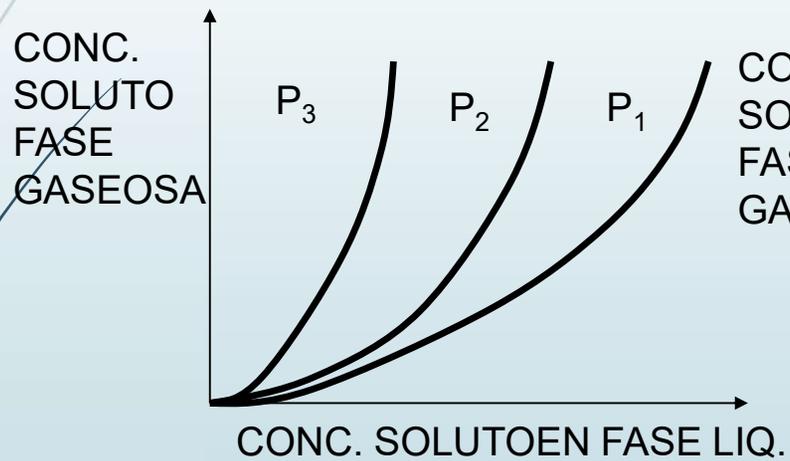
Ley de Raoult: la presión de vapor de cada componente

Ley de Henry: la cantidad de gas disuelto en un líquido

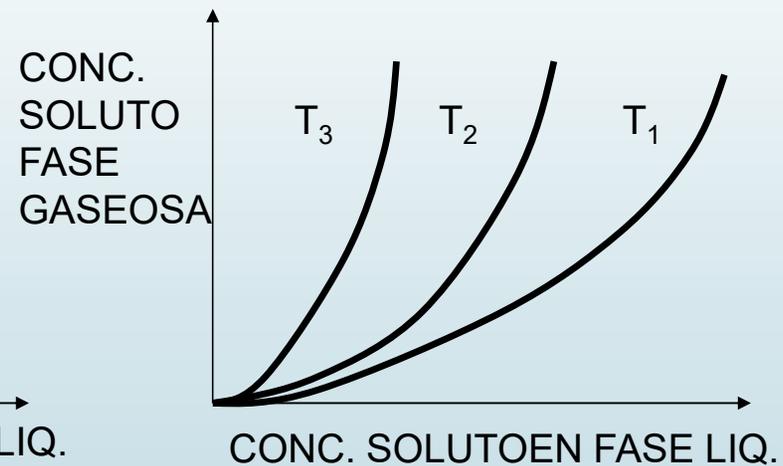


ABSORCIÓN

**LA SOLUBILIDAD DE UN GAS EN UN LIQUIDO
DEPENDE DE LA P y la T°**



$$P_1 > P_2 > P_3$$



$$T_1 < T_2 < T_3$$

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

TRANSFERENCIA DE MATERIA POR dA

p_i = Presión del componente i en el seno de la fase I.

p_{i0} = Presión del componente i en la interfase.

p_{ie} = Presión del componente i en equilibrio con la concentración del componente i en el seno de la fase II.

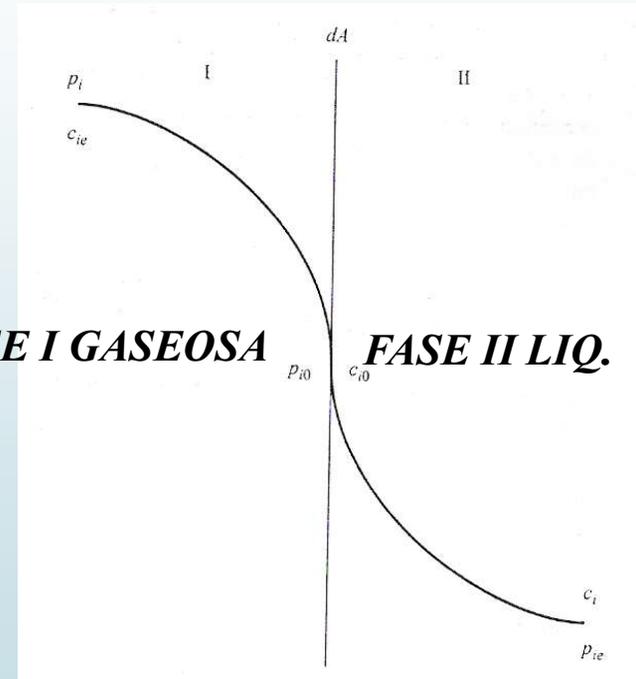
c_i = Concentración del componente i en el seno de la fase II.

c_{i0} = Concentración del componente i en la interfase.

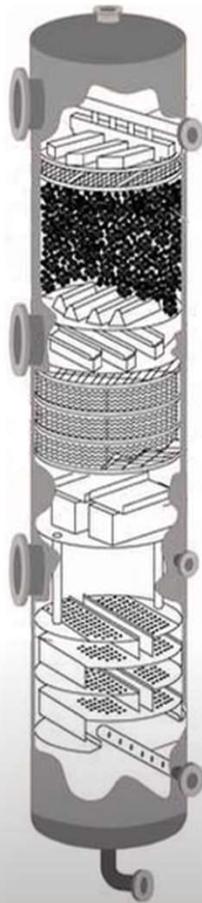
c_{ie} = Concentración del componente i en equilibrio con la presión del componente i en el seno de la fase I.

dA = Área de la superficie interfacial elemental.

FASE I GASEOSA ***FASE II LIQ.***

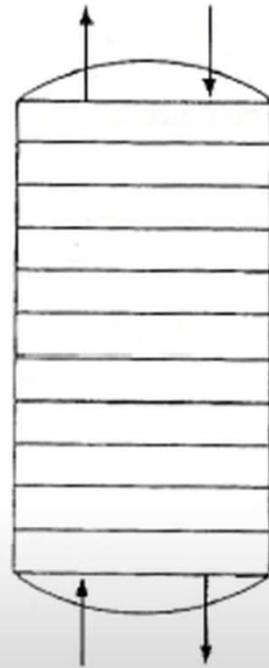


ABSORCIÓN



GAS LIMPIO
(AGOTADO)

GAS RICO
(IMPUREZAS)



SOLVENTE LIMPIO

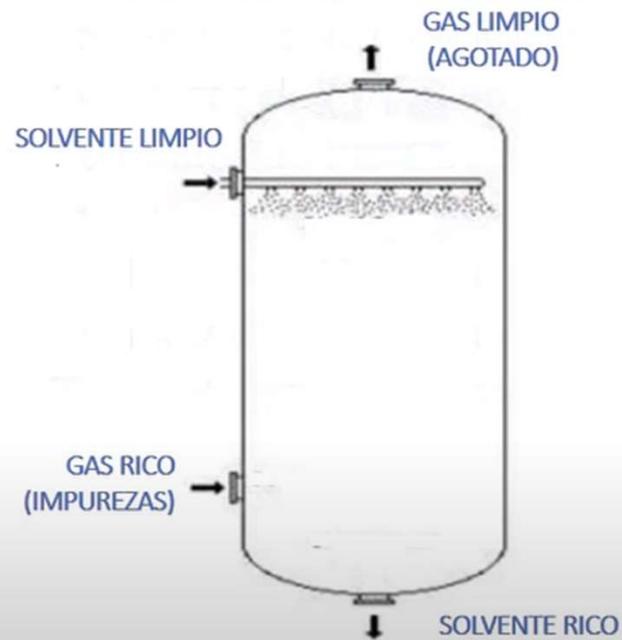
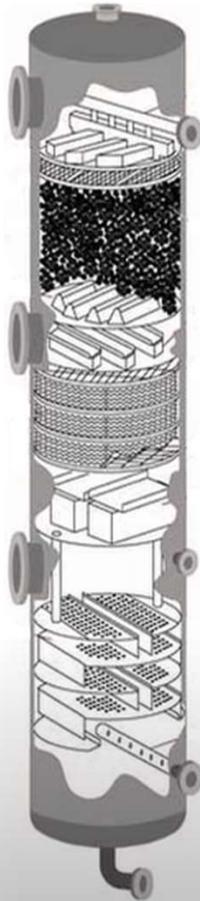
SOLVENTE RICO

MECANISMOS:

- ABSORCIÓN FÍSICA (DISOLUCIÓN)
- ABSORCIÓN QUÍMICA (REACCIÓN)

ABSORCIÓN

Torres de Spray o de Rocío

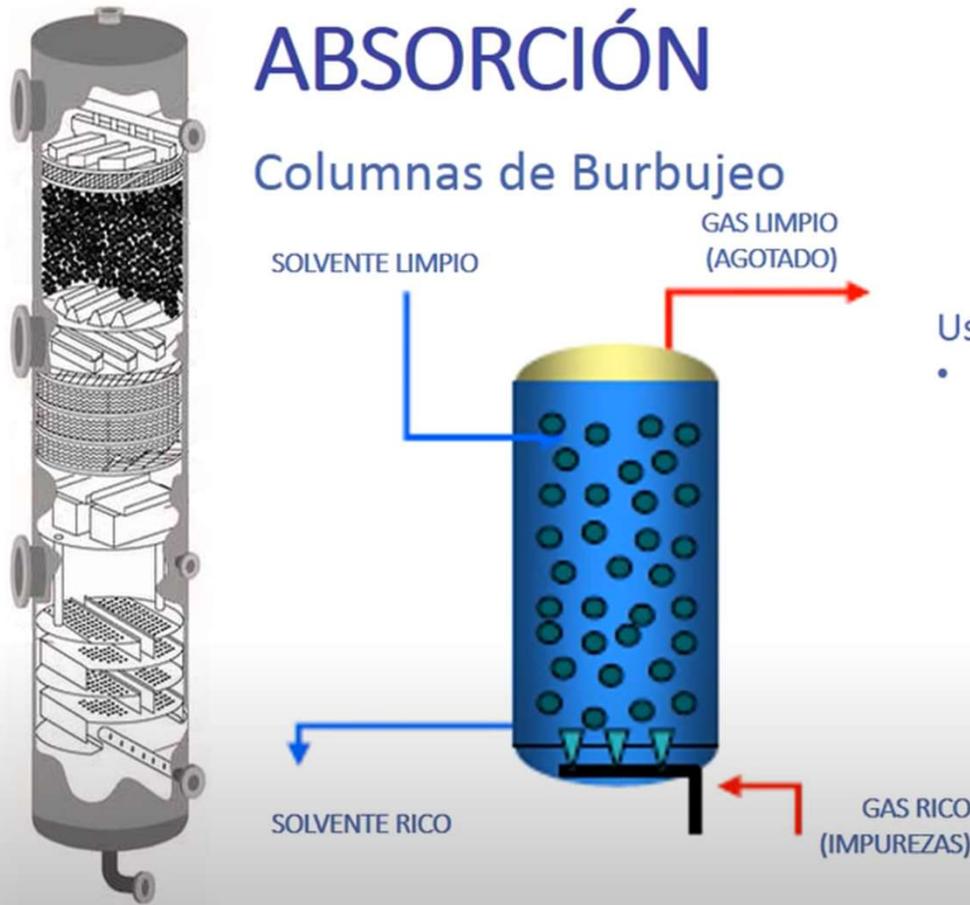


Usos:

- Partículas en la corriente de gas rico.

ABSORCIÓN

Columnas de Burbujeo

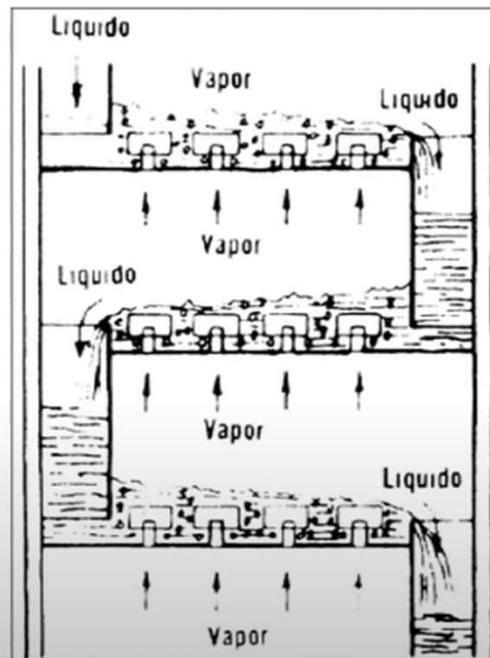
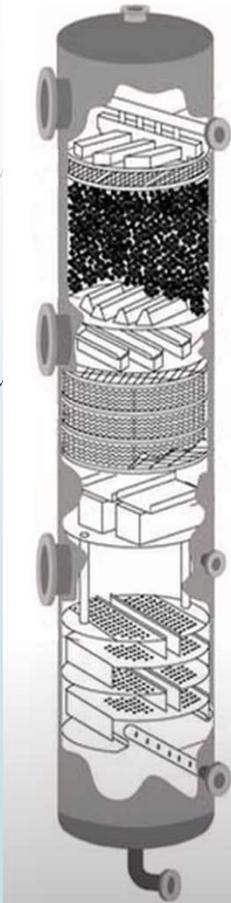


Usos:

- Solutos con solubilidad particularmente baja o altos tiempo de residencia.

ABSORCIÓN

Columnas de Platos

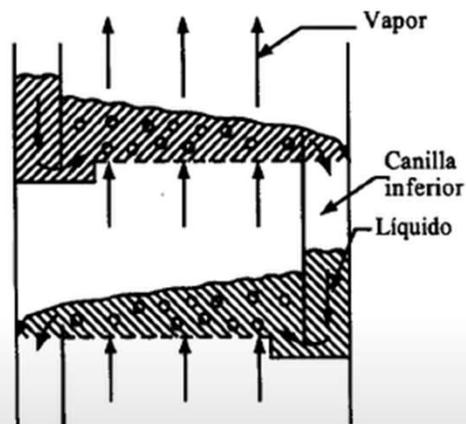
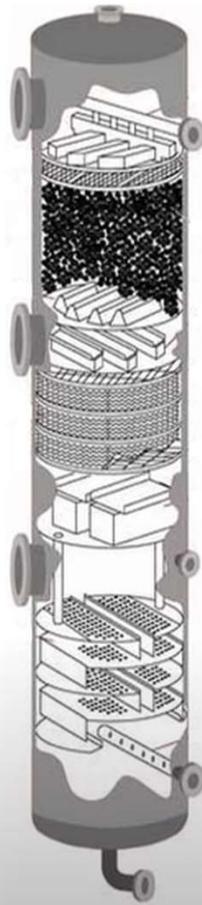


Variaciones:

- Platos Perforados.
- Platos de Válvulas.
- Platos de Capuchones.

ABSORCIÓN

Columnas de Platos

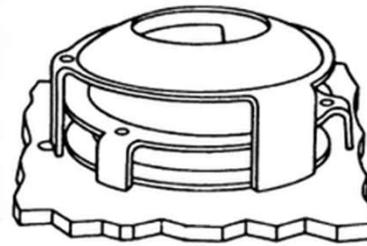
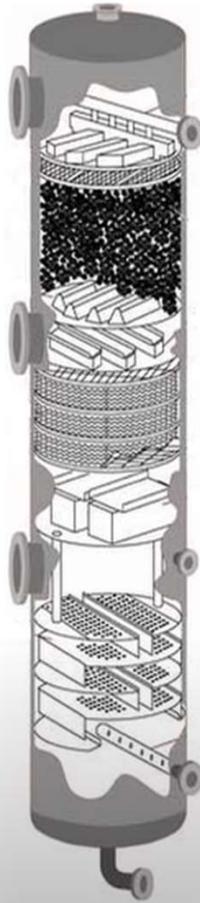


Variaciones:

- **Platos Perforados.**
- Platos de Válvulas.
- Platos de Capuchones.

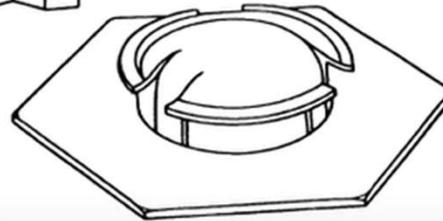
ABSORCIÓN

Columnas de Platos

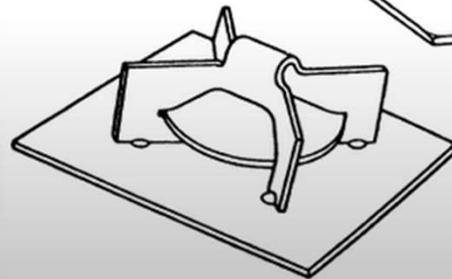


Glitsch tipo A-1

Koch tipo A



Koch tipo T

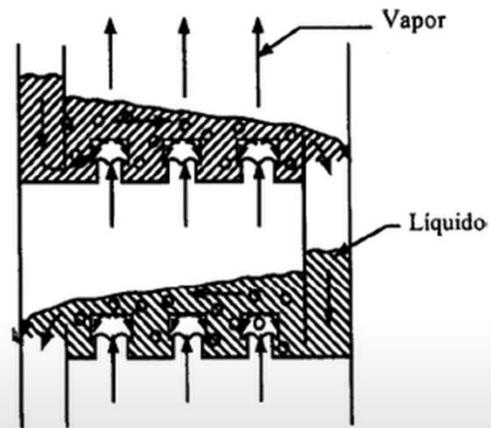
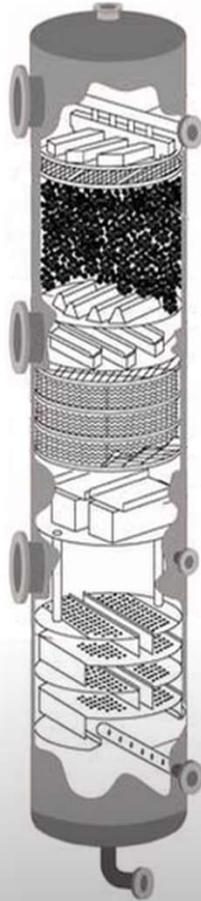


Variaciones:

- Platos Perforados.
- **Platos de Válvulas.**
- Platos de Capuchones.

ABSORCIÓN

Columnas de Platos

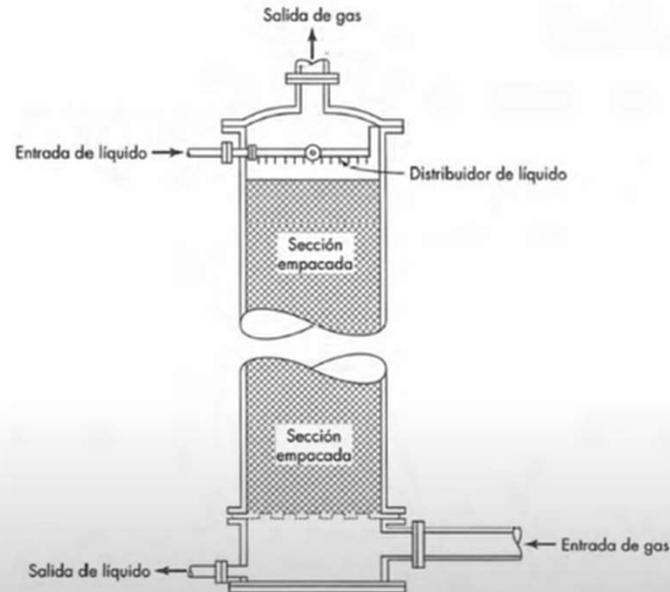
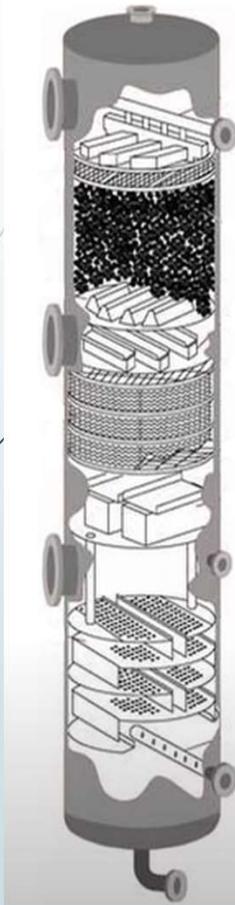


Variaciones:

- Platos Perforados.
- Platos de Válvulas.
- Platos de Capuchones.

ABSORCIÓN

Torres Rellenas o Empacadas

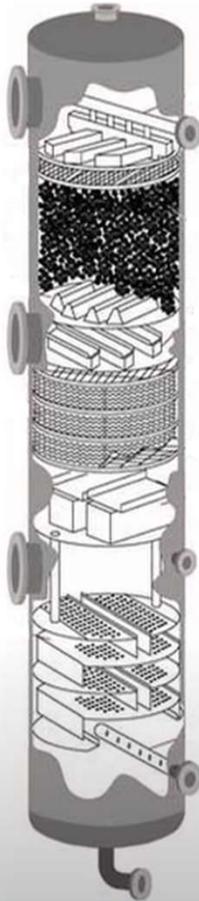


Características del empaque:

- Químicamente inerte.
- Bajo peso.
- Bajo costo.
- Facilitar el flujo.

ABSORCIÓN

Torres Rellenas o Empacadas



Anillo Raschig



Silla Intalox



Anillos Pall



Silla Berl



Anillo con helicoidal



Anillo Lessing



Anillo de partición

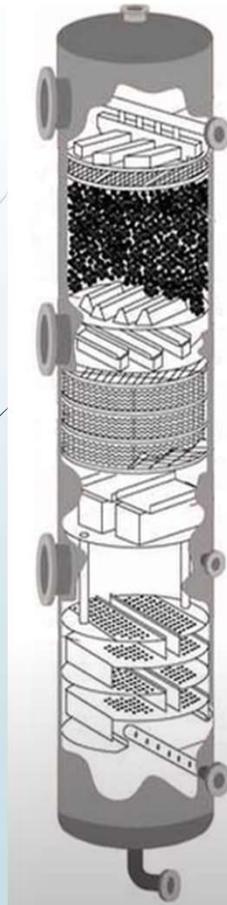
Características del empaque:

- Característica adecuadas de flujo.
- Químicamente inerte.
- Bajo peso.
- Bajo costo.

ABSORCIÓN

Comparación entre Torres de Platos y Torres Empacadas

Torres de Platos	Torres de Empaque
Baja caída de presión.	Mayor eficiencia.
Menor obstrucción.	Manejo de mayores caudales.
Menor costo de instalación y operación.	Mayor costo de mantenimiento (empaque).
Menor consumo de energía.	Uso con sustancias corrosivas.
Mejor comportamiento térmico.	Dimensiones reducidas.



ABSORCIÓN

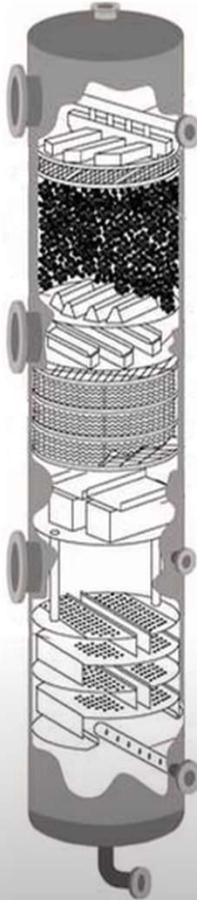
Leyes que rigen el proceso:

Fase gaseosa ideal:	$y_1 = P_1 / P_T$	Ley de Dalton
Fase líquida ideal:	$P_1 = P_1^0 x_1$	Ley de Raoult
Soluciones diluidas:	$P_1 = H x_1$	Ley de Henry

Ley de Dalton: cálculo de las presiones parciales

Ley de Raoult: la presión de vapor de cada componente

Ley de Henry: la cantidad de gas disuelto en un líquido



ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

TRANSFERENCIA DE MATERIA POR dA

p_i = Presión del componente i en el seno de la fase I.

p_{i0} = Presión del componente i en la interfase.

p_{ie} = Presión del componente i en equilibrio con la concentración del componente i en el seno de la fase II.

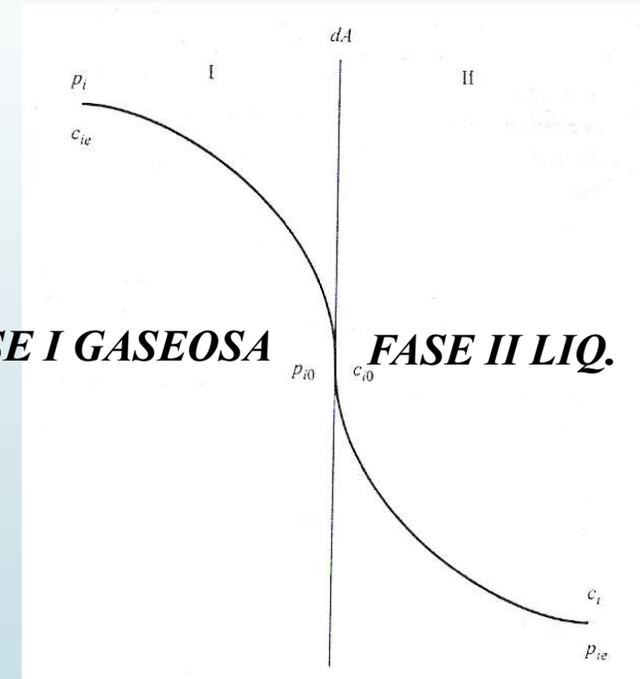
c_i = Concentración del componente i en el seno de la fase II.

c_{i0} = Concentración del componente i en la interfase.

c_{ie} = Concentración del componente i en equilibrio con la presión del componente i en el seno de la fase I.

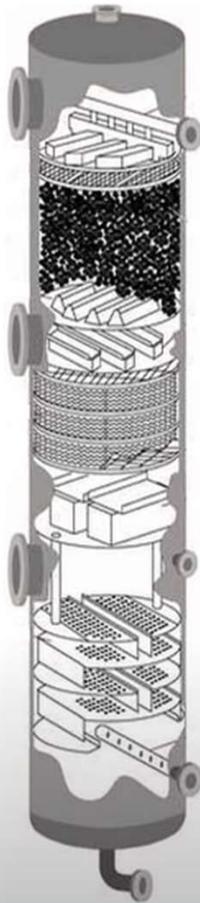
dA = Área de la superficie interfacial elemental.

FASE I GASEOSA ***FASE II LIQ.***



ABSORCIÓN

Coefficientes de Transferencia de Materia



- Escribiendo N_A en función de los gradientes:

$$N_A = k_G * (P_G - P_i) \quad [1]$$

$$N_A = k_L * (C_i - C_L) \quad [2]$$

$$N_A = k_y * (y - y_i) \quad [3]$$

$$N_A = k_x * (x_i - x) \quad [4]$$

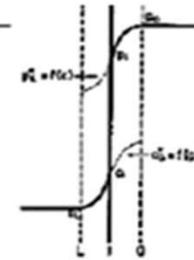
- Para compensar las diferencias de unidades, usamos la Ley de Henry $P = m * C$, entonces, igualando 1 y 2:

$$N_A = k_G * (P_G - P_i) = k_L * (C_i - C_L) \quad [5]$$

$$\frac{k_L}{k_G} = \frac{(P_G - P_i)}{(C_i - C_L)} \quad [6]$$

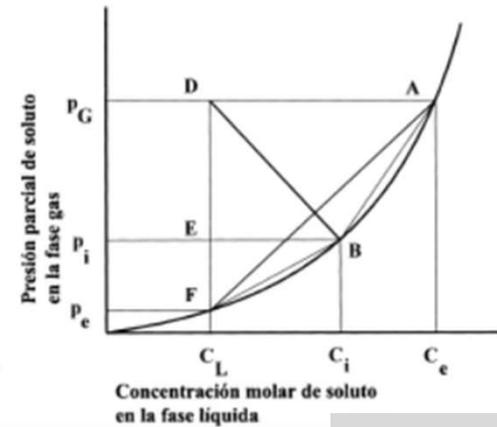
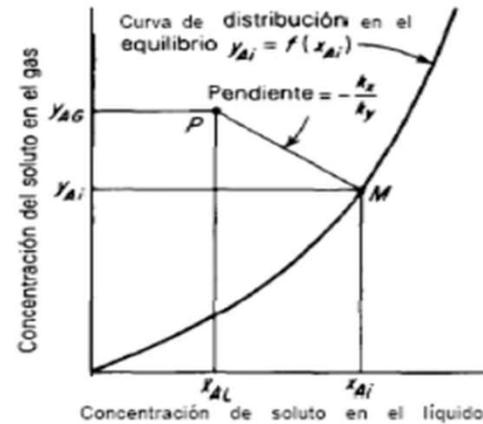
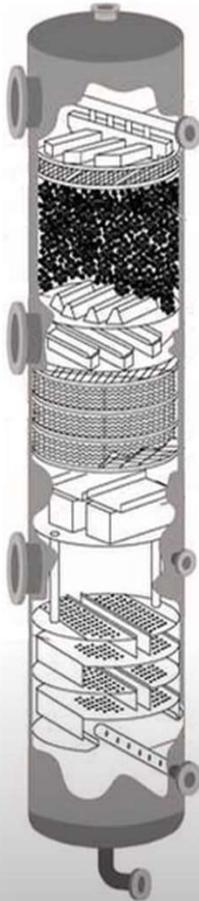
- Arreglando la ecuación 6, da:

$$-\frac{k_L}{k_G} = \frac{(P_G - P_i)}{(C_L - C_i)} \quad [7]$$



ABSORCIÓN

Coefficientes de Transferencia de Materia



- Planteando en función de los coeficientes GLOBALES K_G y K_L

$$N_A = K_G^*(P_G - P_L) \quad [8]$$

$$N_A = K_L^*(C^*_G - C_L) \quad [9]$$

ABSORCIÓN

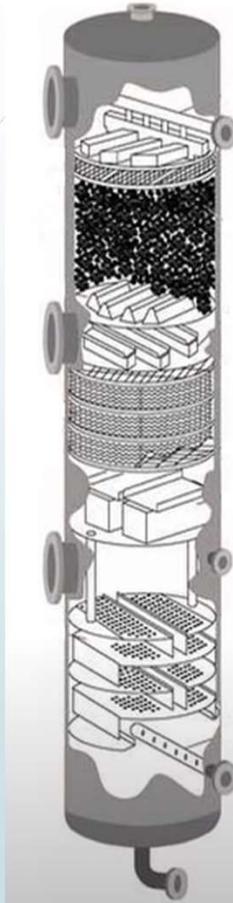
Coefficientes de Transferencia de Materia

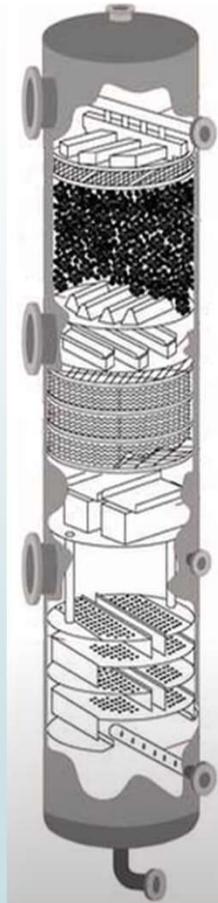
$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_G * m} + \frac{1}{k_L} \quad [10]$$

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{m}{k_L} \quad [11]$$

↓
Coeficiente de
transferencia de
materia GLOBAL:
K_L, K_G

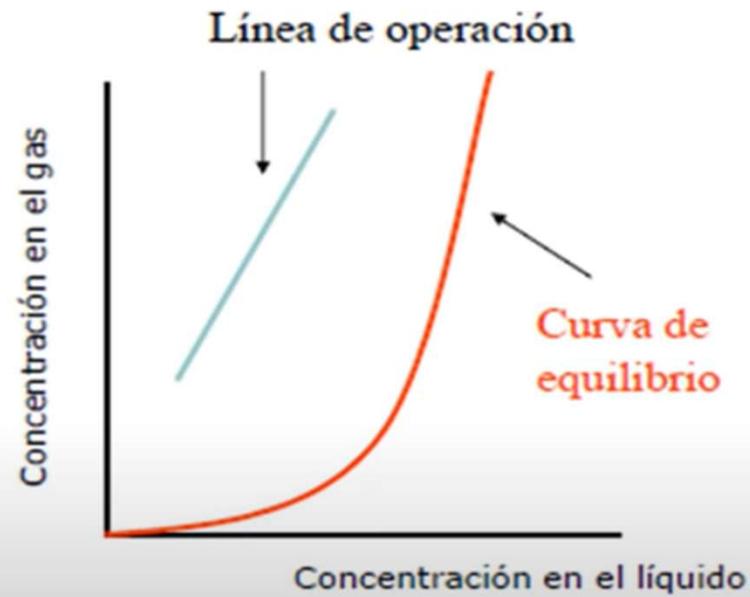
↘
Coeficiente de transferencia de
materia individuales (k_L, k_G)





ABSORCIÓN

Dimensionamiento de la Torre



ABSORCIÓN

Dimensionamiento de la Torre

Caudales de fluido:

L (moles de líquido / $h\ m^2$)

G (moles de gas / $h\ m^2$)

Corrientes exentas :

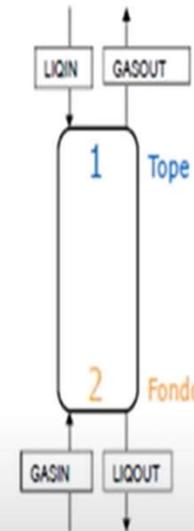
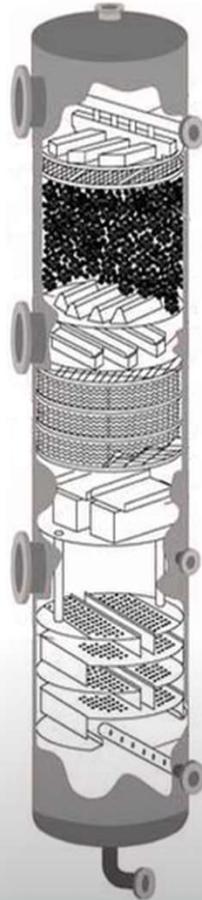
L' (moles de disolvente / $h\ m^2$)

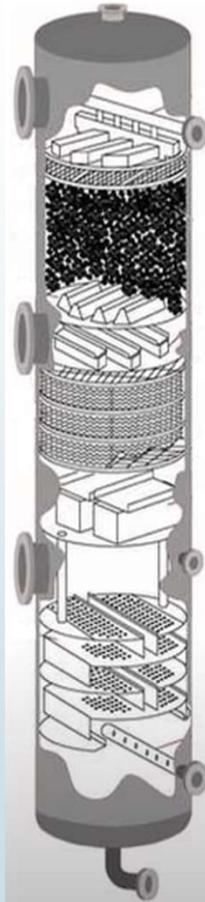
G' (moles de inerte / $h\ m^2$)

Composiciones exentas:

$X = x / 1 - x$ (moles de soluto / moles de disolvente)

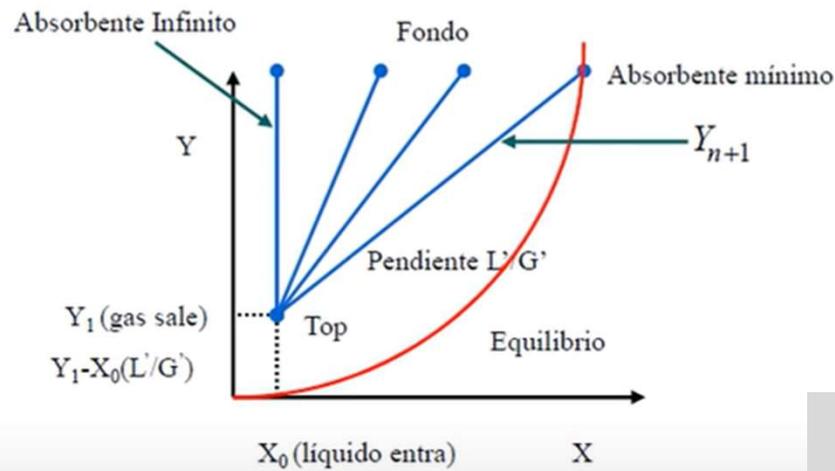
$Y = y / 1 - y$ (moles de soluto / moles de inerte)





ABSORCIÓN

Dimensionamiento de la Torre

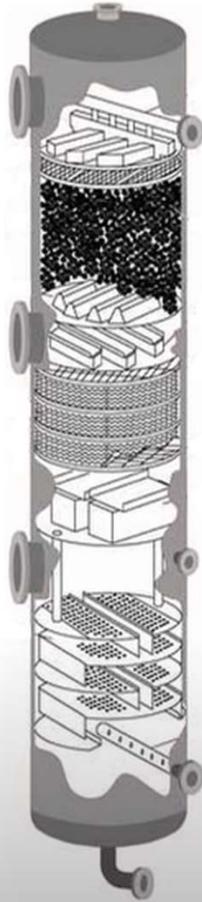


$$Y_{n+1} = X_n \left(\frac{L'_{\min}}{G'} \right) + Y_1 - X_0 \left(\frac{L'_{\min}}{G'} \right)$$

ABSORCIÓN

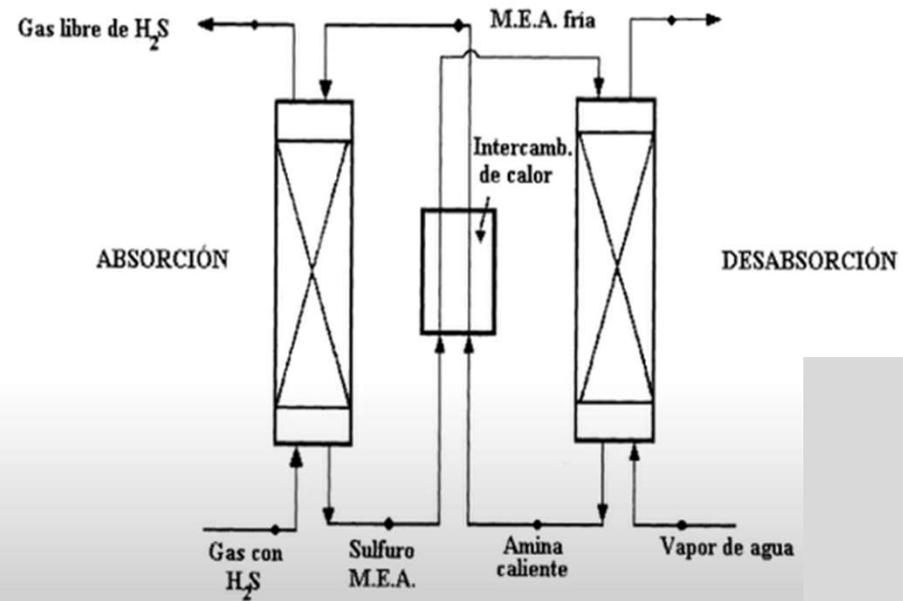
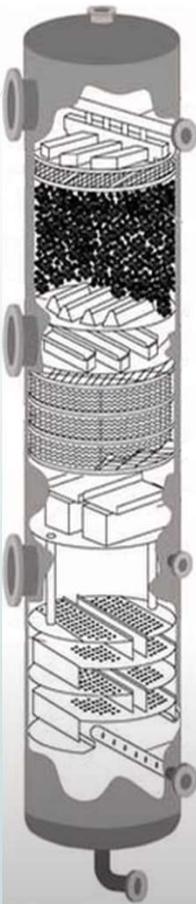
Aplicaciones

1. Eliminación de óxidos de nitrógeno con disoluciones de agentes oxidantes.
2. Recuperación de gases ácido como H₂S, mercaptanos y CO₂ como disoluciones de aminas.
3. Obtención de un Líquido.



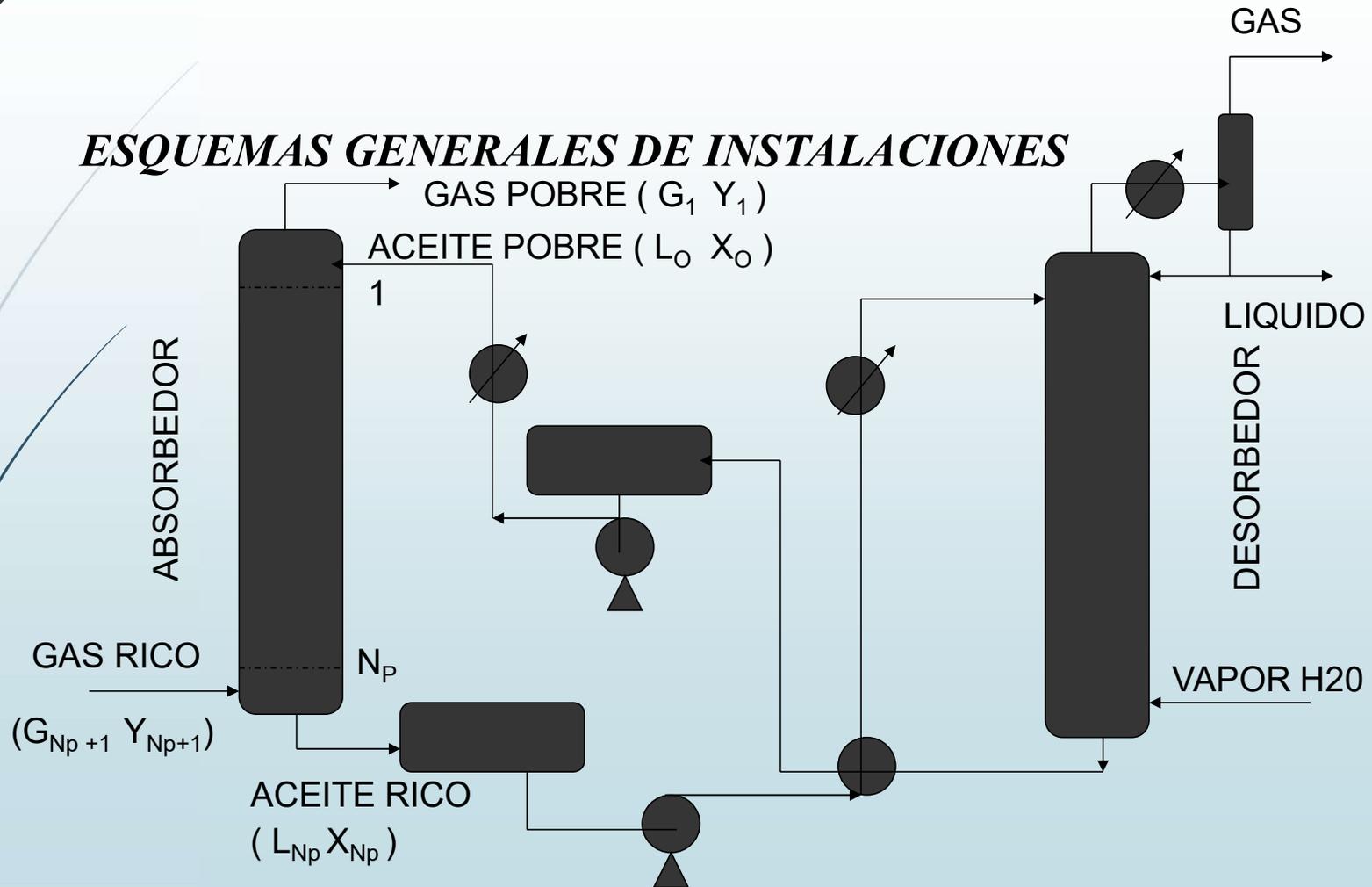
ABSORCIÓN

Aplicaciones



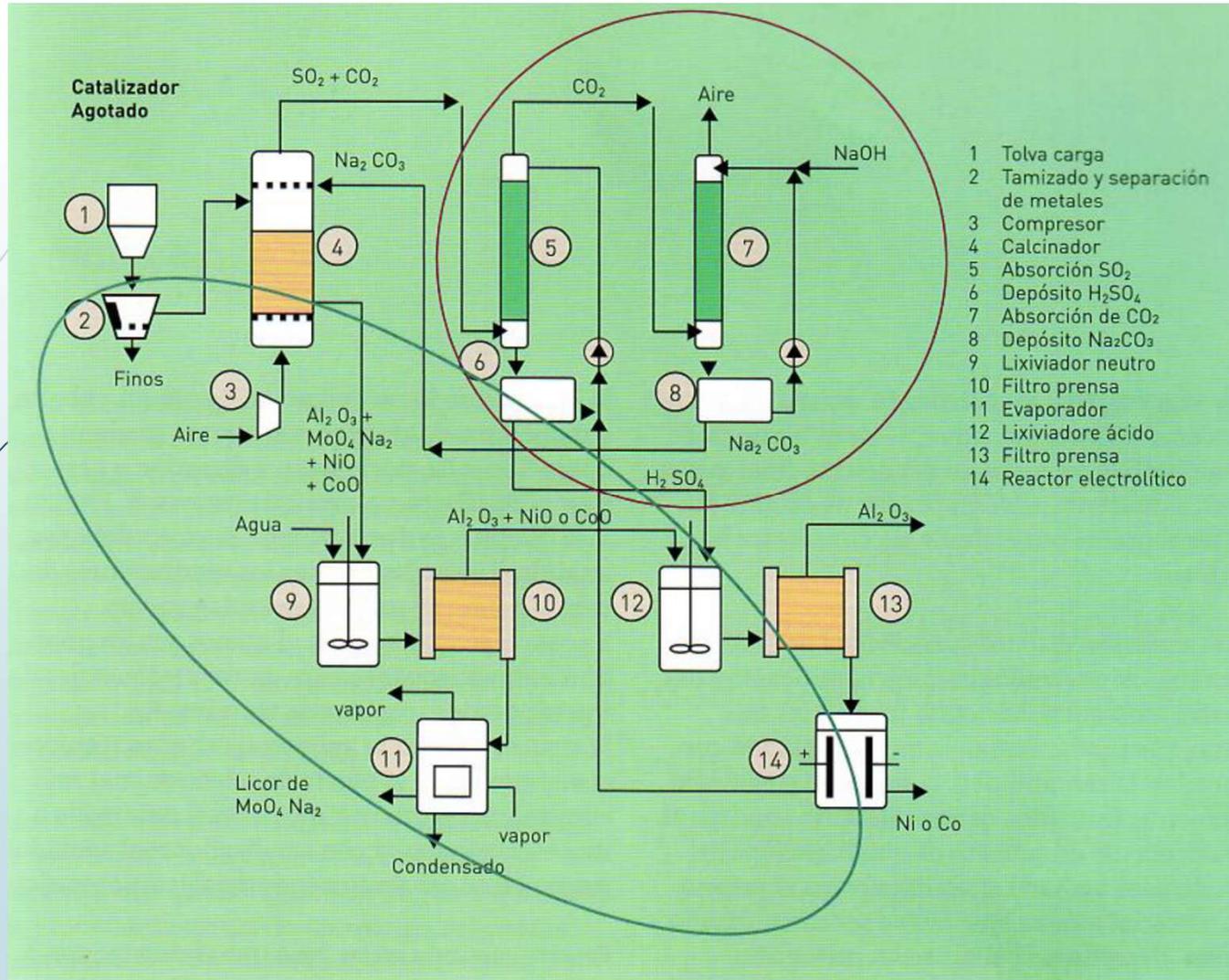
ABSORCIÓN

ESQUEMAS GENERALES DE INSTALACIONES



Recuperación de Metales de Catalizadores de Hidrotratamientos desactivados

ABSORCIÓN



ABSORCIÓN

Eficacia de los platos y de los platos reales necesarios

Para poder determinar la eficacia se debe tener en cuenta las siguientes funciones:

- Diseño de los platos.
- Propiedades del fluido.
- Modelo de flujo.

$$E_0 = \frac{N_t}{N_a} \cdot 100$$

Donde:

N_t : es el número de platos teóricos.

N_a : es el número de platos reales.

ABSORCIÓN

Eficacia de los platos y de los platos reales necesarios

eficacia de Murphree

$$E_{MV} = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}}$$

eficacia de Murphree es constante en todos los platos

$$E_0 = \frac{\log \left[1 + E_{MV} \left(\frac{1}{A-1} \right) \right]}{\log \left(\frac{1}{A} \right)} \cdot 100$$

Donde:

A: el factor de absorción

ABSORCIÓN

CARACTERISTICAS DEL FACTOR DE ABSORCIÓN

$$A = 3,156 \frac{\rho \cdot L \cdot \pi}{p \cdot M}$$

- 1- Densidad alta, pero aumenta M.
- 2- Si aumenta L/G, también aumentan los costos
- 3- Si aumento presión, mejor absorción, pero instalaciones mas robustas.
- 4- Tensión de vapor baja, por lo que se debe trabajar a T° baja

ABSORCIÓN

Velocidad de inundación de una columna

- La velocidad del flujo límite, es la carga de inundación.
- La fase gaseosa no puede tener una velocidad cualquiera, tiene un máximo que es la velocidad de inundación.

G: velocidad másica del gas (kg/m²h).

ρ_G i ρ_L : densidad del gas y del líquido (Kg/m³).

μ_L : viscosidad del líquido (centipoises).

g: aceleración de la gravedad (1,27·10⁸ m/h²).

V: velocidad lineal del gas (m/s).

Ap/ε3: superficie específica de relleno (m²/m³), sus valores son conocidos según los diferentes tipos de relleno.

