

OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA

Diseño de Columnas Empacadas

Para el diseño de columnas empacadas es importante determinar tanto la *altura* como el *diámetro* de empacado necesario para la separación. Además se deben definir otros factores como el *tipo de empacado* más adecuado para la columna, el *material de construcción* tanto de la columna como del empacado y todos los *accesorios* requeridos (distribuidores, soportes, escaleras, tubería, etc.).

En general, un buen empacado debe de ofrecer las siguientes características:

- Alta área interfásial de contacto líquido-gas. Esto se cuantifica a través del área superficial por unidad de volumen de empacado, a_p que se define:

$$a_p = \text{área superficial/volumen de empacado.}$$

El valor de a_p debe ser elevado debido a la estructura macroscópica (huecos) del empacado y no debido a la estructura microscópica interna (porosidad).

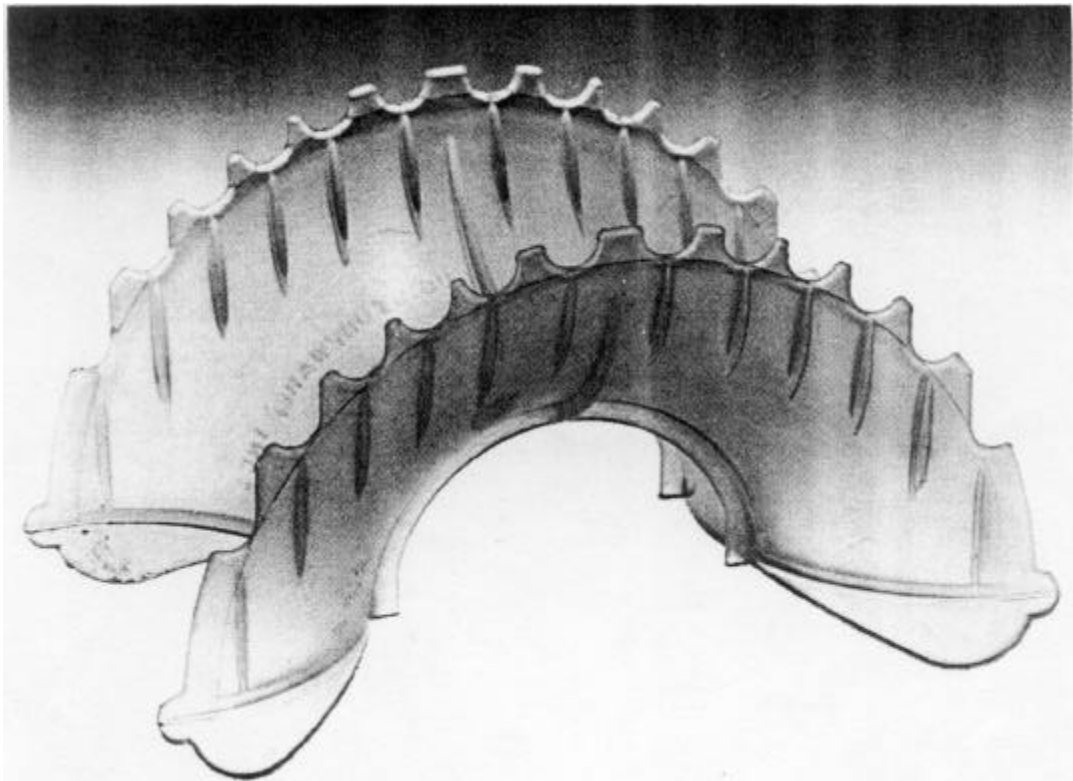
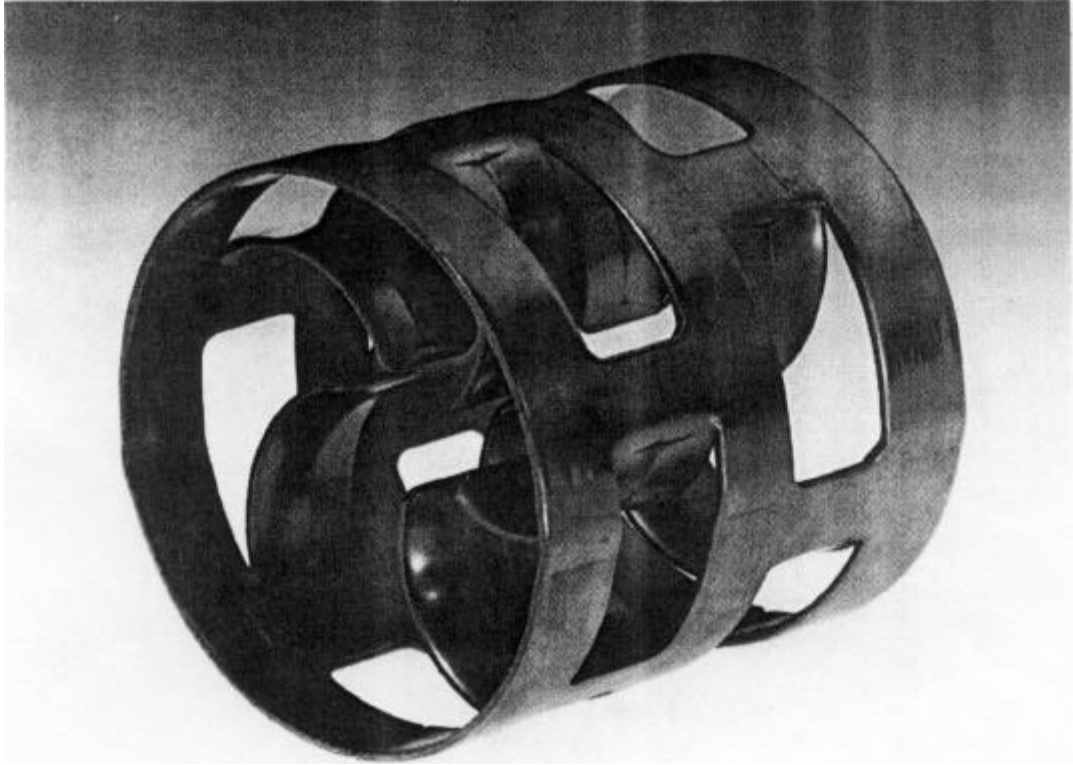
- Características adecuadas de flujo. Debe de ser capaz de manejar altos flujos de material con bajas caídas de presión.
- Químicamente inerte.
- Resistencia estructural para manejo e instalación.
- Bajo costo.

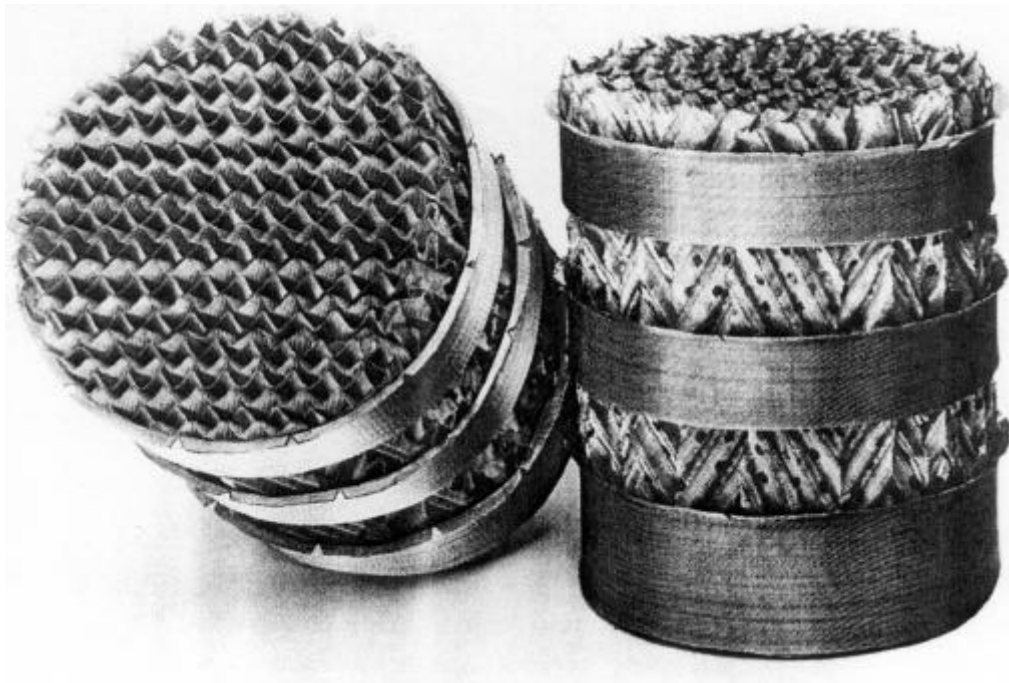
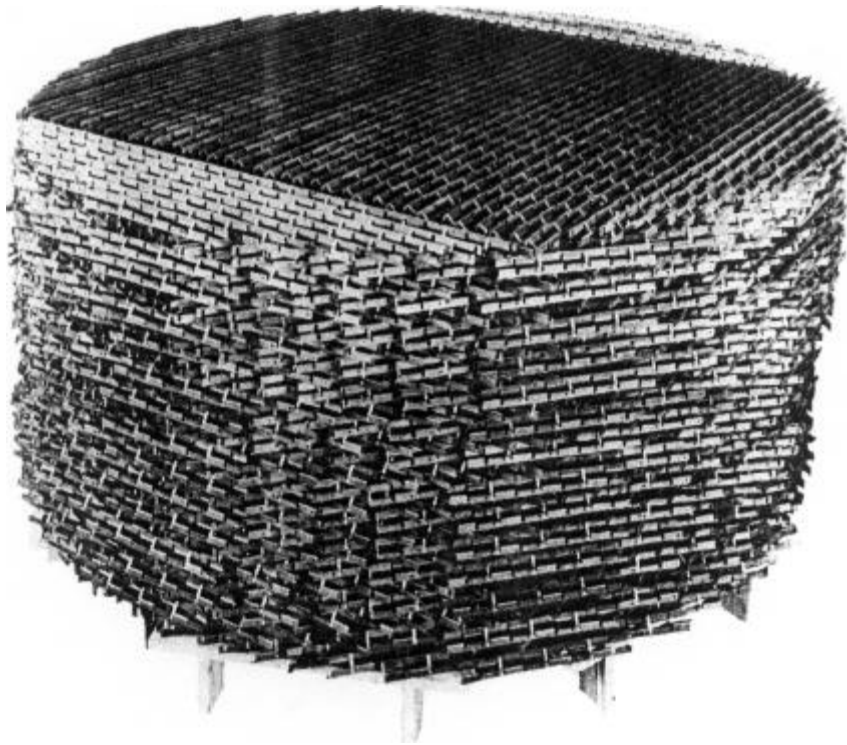
Los diferentes tipos de empacado que se manejan en la industria se pueden clasificar en dos grandes grupos:

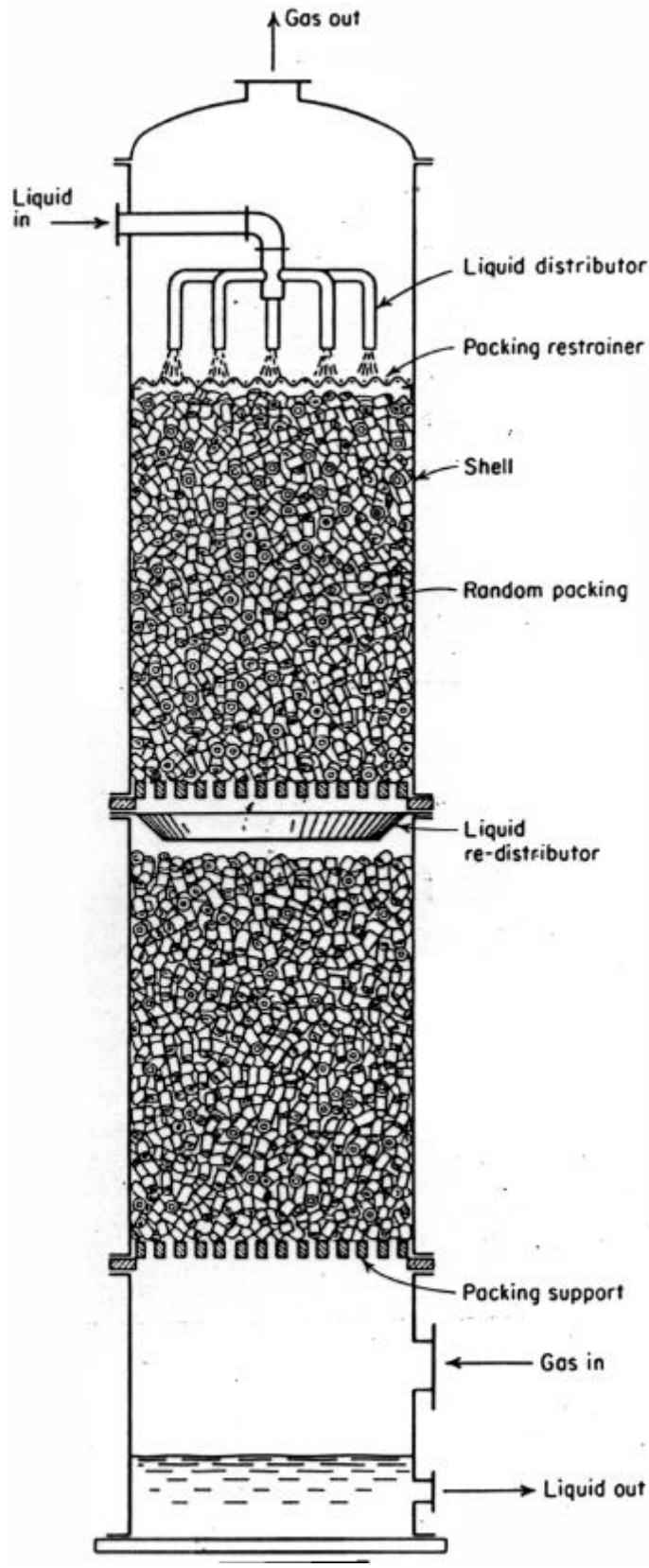
EMPACADOS AL AZAR (*random packing*), donde las partículas de empacado se encuentra distribuido en la columna totalmente al azar. El diseño particular de las partículas influye mucho en las características de transferencia de masa y caída de presión.

EMPACADOS ORDENADOS (*regular packing*), en donde la distribución del empacado sigue un patrón definido dentro de la columna, especialmente diseñado para lograr características adecuadas de flujo y transferencia de masa.

La tabla 6.3 del libro de texto reporta las características físicas de algunos empacados de uso industrial. La figura 6.34 describe el comportamiento hidráulico de una columna empacada.







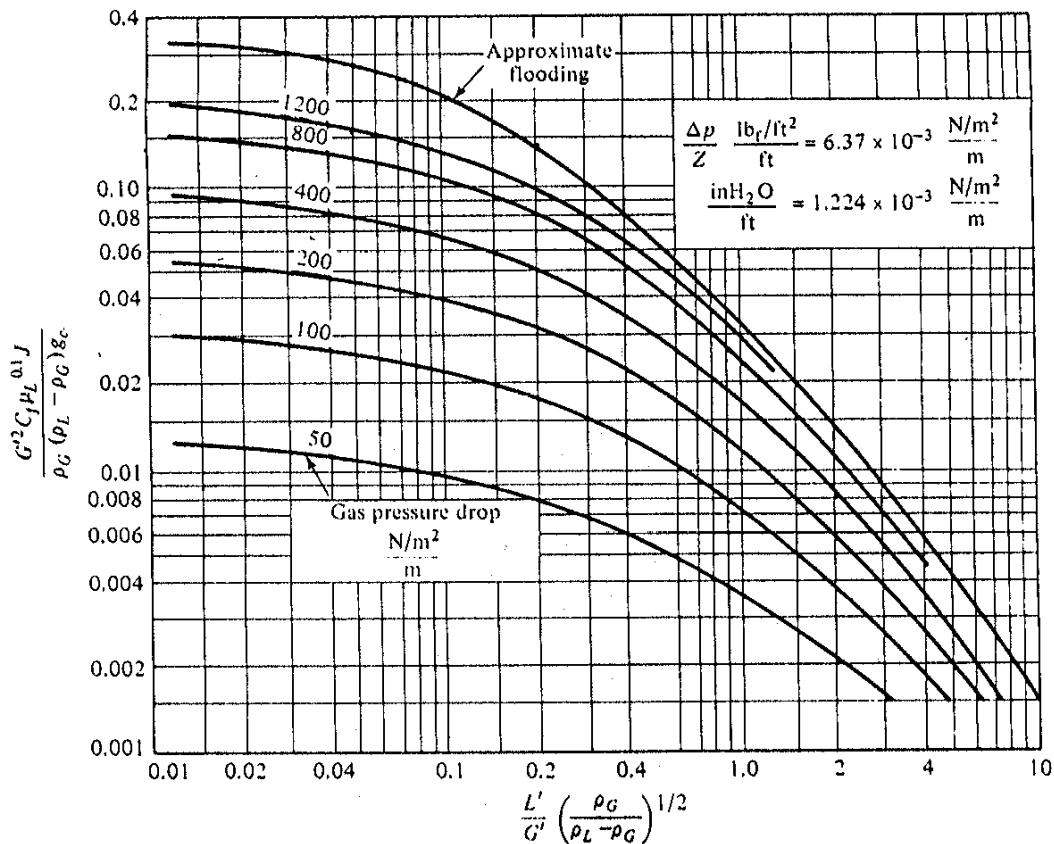
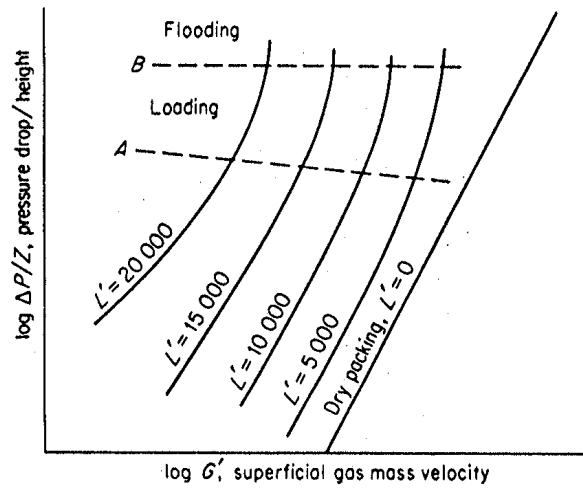


Figure 6.34 Flooding and pressure drop in random-packed towers. For SI units $g_c = 1$, C_f from Table 6.3, and use $J = 1$. For $G' = \text{lb}/\text{ft}^2 \cdot \text{h}$, $\rho = \text{lb}/\text{ft}^3$, $\mu_L = \text{cP}$, $g_c = 4.18 \times 10^8$, C_f from Table 6.3, and use $J = 1.502$. [Coordinates of Eckert [38], Chemical Process Products Division, Norton Co.]

OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA

Cálculo del Diámetro de una Columna Empacada

(a) Fijando una caída de presión.

1. Determinar la razón de flujos (L/G) en unidades másicas.
2. Calcular el factor $\left(\frac{L}{G}\right)\sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G}}$ en unidades másicas.
3. Escoger el valor de $\Delta P/Z$ deseada. Este valor puede modificarse al determinar la ΔP total de la columna. Se recomienda un valor de 0.05-0.1 inH₂O/ft para operaciones al vacío, de 0.2-0.4 inH₂O/ft para operaciones alrededor de la presión atmosférica y de 1.0-1.5 inH₂O/ft para operaciones a alta presión.
4. Utilizando la figura 6.34 u otra similar, con el factor $\left(\frac{L}{G}\right)\sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G}}$, determinar el valor de la ordenada Y.
5. Calcular el flujo de gas por unidad de área

$$\hat{G} = \left[Y \frac{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c}{C_f \mu^{0.1} J} \right]^{1/2}$$

6. Determinar el diámetro $D = \sqrt{\frac{4G}{\pi \hat{G}}}$.

(b) Fijando un % de inundación.

En este caso el procedimiento se modifica en los pasos 3, 4 y 5 a:

3. Utilizando la figura 6.34 u otra similar con el factor $\left(\frac{L}{G}\right)\sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G}}$ y bajo condiciones de inundación, determinar el valor de la ordenada Y_f .

4. Calcular el flujo de gas de inundación por unidad de área

$$\hat{G}_f = \left[Y_f \frac{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c}{C_f \mu^{0.1} J} \right]^{1/2}$$

5. Determinar el flujo de gas de operación como un porcentaje del flujo de gas de inundación

$$G = (50\% - 80\%) G_f$$

SELECCION DE EMPACADO.

En general se recomienda seleccionar un tamaño de empacado menor al 10% del diámetro de la columna. Se ha observado que en general, la eficiencia de transferencia de masa es similar para empacados del mismo tamaño. Por tanto, para una caída de presión (o inundación) fija,

o bien

como el volumen de empacado es $\pi D^2/4$ y el costo del empacado es proporcional al volumen:

por lo que se concluye que conviene seleccionar aquel empacado con menor C_f . Por ejemplo para *pall rings*:

Material	\$/ft³ (1990)	C_f	$C_f^{0.5} \times (\\$/ft^3)$
acero al carbón	18.2	20	81.4
polipropileno	13.1	25	65.5
acero inoxidable	86.2	20	385.5

OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA

Tarea

Cálculo del Diámetro de una Columna Empacada

PROBLEMA 1. Una columna de absorción empacada con sillas intalox de cerámica de 1.5 in de diámetro nominal procesa un flujo de gas promedio de 2,420 lb/hr y un flujo de líquido promedio de 9,430 lb/hr. Considerando que la densidad del gas es de 0.077 lb/ft³ y la del líquido es de 63 lb/ft³, si la viscosidad del líquido es de 2 cp y la $\Delta P/Z$ permitida es de 0.4 in H₂O/ft de empacado, determinar:

- a) El diámetro de la columna.
- b) Para estas condiciones, ¿Cuál será el % de inundación de diseño?

PROBLEMA 2. Se introduce un flujo de aire a 40 °C y a una presión de 1.5 atm en una columna de 8 ft de diámetro empacada con 20 ft de sillas Berl de 1 in de diámetro nominal. Aparentemente la torre está operando cerca de las condiciones de inundación con un $\Delta P = 24$ in de H₂O. La velocidad másica del líquido es de 8.5 veces la del gas.

- a) Si la torre se reempaca con sillas intalox de 1.5 in de diámetro nominal, ¿Cuál será la caída de presión por unidad de longitud?
- b) ¿Qué tanto se deberán de aumentar o disminuir los flujos si se desea mantener la misma caída de presión como cuando opera la columna con las sillas Berl?