

## Operaciones de separación

### Tema 6.- Adsorción.

**1.-** En una serie de experimentos de adsorción de una disolución diluida de benceno sobre gel de sílice se han obtenido los siguientes datos de equilibrio:

$C_e$ (g/l)	0,00015	0,00079	0,00172	0,00369	0,00803	0,0167	0,0334
$q_e$ (g/g)	0,011	0,022	0,03	0,04	0,055	0,08	0,1

Calcular:

- Modelo de isoterma de adsorción más adecuada.
- Capacidad del adsorbente si se emplea un tanque agitado para tratar una corriente con 25 ppm de benceno y se quiere reducir su concentración a 1 ppm.
- Consumo de adsorbente.

**2.-** Una disolución que contiene un compuesto de interés se encuentra coloreada debido a la presencia de pequeñas cantidades de una impureza. Se quiere eliminar el 90% de la impureza mediante su adsorción sobre carbón activo. En unos ensayos de adsorción de las impurezas se obtuvieron los siguientes datos:

Unidades de color	9,6	8,6	6,3	4,3	1,7	0,7
Carbón añadido (g/l)	0	0,001	0,004	0,008	0,02	0,04

Calcular el consumo de carbón activo en los siguientes casos:

- Adsorción en un único tanque agitado.
- Batería de dos tanques con flujo cruzado.
- Batería de dos tanques con flujo en contracorriente.

**3.-** El proceso de fabricación de un cierto disolvente incluye como etapa final una unidad de adsorción en fase líquida en la que la concentración de impurezas debidas a compuestos aromáticos se reduce desde 75 hasta 3 mg/l. El equipo utilizado es una batería de tres tanques agitados con flujo contracorriente de disolvente y adsorbente. El adsorbente empleado es una zeolita, para la que se ha determinado la siguiente isoterma de adsorción de los compuestos aromáticos en el intervalo de trabajo del proceso:  $q_e$  (mg/g) =  $12,3 C_e^{0,41}$  (mg/l). Responder de forma razonada las siguientes preguntas:

- Qué tamaño de partícula debe tener el adsorbente para la aplicación descrita.
- Consumo mínimo teórico de adsorbente que se podría alcanzar en un equipo de tanques con flujo en contracorriente.
- Consumo de adsorbente en el equipo descrito (base de cálculo  $1 \text{ m}^3$  de disolvente).

**4.-** En unos ensayos a escala de laboratorio se adsorbe el butanol contenido en una corriente de aire sobre carbón activo. Se emplea un lecho de 0,102 m de diámetro interno que tiene una porosidad  $\varepsilon = 0,457$  y una densidad  $\rho = 461 \text{ kg/m}^3$  una vez cargado de carbón activo. El aire, que tiene una concentración de butanol de 365 ppm, se introduce con una velocidad superficial de 0,58 m/s y una temperatura de 25°C. La presión en el interior del lecho es de 737 mmHg. En un ensayo con una longitud de relleno de 8 cm se han obtenido los siguientes resultados:

t (h)	0	1	1,5	2	2,4	2,8	3,3	4	5	5,6	6,3	7,2	7,6	8	8,5	9	10
C (ppm)	0	1,8	3,7	9,9	18,3	36,5	73,0	106	204	259	292	329	347	355	361	363	365

Calcular:

- Tiempo de ruptura del lecho si la máxima concentración admisible es un 5% de la inicial.
- Volumen de aire tratado y volumen necesario para agotar del lecho.
- Capacidad del carbón activo.
- Fracción de la capacidad del lecho que se utiliza.
- Longitud de la zona de transferencia de materia si ésta se mantiene constante en todo el lecho.

**5.-** El estudio descrito en el ejercicio 4 se completa con un experimento llevado a cabo con una longitud de relleno de 16 cm, para el cual se obtienen los siguientes resultados

t (h)	0	5	5,5	6,5	7	7,5	8	8,5	9,3	9,9	10,5	11,2	12,1	12,5	12,9	13,9	14,9
C (ppm)	0	0,7	1,1	6,6	14,2	28,1	54,8	87,6	146	205	260	293	330	348	356	363	365

Calcular:

- Fracción de la capacidad del lecho que se utiliza.
- Longitud de la zona de transferencia de materia si ésta se mantiene constante en todo el lecho
- Tiempo de ruptura para un lecho de 32 cm de longitud.

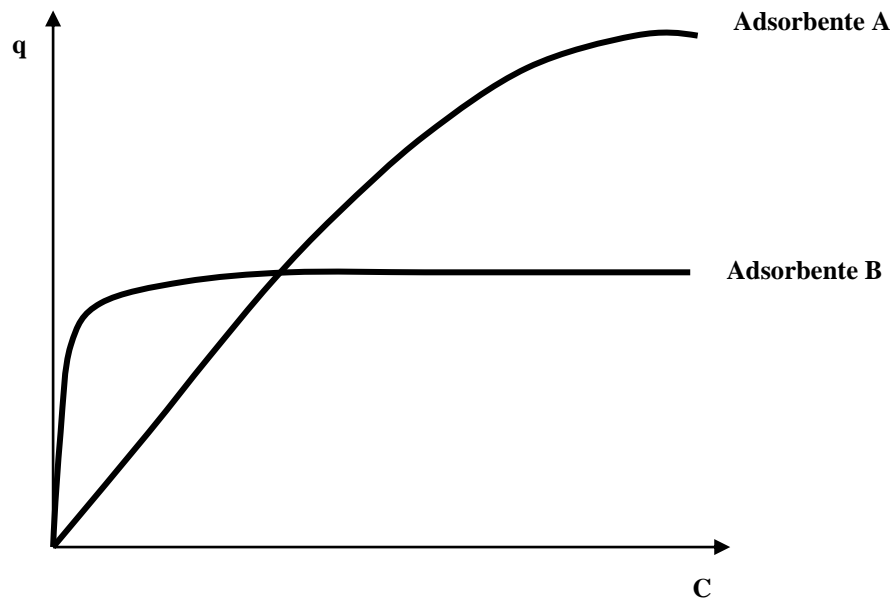
**6.-** Un proceso químico genera un efluente acuoso contaminado por una sustancia que podría recuperarse para venderse como subproducto. Para llevar a cabo dicha recuperación se plantea el empleo de un lecho de adsorción. La concentración del contaminante en el efluente es de 200 ppm y se pretende que la corriente tratada tenga una concentración menor de 2 ppm. La puesta a punto del proceso comenzó con un estudio a escala de laboratorio empleando un caudal de 1 l/h y un adsorbente cuya densidad de partícula es de  $950 \text{ kg/m}^3$ . La columna tiene una longitud de 12 cm, un diámetro de 2 cm y una porosidad de 0,48. La curva de rotura obtenida es la siguiente:

Volumen tratado (litros)	4	8	13	16	18	19	20	22	25	37
C <sub>EFLUENTE</sub> (ppm)	0,1	1,0	3,0	5,0	25,2	100	174	194	197	200

Calcular:

- Masa de adsorbente empleada.
- Capacidad que alcanza el adsorbente cuando se satura ¿Es un buen adsorbente para esta aplicación?
- Fracción de lecho usado en el punto de rotura.
- Longitud de la zona de transferencia de materia.
- El efluente se genera en la fábrica con un caudal de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ . ¿Qué diámetro y longitud debe tener el lecho que se instale si se conservan las condiciones de flujo del laboratorio y se quiere que permanezca en operación por períodos de 2000 h?
- ¿Qué cantidad de subproducto se recuperaría al cabo de esas 2000 h?

7.- Comparar las operaciones de adsorción en tanque agitado y en lecho fijo. Comparar el comportamiento en cada una de las operaciones de los adsorbentes cuyas isothermas de adsorción se muestran a continuación:



8.- La adsorción mediante carbón activo de un derivado bencénico en disolución acuosa viene descrita por la siguiente expresión de equilibrio:

$$q = 0,63 C^{0,50} \quad (q \text{ está dada en g/g y } C \text{ en g/l})$$

Una corriente de agua contiene 50 ppm del derivado bencénico y se quiere reducir su concentración en un 99%. Calcular mediante resolución numérica el consumo de adsorbente en los siguientes casos:

- Un tanque agitado ¿Es este sistema una buena opción?
- Una batería de tres tanques con flujo contracorriente.
- ¿Qué sistema propondría para reducir al mínimo el consumo de adsorbente? ¿Podría dar un valor aproximado del consumo en este caso?