

GUIA DE EJERCICIOS N°1 ELECTIVO PROCESOS DE SEPARACION POR MEMBRANAS

Prof. Aldo Saavedra – Prof. Julio Romero

1.- Trabajando como jefe de la sección de investigación y desarrollo en una industria química se le solicita seleccionar una membrana para un proceso de separación, con el fin de concentrar una solución que contiene una proteína de peso molecular 200 kDa, afortunadamente cuenta con tres tipos de membrana en bodega: una de microfiltración, una de ultrafiltración y una de osmosis inversa. ¿Cual elegiría para realizar la separación?, podría establecer algunas características de la membrana elegida.

2.- Determine la permeabilidad de agua pura ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$) a partir de los siguientes datos medidos en una membrana tubular de 5 cm de diámetro.

ΔP (bar)	Flujo (ml/hr)
5	103
10	202
15	287
20	386
25	501

3.- Una solución que contiene un soluto con una concentración de 3% en peso es tratada por osmosis inversa. El flujo de permeado obtenido tiene una concentración de 150 ppm. Determine el coeficiente de rechazo y la selectividad de la membrana utilizada.

4.- Convierta la unidad de permeabilidad 1 ($\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en las siguientes unidades:

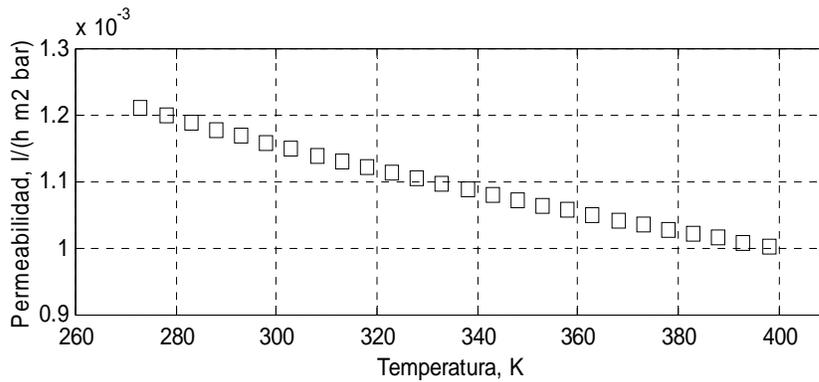
$\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{hr}^{-1}$;

$\text{gal ft}^{-2} \text{día}^{-1}$;

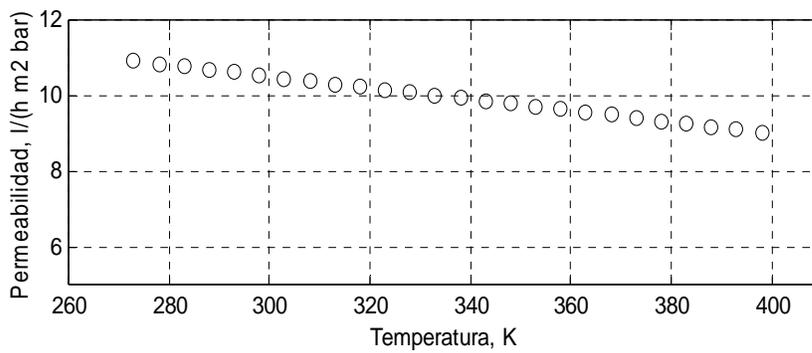
$\text{l m}^{-2} \text{hr}^{-1}$;

$\text{l m}^{-2} \text{día}^{-1}$.

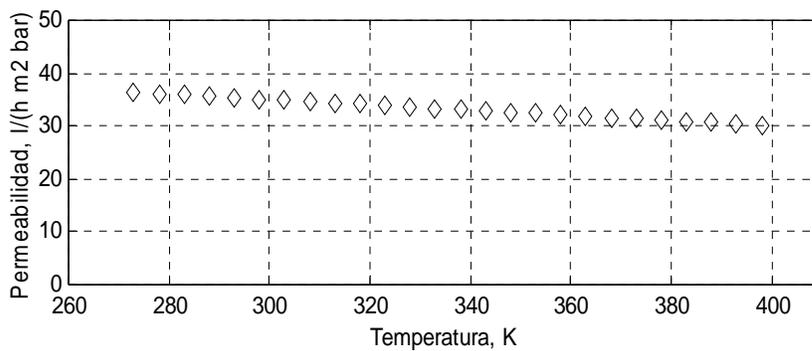
5.- Se realizó la permeación de un gas a través de tres membranas porosas distintas en función de la temperatura, registrando sus valores de permeabilidad. Sólo son conocidos algunos datos estructurales del material y las condiciones de operación. Las curvas de permeabilidad respecto a la temperatura son presentadas en la **figura 1**.



Membrana n°1



Membrana n° 2



Membrana n° 3

Figura 1: Valores de permeabilidad a través de tres membranas porosas diferentes. Presión media de trabajo: 5 bar.

Se sabe que los diámetros medios de poro de cada membrana son:

Membrana 1: $0.01 \mu\text{m}$

Membrana 2: $0.09 \mu\text{m}$

Membrana 3: $0.50 \mu\text{m}$

Se le solicita proponer un valor del módulo de Knudsen y el mecanismo de transporte a través de cada membrana planteando cual sería la membrana más selectiva.

6. Una membrana está constituida de un soporte de alúmina (Al_2O_3) y una capa selectiva (toplayer) de un polímero denominado Nafión®. Establezca si esta membrana es orgánica, inorgánica o híbrida; simétrica asimétrica.

7.- Calcule el flujo de agua a través de una membrana de microfiltración (MF) y ultrafiltración (UF) que operan a 1 bar de presión y 298 K. Asuma que la tortuosidad es 1.2.

Parámetro	MF	UF
ϵ (Porosidad)	0.6	0.02
r_p (radio de poro)	0.2 μm	2 nm
L (espesor)	100 μm	1 μm

8.- Se realizará la separación de CO_2 de una corriente gaseosa a través de una membrana microporosa que posee un diámetro medio de poro de 10 Å. La corriente gaseosa está a una temperatura de 25°C y 5 bar.

Estime el flujo de CO_2 suponiendo que la mezcla de alimentación posee 50 % en volumen de CO_2 y el permeado se encuentra a presión atmosférica con una concentración de 65 % en volumen. La porosidad de la membrana es del 75%, la tortuosidad es aproximadamente 1.4 y el espesor de la capa selectiva es de 50 μm .

Considere despreciables los efectos de capa limite y señale todas las suposiciones adicionales.

9.- Diseñar un sistema de tratamiento mediante osmosis inversa (1 membrana de 4x40") para obtener agua de características potables (<500 ppm en sólidos totales disueltos). El módulo es de configuración espiral y tiene las siguientes dimensiones: longitud (en la dirección del flujo) 1.0 m, 10^{-3} m de altura del canal de alimentación y área de 6,5 m^2 . Calcular:

- Los flujos de alimentación, concentrado y permeado.
- Las concentraciones de cada corriente.
- El coeficiente de transferencia de materia en la fase líquida.
- El módulo de polarización por concentración (β).

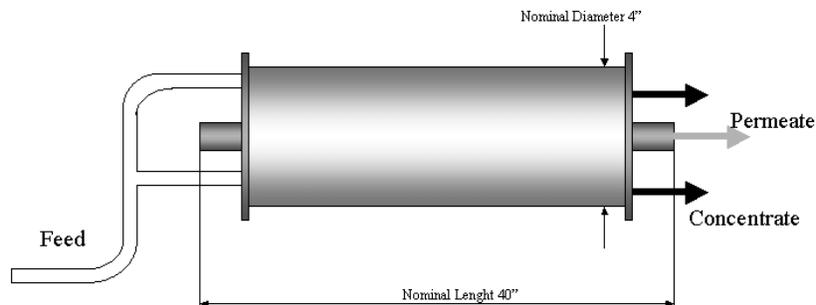
NOTA: Considerar que la dependencia de la presión osmótica con la temperatura está dada por la Ec. de Van 't Hoff.

DATOS DE LA MEMBRANA: TFC Spiral-Wound Reverse Osmosis Element Seawater Model 1020ss.

RECHAZO AL ION CLORURO 99.5%

PRODUCTIVIDAD DE PERMEADO 900 U.S. gpd (3.4 m^3/day)

CONDICIONES DE LA PRUEBA: solución acuosa de NaCl 32.800 mg/l (800 psi, 7% recuperación volumétrica, 25°C, pH 5.7).



10.- Considerar los siguientes datos del módulo espiral de osmosis inversa 2822SS TFC, para operar a altas presiones:

Rechazo de diseño del ión cloruro	=	99,6 %
Productividad de diseño del permeado	=	21,0 m ³ /día, a 5520 KPa y 25°C
Recuperación volumétrica	=	9,0 % a 25°C
Alimentación	=	solución acuosa de 32800 ppm NaCl a 25°C
Dimensiones del módulo	=	300 ft ² de área, longitud de 40", Diámetro de 8"

Calcular:

- Los parámetros A (T) y B de la membrana.
- El módulo de polarización por concentración (β) para el primer módulo, considerando una velocidad de flujo de la alimentación de 1 m/s.
- La productividad (m³/día) del módulo a 1000 psi, 10°C para una alimentación de concentración 40000 ppm NaCl.
- El número de membranas que se requieren para producir 500 m³/día de permeado.

11.- En una planta procesadora de jugo de manzana se utiliza un equipo de osmosis inversa para preconcentrar el jugo desde 10° a 20° Brix (1° Brix = 1% p/p en sólidos totales disueltos), operando a 40°C. Para tal efecto se emplean membranas espirales (4"x40", superficie filtrante de 6.0 m²), las cuales han sido previamente caracterizadas con soluciones de KCl (soluciones al 4% p/p) obteniéndose los siguientes resultados:

Presión de operación (bar)	Temperatura (°C)	Flujo de permeado (L/h)	Rechazo salino (%)
50	20	210	99.5
50	35	285	99,5

El flujo de alimentación al módulo fue de 0.035 m³/min.

- Calcular el coeficiente de permeabilidad hidráulica (A) de la membrana en función de la temperatura.
- Calcular el coeficiente de permeabilidad salina (B) de la membrana.

La preconcentración del jugo se efectúa a 750 psi.

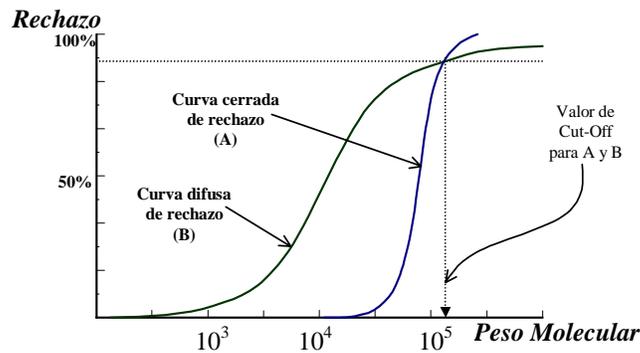
- Calcular el flujo de permeado expresado en (L/hm²).
- Cual es la presión osmótica (psi) del jugo a 20°Brix?
- Estimar aproximadamente el área de membrana que permitirá concentrar el jugo desde 10° a 20° Brix.

Datos: Peso molecular KCl = 74.56 g/mol, Composición del jugo de manzana (azúcares):

Compuesto	Concentración (base seca) (%p/p)	Peso molecular (g/mol)
Sacarosa	18	342
Fructosa	55	180
Glucosa	27	180

Cuestionario

- a) Comparar el proceso de filtración convencional con el proceso de separación por membranas.
- b) Que es una membrana?
- c) Desarrolle el modelo de solución-difusión para el transporte de materia en una membrana de osmosis inversa.
- d) Discutir la aplicación de UF en clarificación de jugo de fruta. Describir el modelo de capa limite aplicado a tal proceso.
- e) Describir el término Cut-off de una membrana de ultrafiltración. ¿Tiene sentido este término en membranas de osmosis inversa?



- f) Describir el proceso de fabricación de membranas de ultrafiltración mediante el método de inversión de fases.
- g) Se dispone de una alimentación de agua salobre a 25°C, compuesta por los siguientes solutos:

Soluto	Concentración (ppm)
NaCl	5000
CaCO ₃	150
Sílice	45
Fe SO ₄	35
CaSO ₄	120
Coloides	1

NOTA: Los coloides en esta alimentación corresponden a proteínas globulares con un peso molecular cercano a 1000 KDa.

- I) Discutir el efecto de cada soluto sobre la osmosis inversa
 - II) Calcular la presión osmótica de cada componente.
 - III) Cual es el limite de solubilidad de la sílice presente?
- h) Que es la teoría del potencial zeta?