

A photograph of a large industrial facility, likely a refinery or chemical plant. The image shows several large, cylindrical storage tanks, complex piping systems, and structural steel frameworks. In the foreground, there are some smaller tanks and pipes. The background shows a cloudy sky. The overall scene is industrial and complex.

BT5316

**Procesos de Separación en
Biotecnología –
Operaciones de membrana**

OPERACIONES DE MEMBRANA



- Procesos de separación sólido-líquido y líquido-líquido a través de un medio filtrante poroso, correspondiente a la membrana.
- Distintos tipos de filtración:
 - Microfiltración.
 - Ultrafiltración.
 - Nanofiltración.
 - Ósmosis inversa.
 - Diálisis.

RANGO DE OPERACIÓN (PARTÍCULAS)

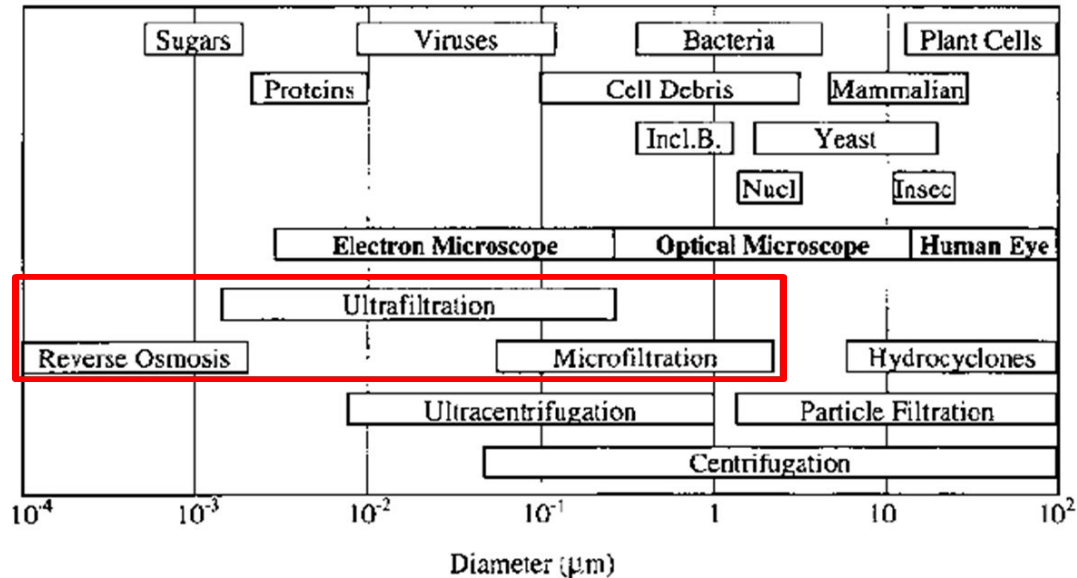
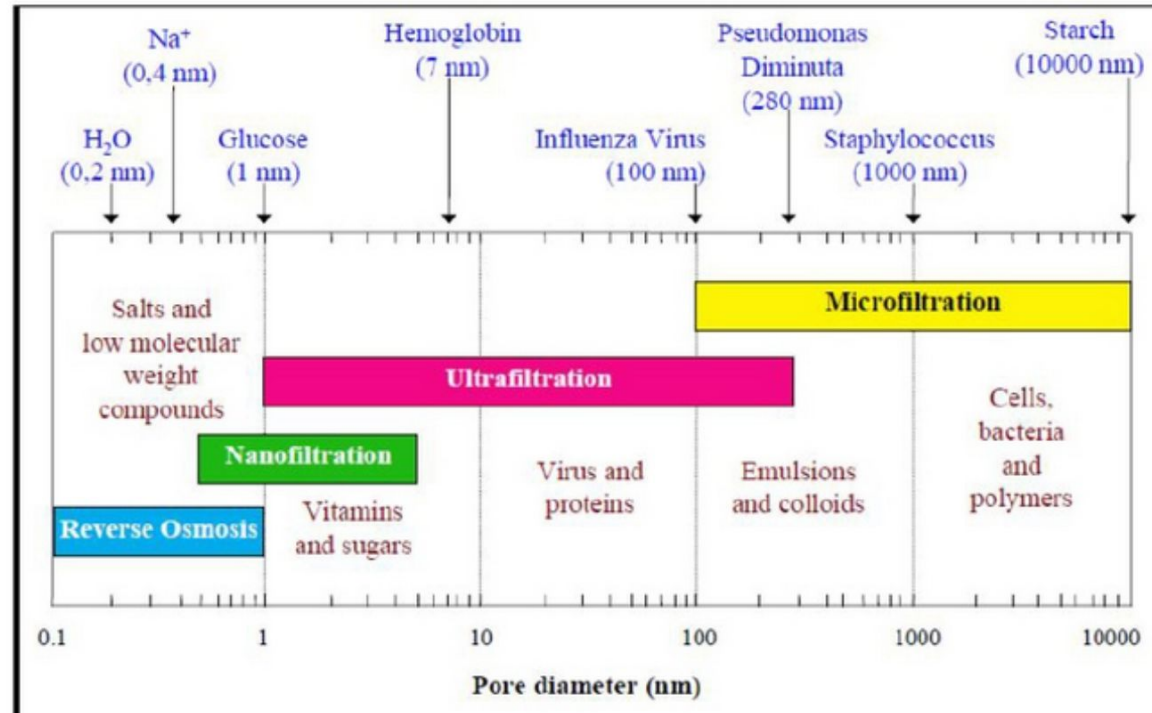


Figure 1 Typical sizes of some biological particles and the operational range of common separation processes. (Mammalian, mammalian cells; Inc.B., inclusion bodies; Nucl, mammalian cells nuclei; Insec, insect cells.)

RANGO DE OPERACIÓN (TAMAÑO POROS)



MICROFILTRACIÓN- ULTRAFILTRACIÓN



Utilización de flujo transversal (*cross flow*) para permitir la autolimpieza del filtro. Permite concentrar, eliminar contaminantes y separación de macromoléculas.

Microfiltración:

- Poros: $0,1-1 [\mu m]$

Ultrafiltración:

- Poros: $0,01-0,1 [\mu m]$
- Diámetro de corte: $5-500 [kDa]$

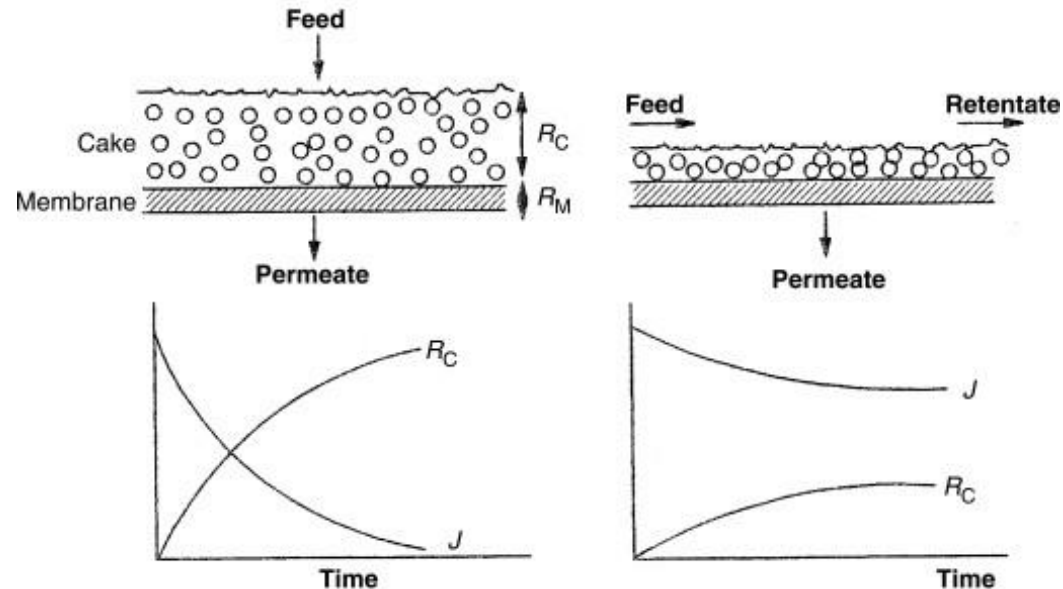
Nanofiltración:

- Poros: $1 [nm] - 0,01 [\mu m]$
- Diámetro de corte: $150-1000 [Da]$

MICROFILTRACIÓN- ULTRAFILTRACIÓN



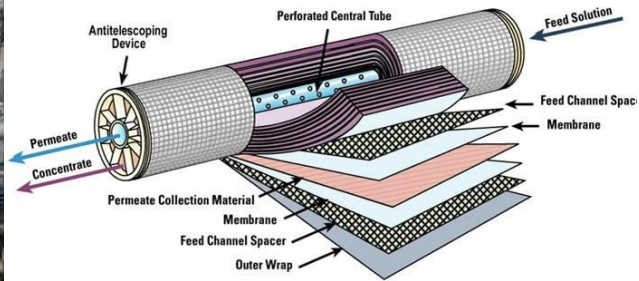
- R_c es insignificante
- R_m limita eficiencia de filtrado



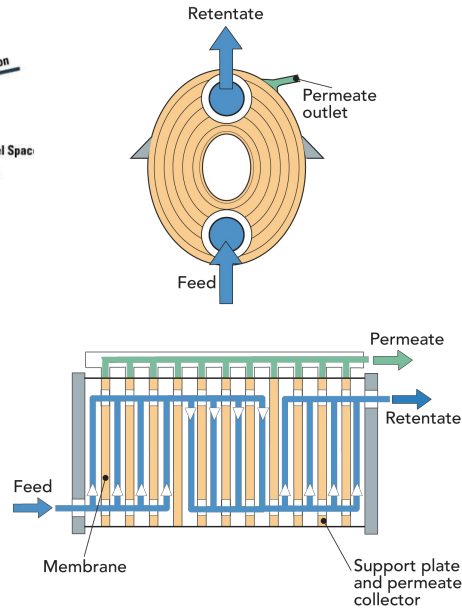
EQUIPOS DE MF Y UF



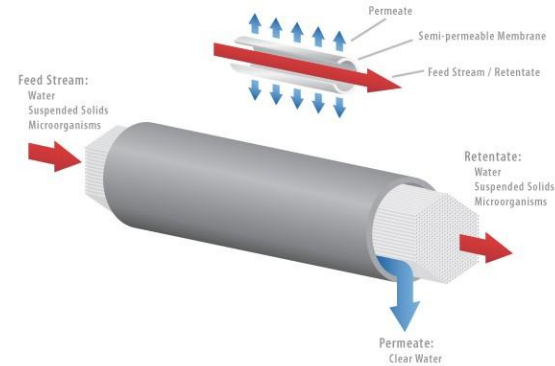
□ Espiral



□ De placas y marcos



□ Fibra hueca



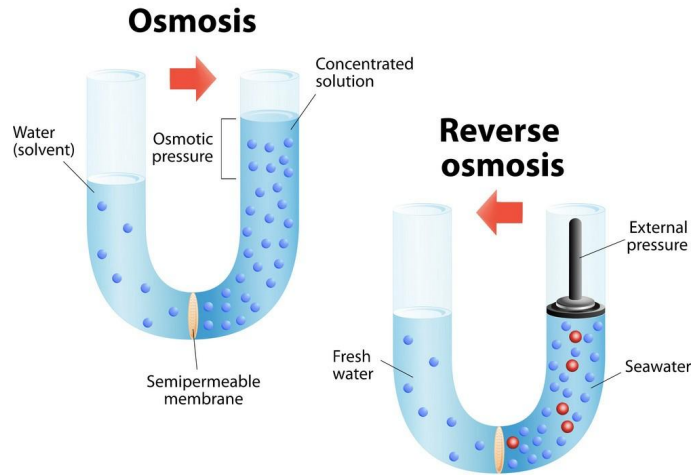
OSMOSIS Y DIÁLISIS



□ Osmosis reversa

Permite el paso de sólo el
solvente

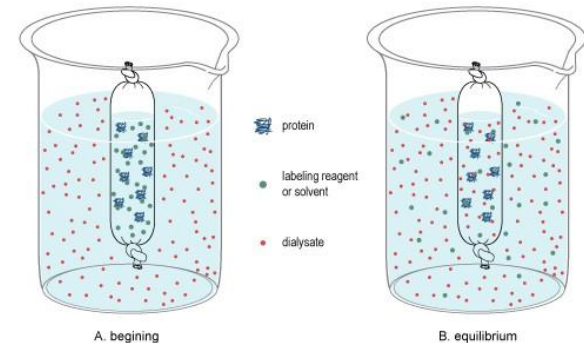
$$\Delta P > \Delta \pi$$



□ Diálisis y electrodiálisis

Movimiento se debe a
gradiente de concentración

Fuerza motriz se ve
incrementado por campo
eléctrico



A photograph of an industrial facility, likely a refinery or chemical plant, featuring large storage tanks, complex piping, and structural steel frameworks. The scene is set against a cloudy sky. A large orange rectangular box is overlaid on the right side of the image, containing the title text.

TEORÍA DE FILTRACIÓN

PARÁMETROS



Gradiente de presión	Coeficiente de rechazo
$\Delta PTM = \frac{P_i + P_o}{2} - P_f$	$\sigma = 1 - \frac{C_P}{C_B}$

Donde,

P_i = Presión de alimentación.

P_o = Presión de recirculado

P_f = Presión de filtrado

Donde,

σ = Coeficiente de rechazo

C_p = Concentración de soluto en el permeado

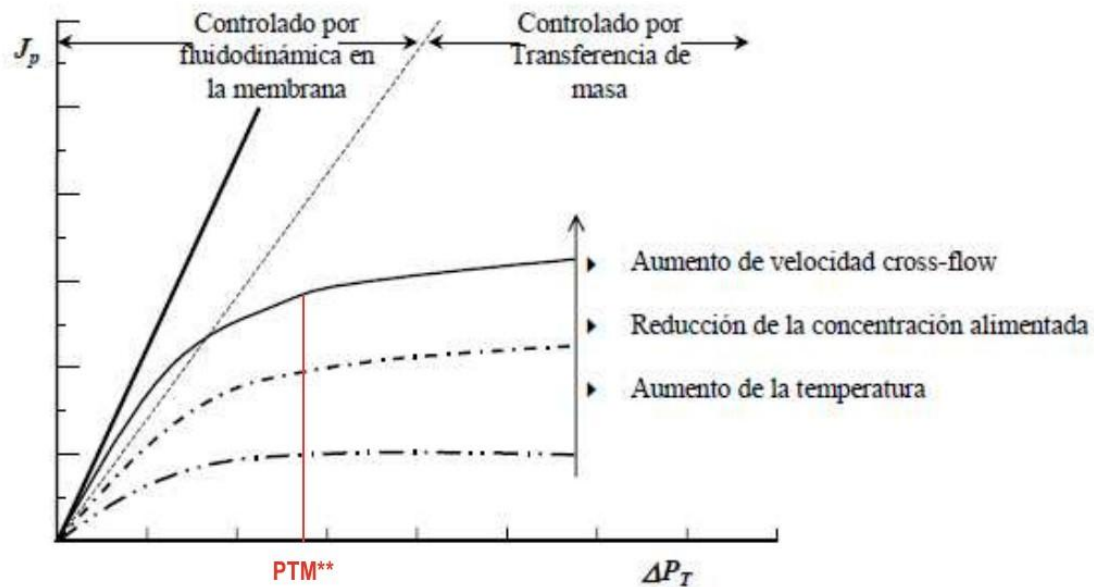
C_B = Concentración de soluto en el seno del fluido

- ¿Qué sucede cuando $\sigma = 1$? y ¿cuando $\sigma = 0$?
- ¿El rechazo total es un supuesto ideal o es factible? ¿Para cuáles casos?

PARÁMETROS



- Flux varía con: ΔPTM , C_{sol} , Velocidad de recirculación



POLARIZACIÓN



- Gradiente de concentración en cercanía membrana **gradiente de concentración**
- Se debe a las diferentes velocidades de transporte
- **Disminuye** flux de solvente/soluto
- Se generan incrustaciones en la membrana

CARACTERIZACIÓN DEL FLUX



Flux de permeado (ec. general)

$$J = L_P(\Delta PTM - \sigma \Delta \pi)$$

Flux de permeado
($\Delta PTM > \Delta PTM^{**}$, $\sigma \neq 1$)

$$J = k_s \cdot \ln \left(\frac{C_w - C_P}{C_B - C_P} \right)$$

Flux de permeado
($\Delta PTM > \Delta PTM^{**}$, $\sigma = 1$)

$$J = k_s \cdot \ln \left(\frac{C_G}{C_B} \right)$$

Donde,

L_P = Coeficiente de permeabilidad

$\Delta \pi$ = Presión osmótica

ΔPTM = Gradiente de presión tangencial

σ = Coeficiente de rechazo

Utilizaremos esta para el caso de filtración por membranas.

Donde,

k_s = Coeficiente de transferencia de masa (Da_{eff}/δ)

C_w = Concentración en la pared (membrana).

C_p = Concentración en el permeado

C_B = Concentración en seno

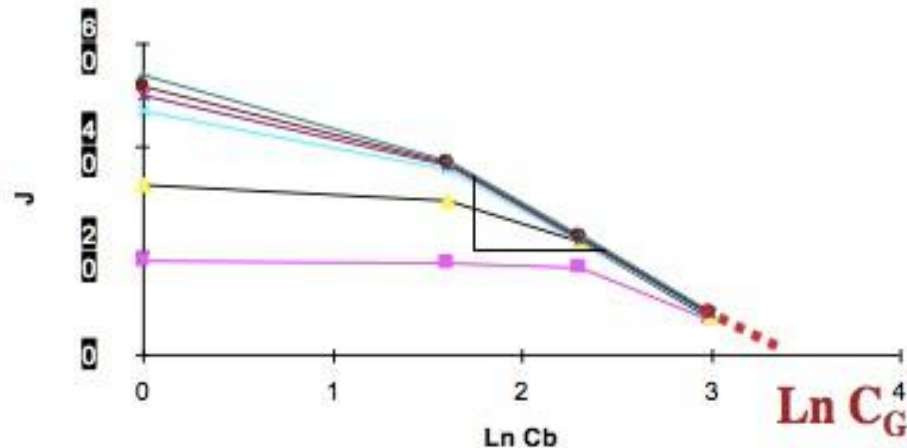
C_G = Límite de C_w , se forma capa gel

CARACTERIZACIÓN DEL FLUX



- Linealización de la expresión del flux

$$J = k_s \ln \left(\frac{C_G}{C_B} \right) \rightarrow J = k_s \ln C_G - k_s \ln C_B$$



A photograph of a large industrial facility, likely a refinery or chemical plant, featuring numerous tall distillation columns, complex piping networks, and storage tanks. The sky is overcast with grey clouds. A semi-transparent orange rectangle is overlaid on the right side of the image, containing the title text.

ECUACIONES DE DISEÑO

OPERACIÓN CONTINUA

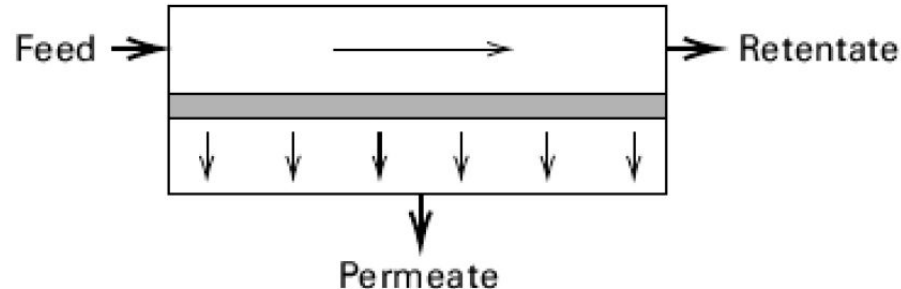


Ecuación de diseño

$$Q_P = J \cdot A$$

- Q: Caudal de permeado.
- J: Flux de permeado.
- A: Área de la membrana

Esta ecuación también se ocupa para medir el flux experimentalmente en un instante específico durante la operación batch: $J = Q_P/A$.



OPERACIÓN BATCH

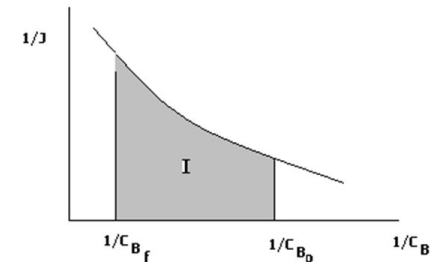
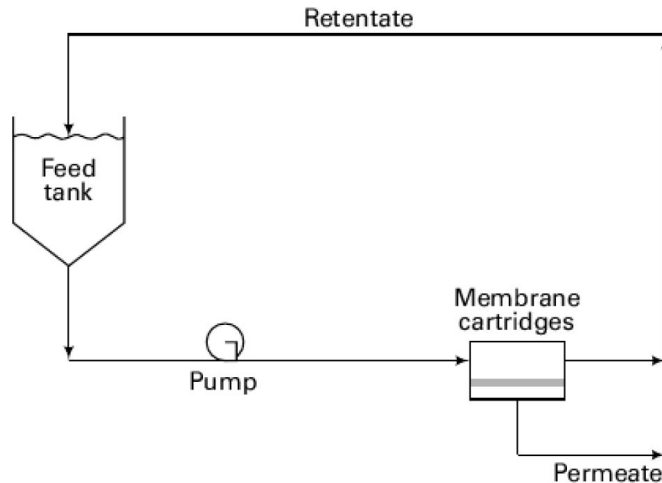


Ecuación de diseño

$$\frac{A \cdot t}{V_0} = C_{B0} \int_{1/C_B}^{1/C_{B0}} \frac{1}{J} d\left(\frac{1}{C_B}\right)$$

- A: Área de la membrana.
- t: Tiempo de operación.
- V_0 : Volumen a filtrar.
- J: Flux de permeado (variable en el tiempo).
- C_{B0} : Concentración inicial del volumen.
- C_B : Concentración final del concentrado.

Integral se debe resolver numéricamente.
Método: sumas de Riemann



RECORDATORIO: SUMAS DE RIEMANN



SR izquierda

<

SR en punto medio

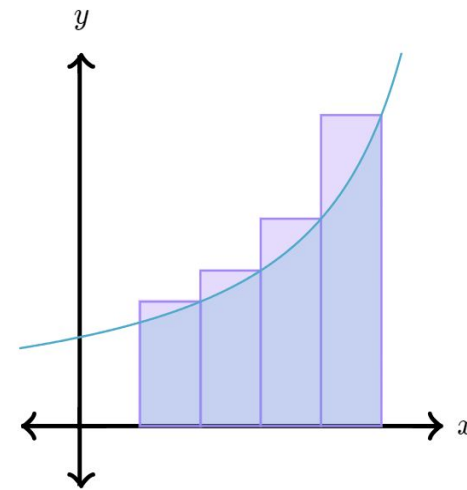
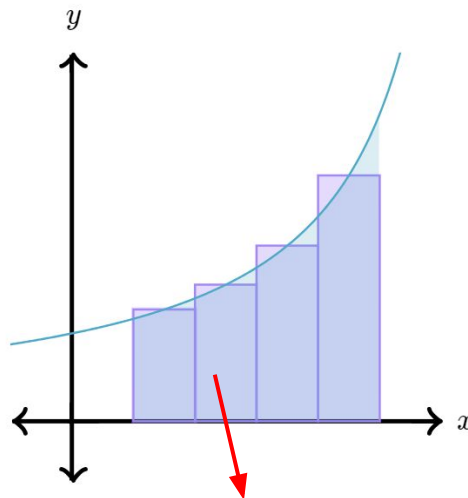
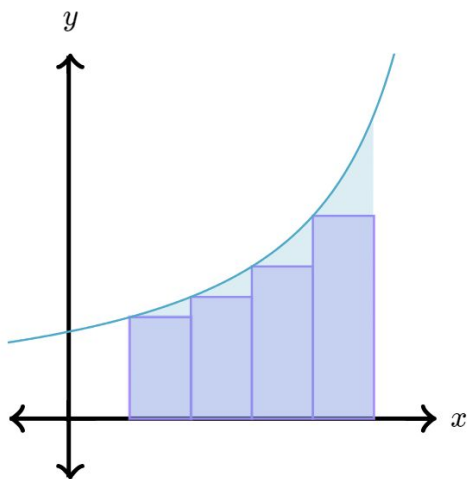
<

SR derecha

$$S_R = \sum_{k=1}^n y_{k-1} \cdot (x_k - x_{k-1})$$

$$S_R = \sum_{k=1}^n \frac{y_k + y_{k-1}}{2} \cdot (x_k - x_{k-1})$$

$$S_R = \sum_{k=1}^n y_k \cdot (x_k - x_{k-1})$$



Esta suma es la más cercana al valor de la integral

The background image shows a large industrial facility, likely a refinery or chemical plant. It features several large, cylindrical storage tanks, complex piping systems, and structural steel frameworks. The sky is overcast with grey clouds. In the foreground, there is a grassy area and a fence line.

BT5304

Separación y Procesos Biotecnológicos – Operaciones de membrana