

# EQUIPOS E INSTALACIONES INDUSTRIALES

**PROFESOR: ING. JORGE NOZICA**

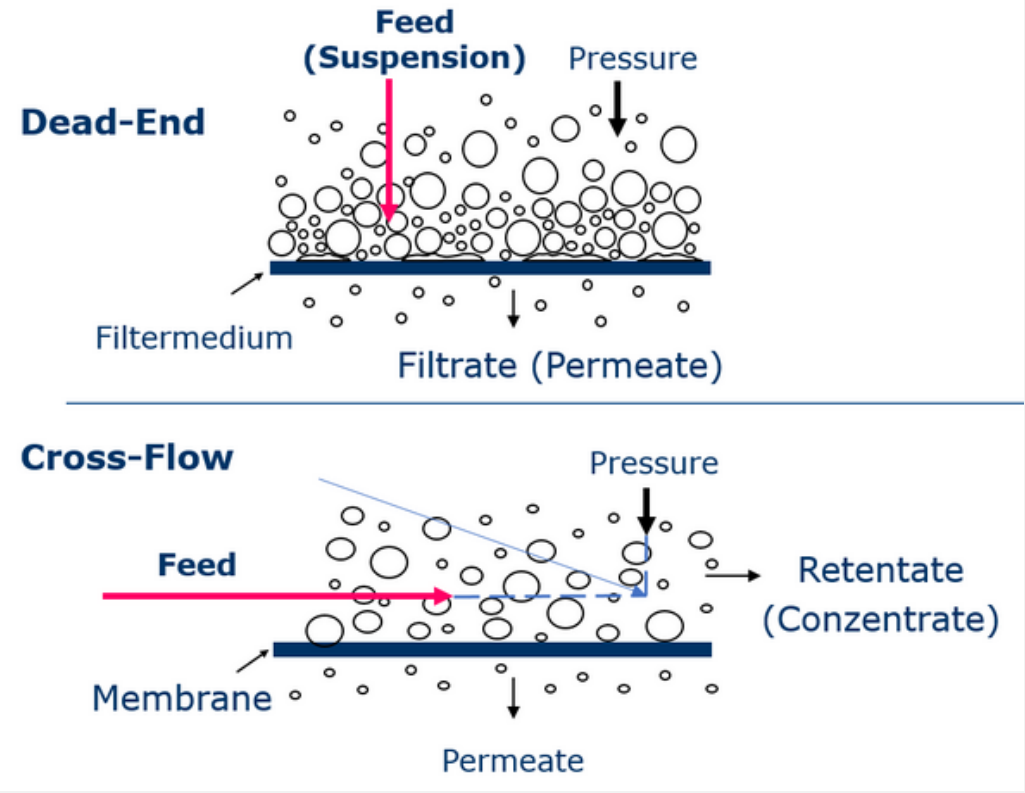
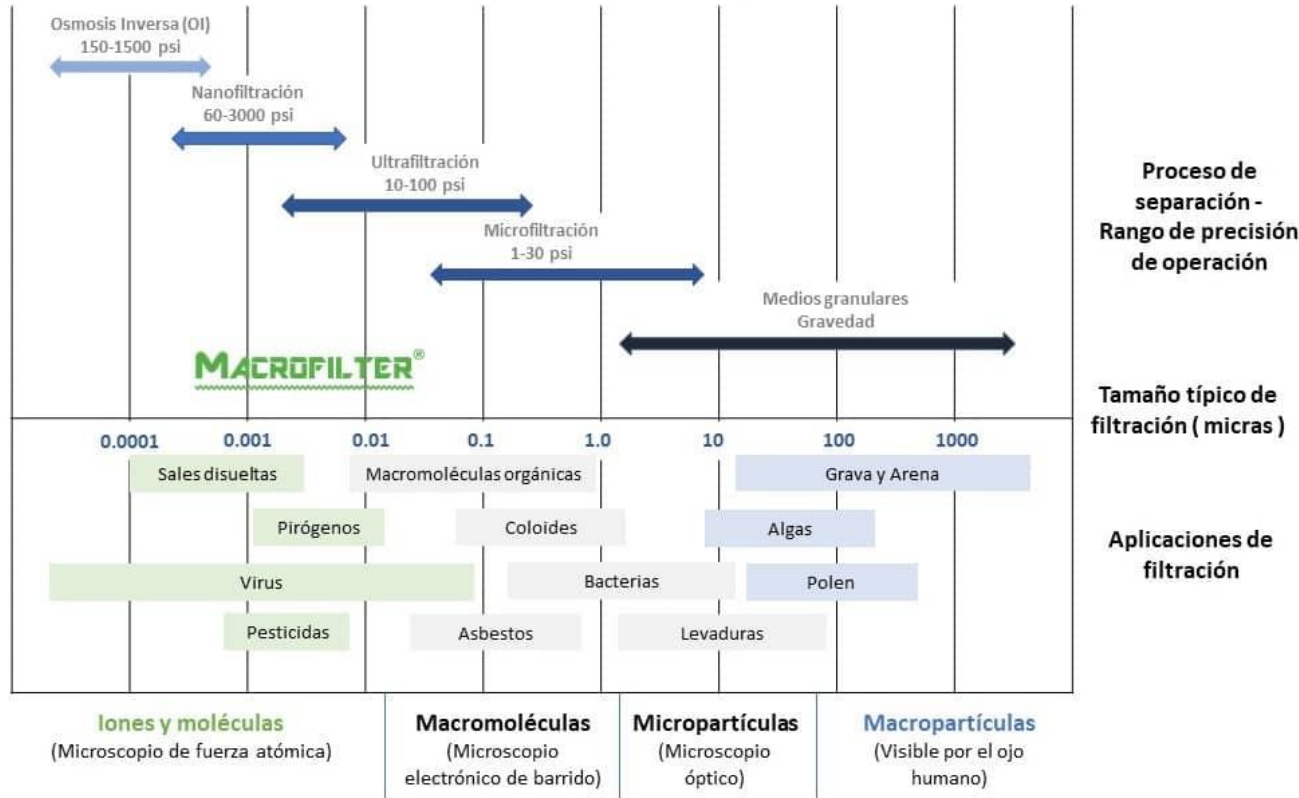
**PROFESOR: ING. HÉCTOR PÉREZ**

**PROFESORA: ING. LETICIA SIMONCINI**

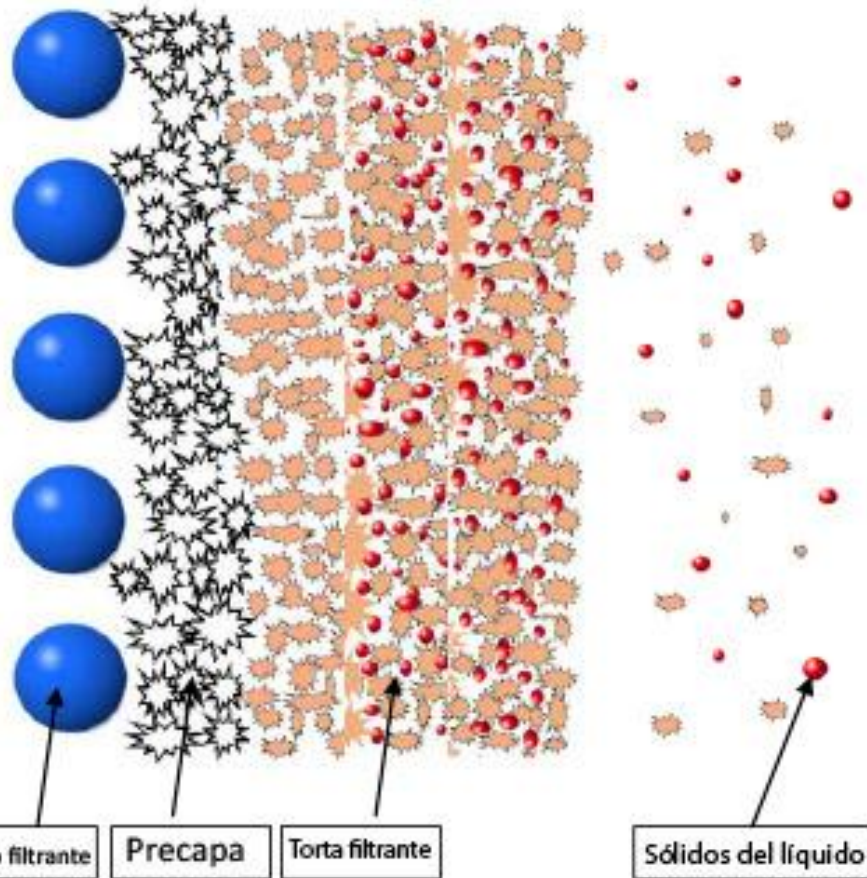
**PROFESOR :ARIEL ARCHUA (ADSCRIPTO)**

# MECANISMOS DE FILTRACIÓN POROSA

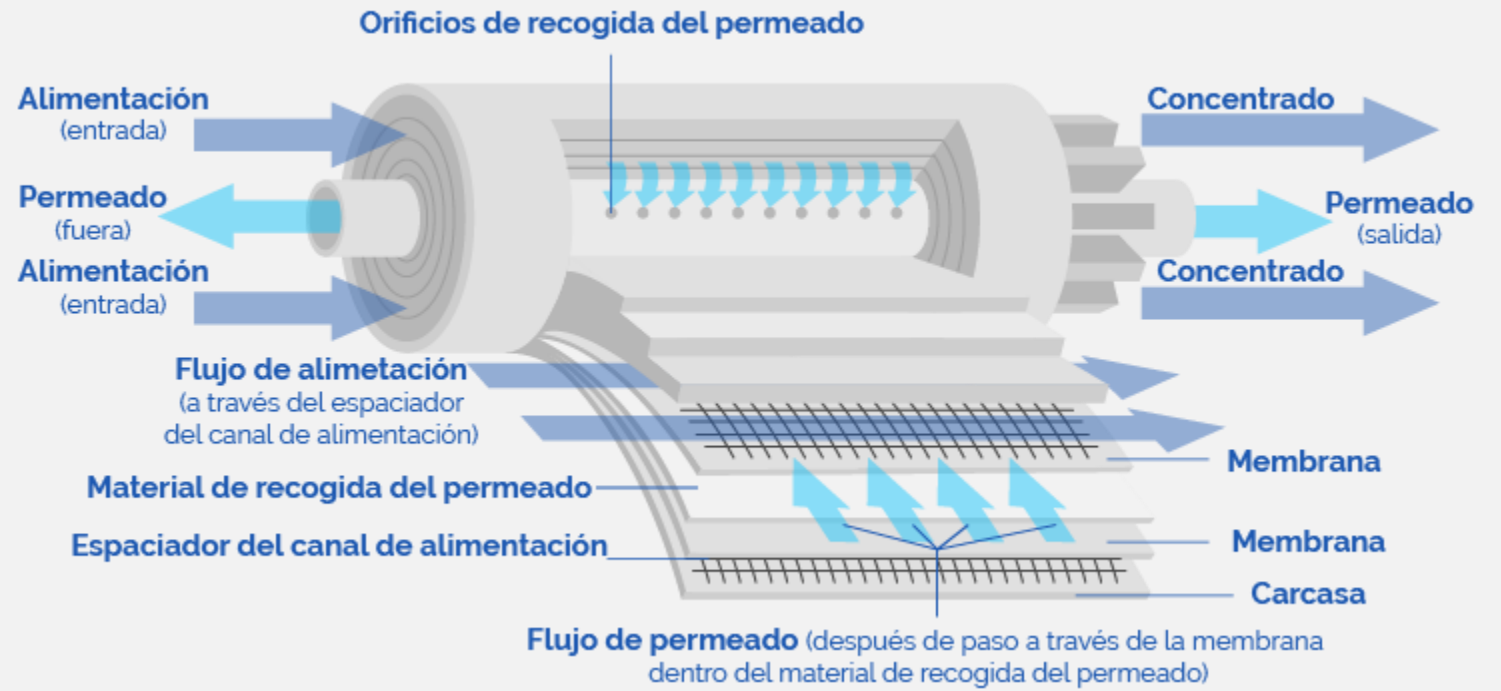
Comparación de procesos de filtración de agua y rangos de tamaño de las partículas que retienen (Weiner, 2012)



## FLUJO DEAD END



## FLUJO TANGENCIAL



## LEY DE DARCY

$$\vec{q} = -\frac{k}{\mu} \nabla P$$

- $\vec{q}$ : vector de flujo volumétrico por unidad de área (velocidad de filtración o velocidad darciana) [m/s] puede considerarse como densidad de flujo (Q/A m<sup>3</sup>/sm<sup>2</sup>)
- $k$ : permeabilidad del medio poroso [m<sup>2</sup>]
- $\mu$ : viscosidad dinámica del fluido [Pa·s]
- $\nabla P$ : gradiente de presión [Pa/m]

## LEY DE DARCY APLICADA A RESISTENCIAS EN SERIE (FLUJO PERPENDICULAR)

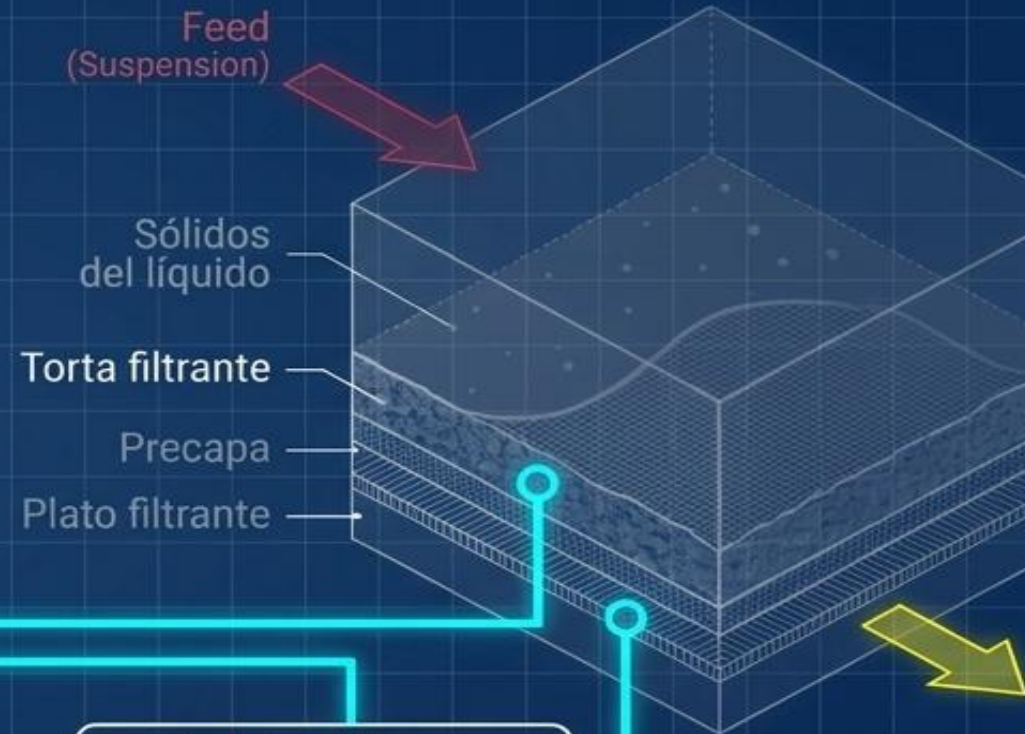
$$q = \frac{\Delta P}{\mu \left( \frac{\alpha c V}{A} + R_m \right)}$$

- $q$ : velocidad de filtración [m/s]
- $\Delta P$ : presión total aplicada [Pa]
- $\mu$ : viscosidad del fluido [Pa·s]
- $\alpha$ : resistencia específica de la torta [m/kg]
- $c$ : concentración de sólidos en el licor [kg/m<sup>3</sup>]
- $V$ : volumen total de filtrado acumulado [m<sup>3</sup>]
- $A$ : área del filtro [m<sup>2</sup>]
- $R_m$ : resistencia del medio filtrante [1/m]

# Modelo Matemático Dead-End (Resistencias en Serie)

$$q = \frac{\Delta P}{\mu \left( \alpha c V / A + R_m \right)}$$

V = Volumen total acumulado. Como el volumen crece linealmente con el tiempo, el caudal (q) caerá inexorablemente a menos que se incremente la presión diferencial ( $\Delta P$ ).



$\alpha$ : Resistencia específica de la torta

$R_m$ : Resistencia del medio filtrante

## LEY DE DARCY APLICADA A RESISTENCIAS EN FLUJO CRUZADO

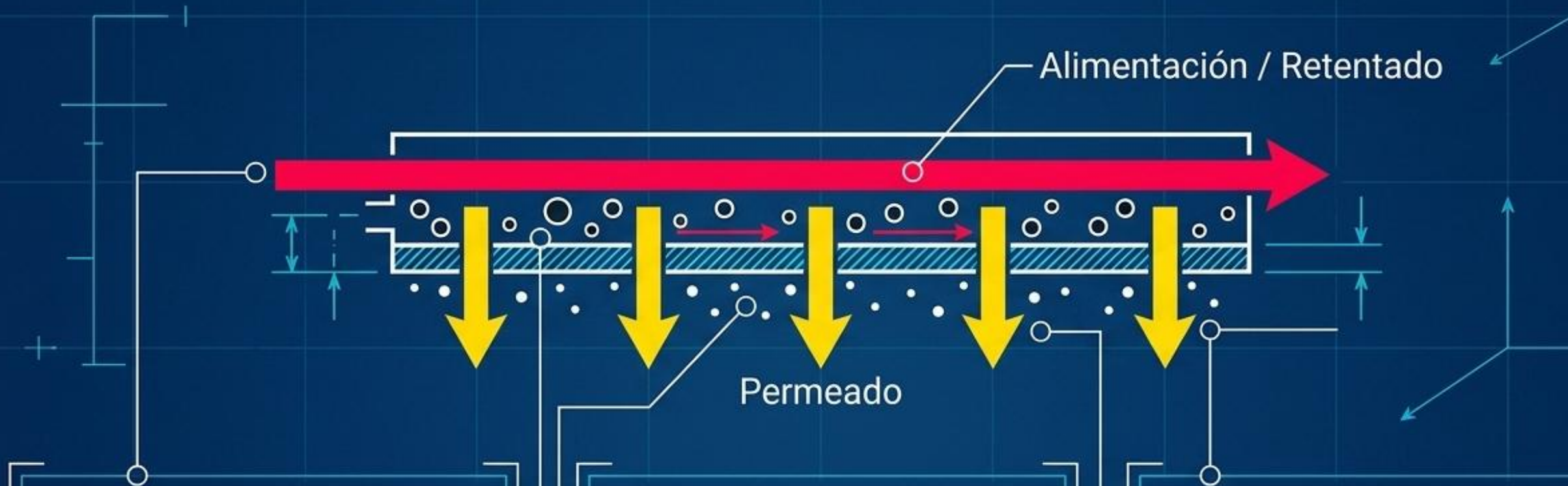
donde:

- $J_v$ : flujo volumétrico por unidad de área ( $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ )
- $L_p$ : permeabilidad específica de la membrana ( $\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{h})$ )
- $\Delta P$ : diferencia de presión aplicada (Pa)

$$J_v = L_p \times \Delta P$$

$$A = \frac{Q_p}{J_v} = \frac{Q_p}{L_p \times \Delta P}$$

## Régimen 2: Filtración Tangencial (Cross-Flow)



### EL CAMBIO DE PARADIGMA:

La alimentación fluye de forma estrictamente paralela a la superficie de la membrana activa.

### FUERZA DE BARRIDO:

La velocidad tangencial genera un esfuerzo de corte (shear stress) continuo que previene el bloqueo del poro y el crecimiento descontrolado de la torta filtrante.

### RESULTADO OPERACIONAL:

Capacidad de operación continua en estado estacionario sin el reemplazo constante de cartuchos ni detenciones por saturación.

# MODELO DE COMPORTAMIENTO EMPÍRICO

$$Q = Lp \times DP \times Af$$

Q = Caudal de fluido a través del filtro (L/h)

Lp = permeabilidad específica (L/hm<sup>2</sup> Pa) definida para el tipo de tecnología y para el rango operativo específico

ΔP= Diferencia de presión a través del lecho (Pascales)

Af= área de filtrado (m<sup>2</sup>)

# CASO DE ESTUDIO: DIMENSIONAMIENTO PATÍN DE ÓSMOSIS/UF

## MATRIZ DE DATOS DE ENTRADA

|                        |   |
|------------------------|---|
| Target:                | $Q_p = 1 \text{ m}^3/\text{h} (2.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})$ |
| Driving Force:         | $\Delta P = 200 \text{ kPa} (200,000 \text{ Pa})$                         |
| Propiedad de Membrana: | $L_p = 1 \times 10^{-12} \text{ m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$            |

## DESARROLLO DEL CÁLCULO INTEGRADO

1.  $J_v = (1 \times 10^{-12}) \times (200,000) = 2 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

Flujo Volumétrico por Unidad de Área ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ )

Permeabilidad Específica de Membrana

Diferencia de Presión Aplicada

2.  $A_{base} = \frac{2.78 \times 10^{-4}}{(2 \times 10^{-7})} \approx 1390 \text{ m}^2$

Área Base Requerida

Caudal Permeado Requerido

### AJUSTE INDUSTRIAL:

Asumiendo 30% por fouling ( $F_s = 1.3$ ).

### ÁREA FINAL DE DISEÑO:

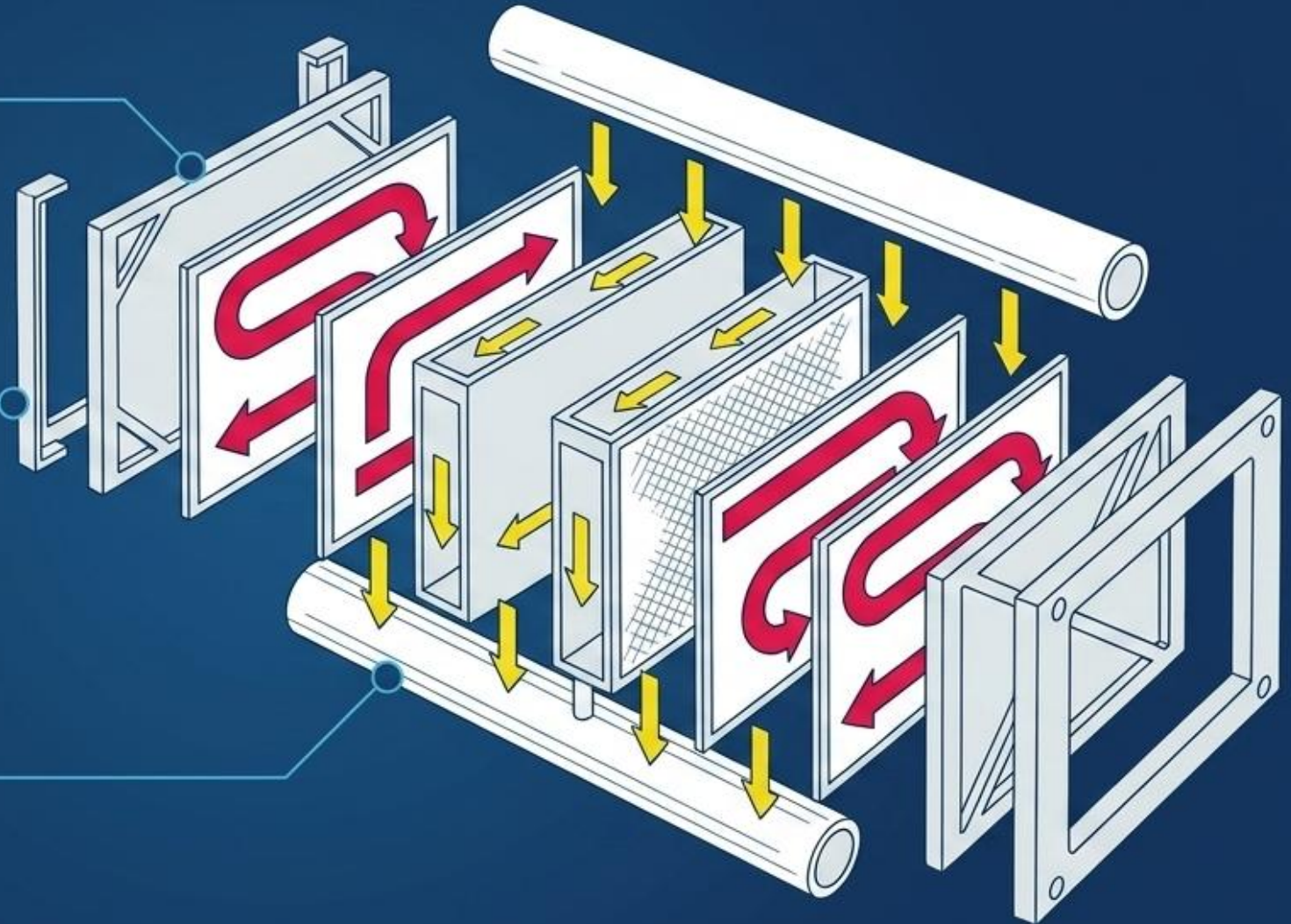
$$A_{final} = 1390 \times 1.3 = 1807 \text{ m}^2.$$

# Dinámica de Fluidos: Placa y Marco (Plate-and-Frame)

**Arquitectura de Canal Abierto:**  
Membranas apoyadas sobre placas base huecas con ranuras colectoras de alivio.

**Mecánica de Sellado:**  
Anillos de bloqueo integrados mecánicamente evitan fugas y cortocircuitos entre canales sin uso de adhesivos sanitariamente objetables.

**Ventaja Técnica Crítica:**  
Diseñado específicamente para retentados de ALTA VISCOSIDAD.  
Tolerancia infinitamente superior a sólidos en suspensión en comparación directa con arquitecturas espirales.



# Matriz Diagnóstica de Arquitecturas Operacionales

|                            | Dead-End<br>(Convencional)  | Spiral-Wound                  | Plate-and-Frame                                |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Relación Área/Volumen      | Baja                        | Muy Alta                      | Media (1.65 a 60 m <sup>2</sup> por unidad)    |
| Tolerancia a la Viscosidad | Baja                        | Baja a Media                  | Muy Alta                                       |
| Reemplazo de Consumibles   | Frecuente / Costo Op. Alto  | Bajo (>5 años de vida útil)   | Bajo   |
| Comportamiento del TMP     | Exponencialmente Creciente  | Bajo y Estacionario           | Medio y Estacionario                           |
| Aplicación Primaria Ideal  | Clarificación gruesa básica | RO, NF, MF de muy alto caudal | Concentración de sueros, biotecnología viscosa |



## FACTORES DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA FILTRANTE

- a. La viscosidad del fluido, densidad y reactividad química.
- b. Tamaño de las partículas sólidas, distribución de tamaños, forma, tendencias a la floculación y deformabilidad.
- c. Concentración de la alimentación.
- d. Volumen de filtrado.
- e. Valores absolutos y relativos de los productos líquido y sólido.
- f. Que tan completa se requiere la separación.
- g. Gastos relativos de mano de obra, capital y fuerza motriz.