



ALADYR

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE
DESALACIÓN Y REÚSO DE AGUA



DESALACIÓN – CONCEPTOS BÁSICOS

Por: Patricio Martiz – Director ALADYR

SOBRE NUESTRO PONENTE



Patricio Martiz es Ingeniero Civil de la Universidad Católica del Norte de Chile y Master en Administración de Empresas (MBA) de la Universidad de Chile, con más de 20 años de experiencia en la Industria del Agua y Distribución de Agua. Fundador y primer presidente de nuestra Asociación Latinoamericana de Desalación y Reúso de Agua, ALADYR. Es experto en desalación, operaciones de plantas desaladoras, regulación, determinación de tarifas para proveedores de servicios municipales de agua, negociaciones contractuales y estrategias para la expansión de negocios dentro de la industria del agua.

Actualmente, forma parte de la directiva de ALADYR y desempeña el cargo de Gerente de Desarrollo de Negocios de ITECK, empresa socia ALADYR.

SE NOS ACABA EL AGUA?

1. Introducción



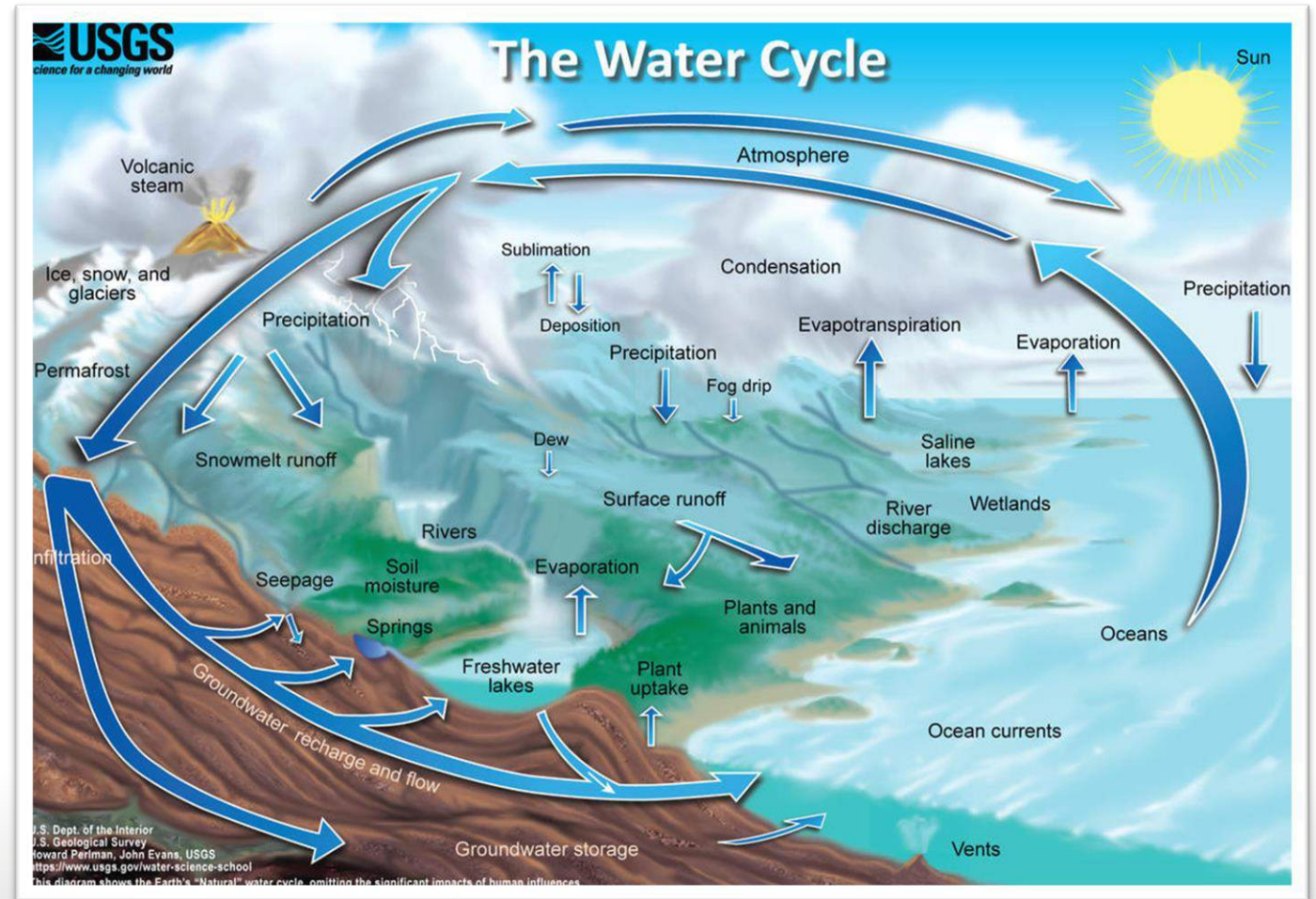


Hay escasez de agua en el planeta?

**$\frac{3}{4}$ DEL PLANETA ESTA
CUBIERTO POR AGUA**

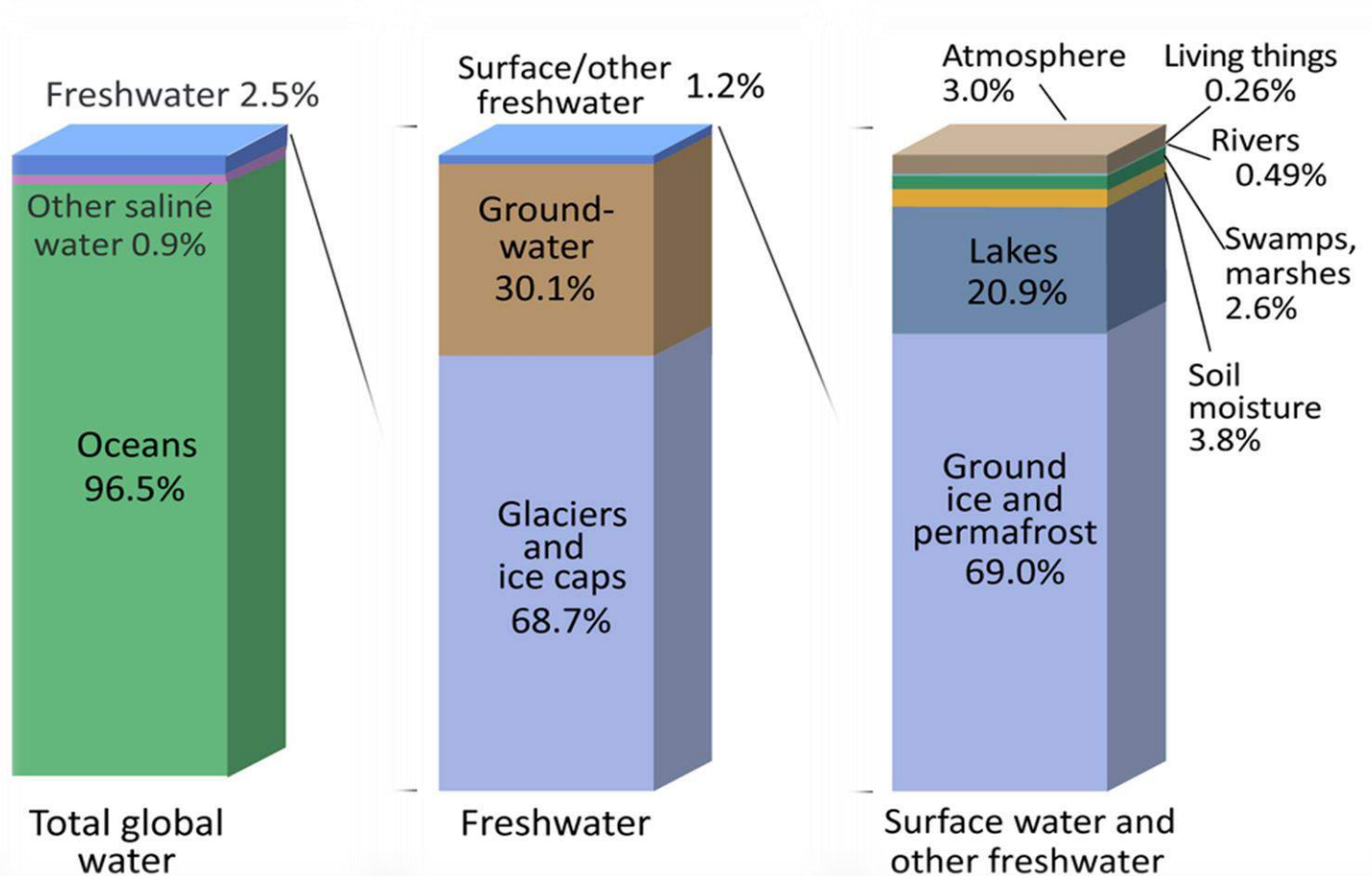
HAY ESCASEZ DE AGUA EN EL PLANETA?

Hace 4.000 millones de años tenemos aproximadamente la misma cantidad de agua en el planeta

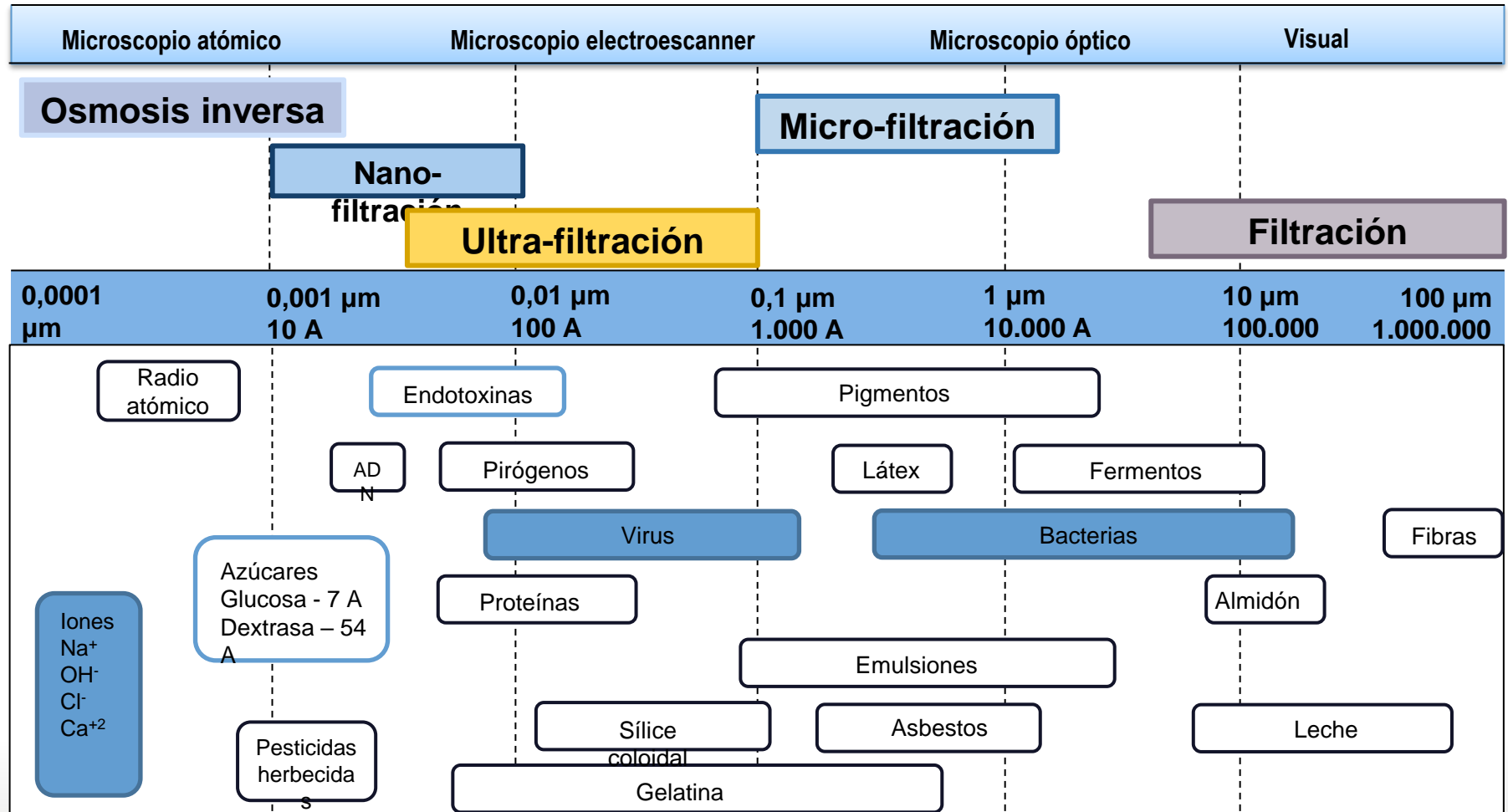


HAY ESCASEZ DE AGUA EN EL PLANETA?

Tenemos mucha agua...
pero no en la calidad ni
donde se necesita



QUÉ NECESITAMOS REMOVER?

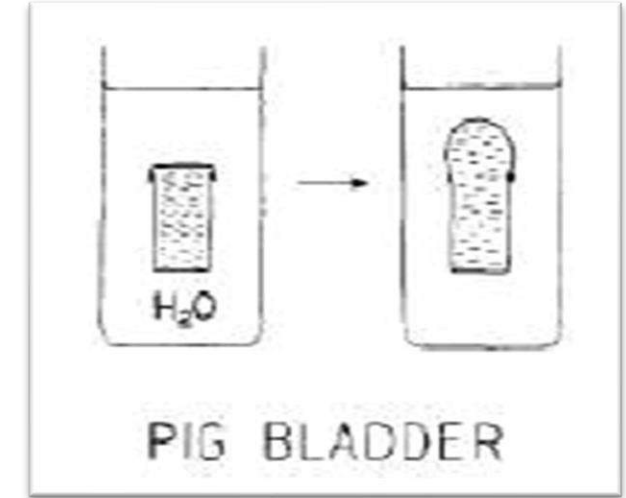
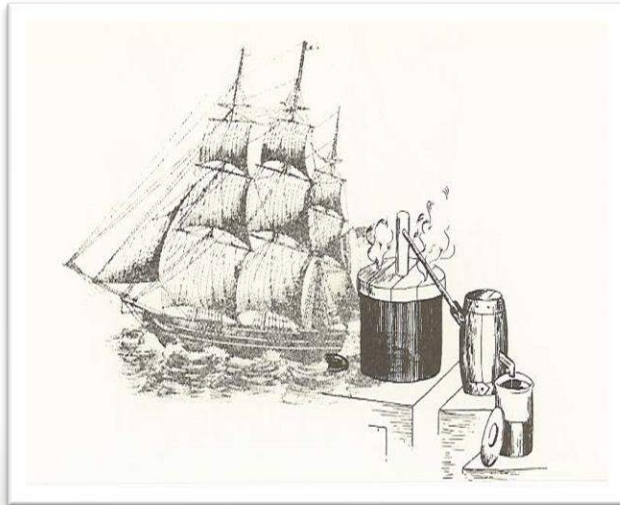


LA DESALACIÓN ES LA TECNOLOGIAQUE REMUEVE SALES DISUELTAS DEL AGUA

2. Nociones básicas

REVISIÓN HISTÓRICO

- En el **siglo XVI** comienza el uso sistemático de la desalinización por destilación (Árabes en sus barcos)
- En los **siglo XVII** se comienzan los experimentos de desalinización por filtración (Sir Francis Bacon)
- En el **siglo XVIII** se reconoce el fenómeno de osmosis a través de membranas naturales (Abbe Nollet)



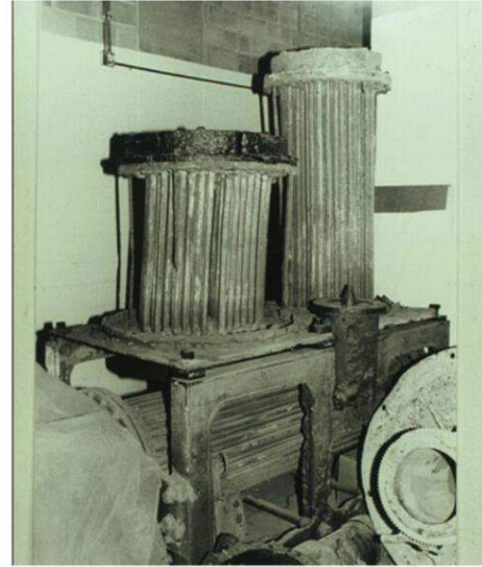
Fuente: Tony Fane

- En el siglo XIX: desalinización por destilación se establece como una tecnología de uso relativamente común para aplicaciones:
 - militares
 - barcos
 - minería

REVISIÓN HISTÓRICA



Máquina condensadora de agua de Carmen Alto, que proveía a las locomotoras del ferrocarril al interior. 1878 al 83.



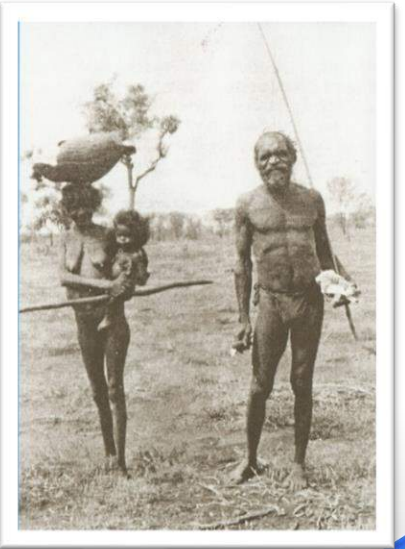
La primera planta desalinizadora conocida en las Americas es la de Key West, Florida, USA de 1861

Producía 27 m³/día por destilación en un solo efecto

Fuente: Jim Birkett

La corrida en busca del oro de 1894 en el interior de Australia Occidental fue frenada por la falta de agua. Se puso en práctica la Desalinización por evaporación

Foto del libro:
A drop in the bucket

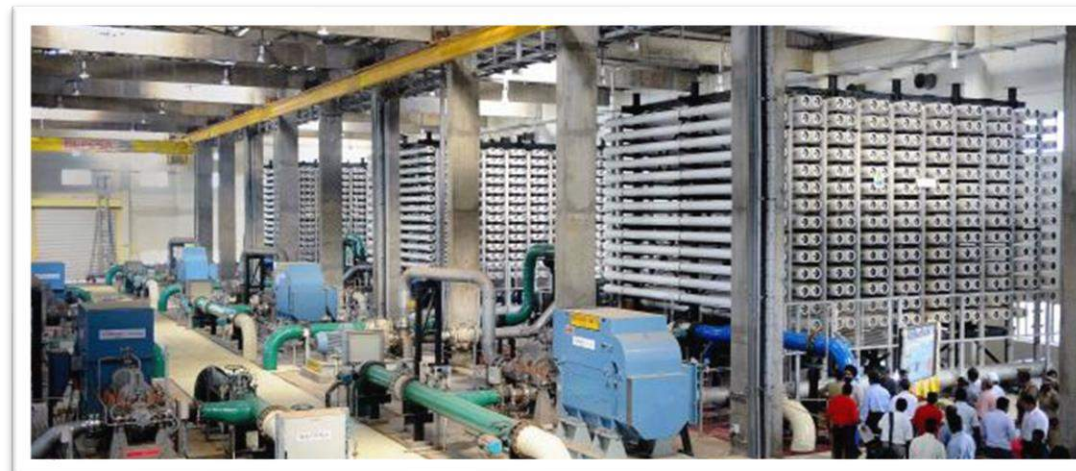


REVISIÓN HISTÓRICA



Desalinización con MSF se dispara
Producción instalada llega a 1,000,000 m³/día (1,000 MLD)
Membranas de RO (OI, Osmosis Inversa) disponibles al final de la década (9-12 Kwh/m³)

1960 - 1980



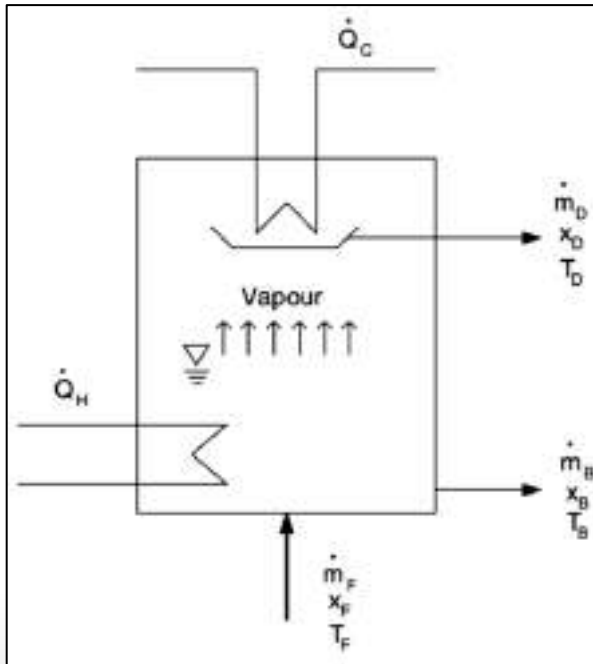
La tecnología de membranas de RO alcanza madurez
Se necesitan todavía 6-8 Kwh/m³, pero se comienza la aplicación de sistemas de recuperación de energía
MSF y RO comparten el mercado del agua de mar / RO domina el mercado de agua salobre

La producción instalada llega a 13,000,000 m³/día (13,000 MLD)

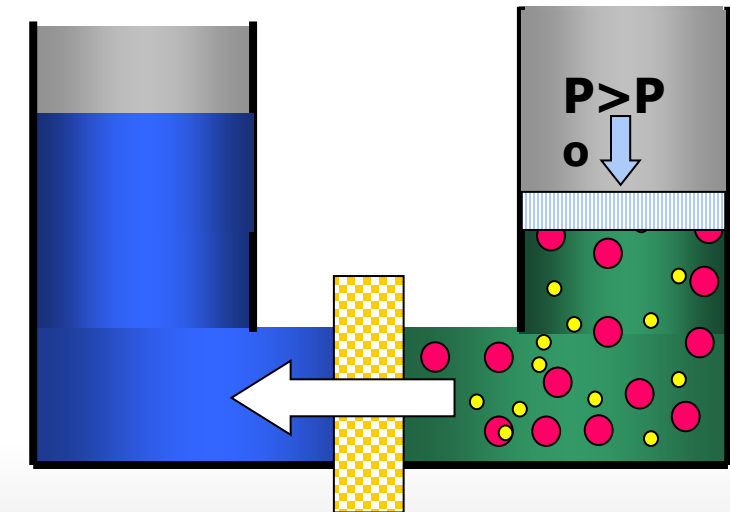
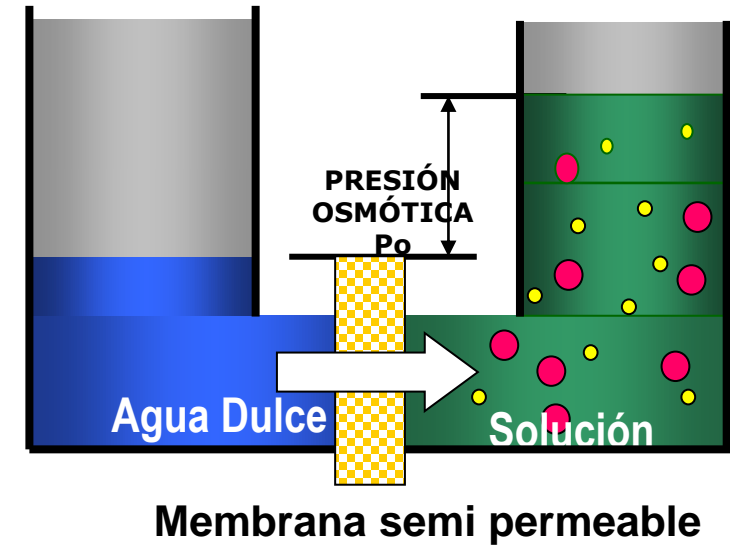
1980 → hoy

TIPOS DE PROCESOS

1. Ecuaciones de masa (3)
 - a. F: entrada (feed)
 - b. B: salmuera (brine)
 - c. D: Destilado
2. Ecuaciones de energía (2)
 - a. Calor suministrado \dot{Q}_H
 - b. Calor extraído, condensación \dot{Q}_C



- MSF: multi Stage Flash
- MED: Desalación multi efecto
- RO: Osmosis reversa
- ED: electrodiálisis

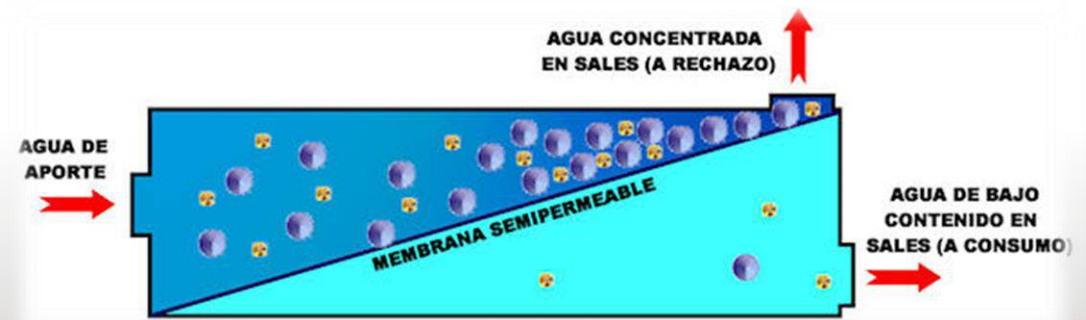
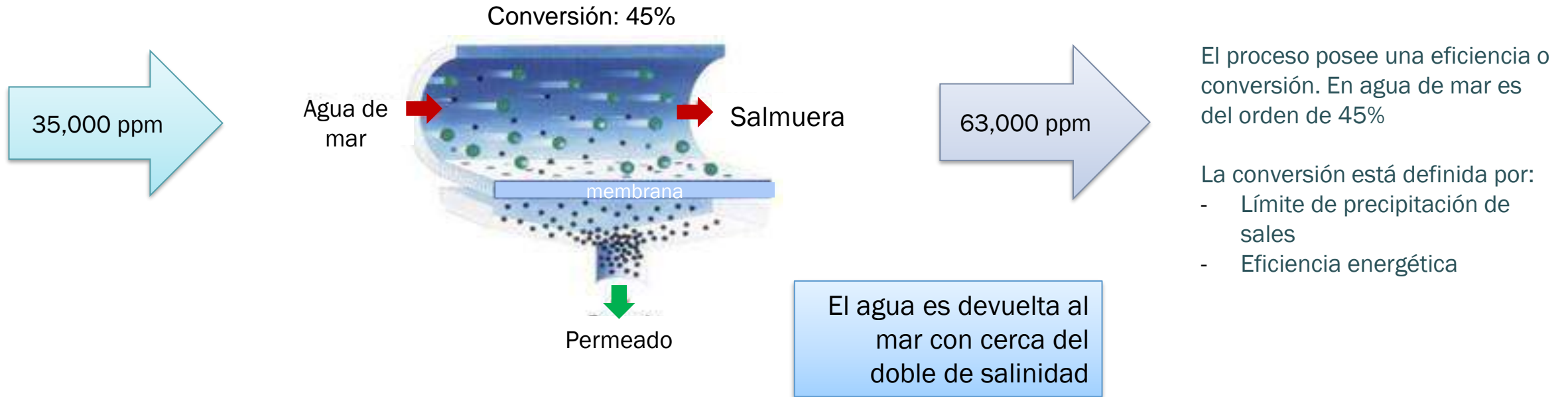


A dynamic splash of clear blue water with numerous bubbles and droplets, set against a light blue background.

LA ÓSMOSIS INVERSA ES LA TECNOLOGÍA MÁS USADA HOY EN DÍA

3. Ósmosis Inversa

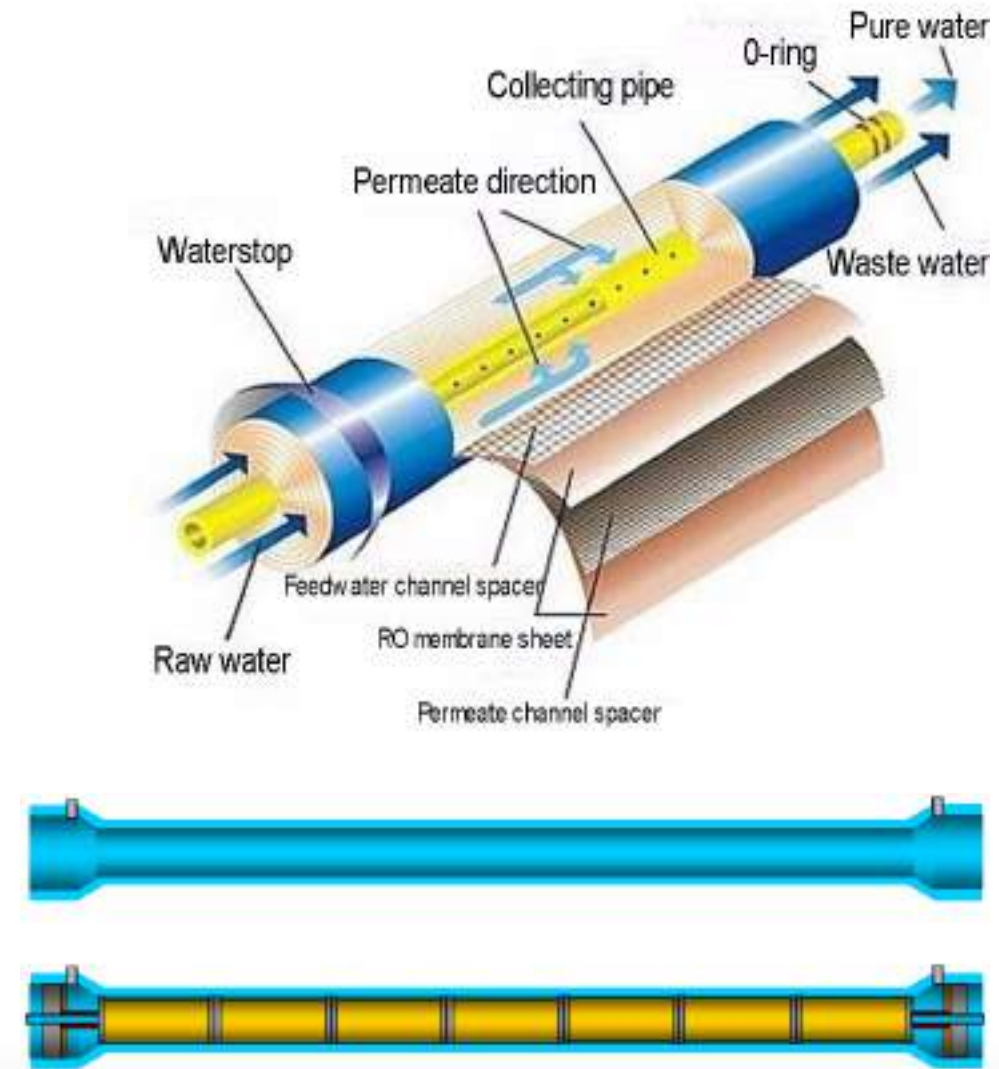
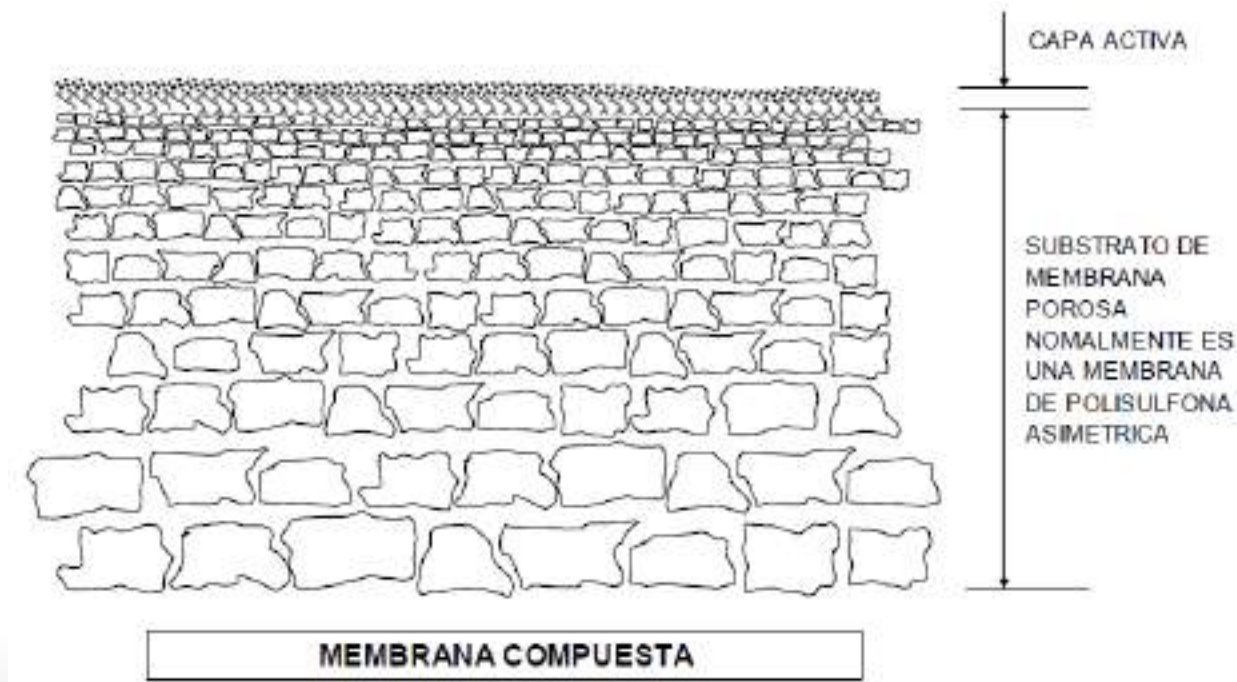
DESALACIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA



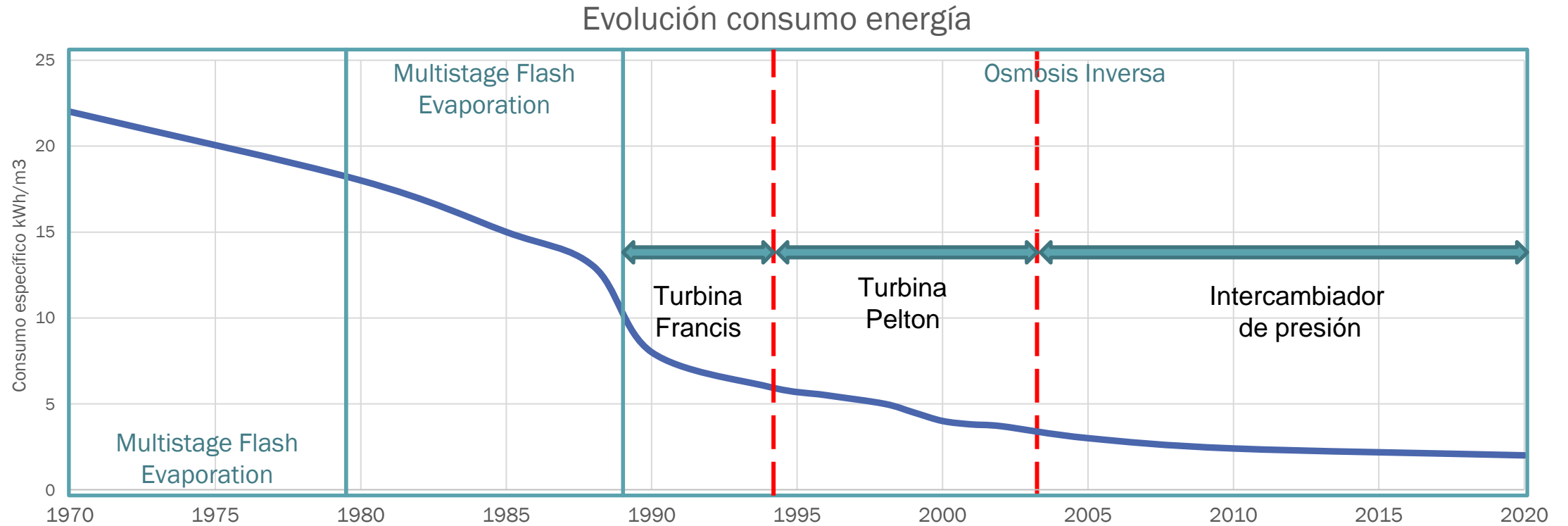
Estructura física de la membrana

Membranas actuales de polímero: 2 materiales diferentes

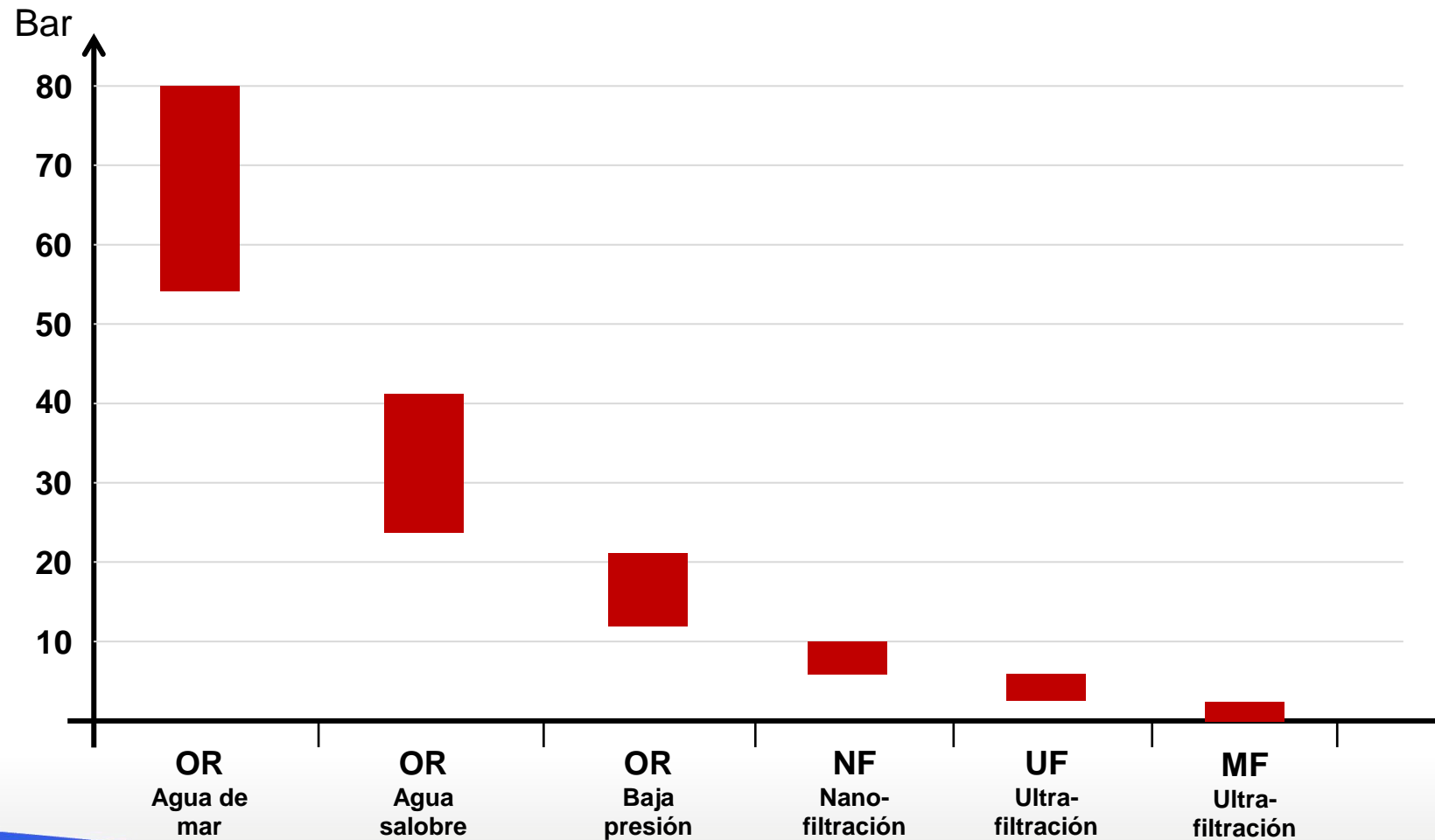
Estructura denominada “compuesta”: fina capa semipermeable (capa activa) de poliamida y capa porosa del tipo asimétrica (con gradiente de poros que crece según se aleja de la capa semipermeable) de polisulfona.



ESFUERZOS INDUSTRIA DESALACIÓN



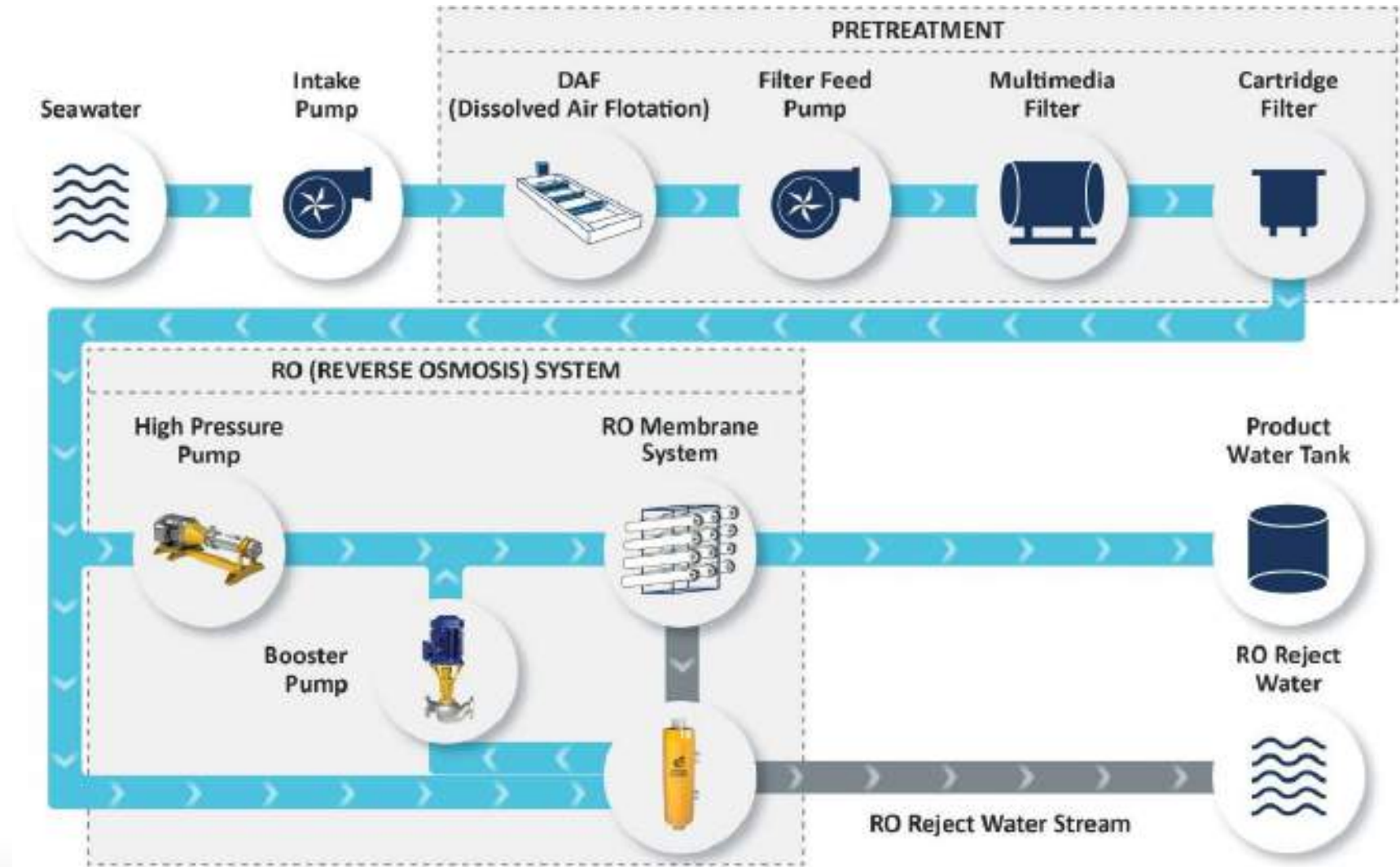
Presión de trabajo diferentes tecnologías



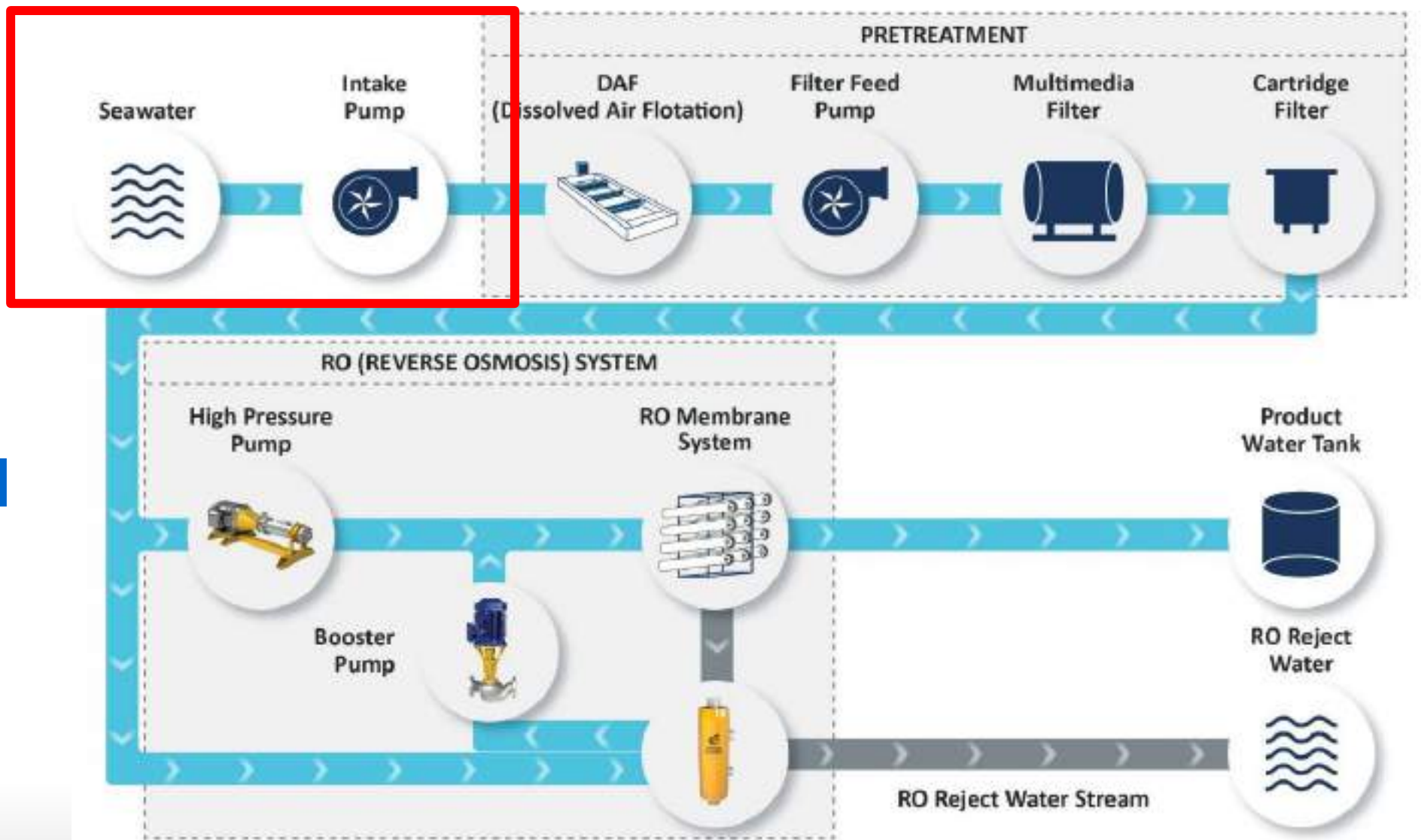
La RO es una tecnología abierta, la gracia es cómo combinarla

4. Planta desaladora

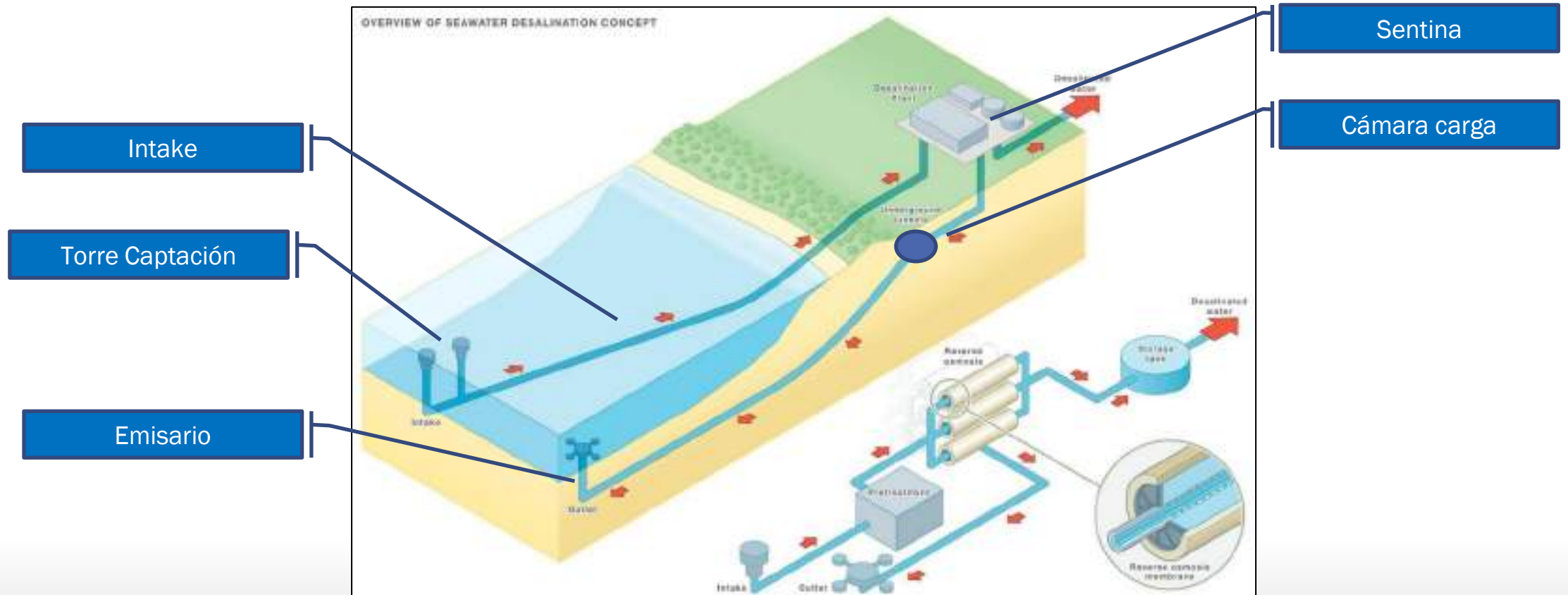
ESQUEMA GENERAL PLANTA DESALADORA



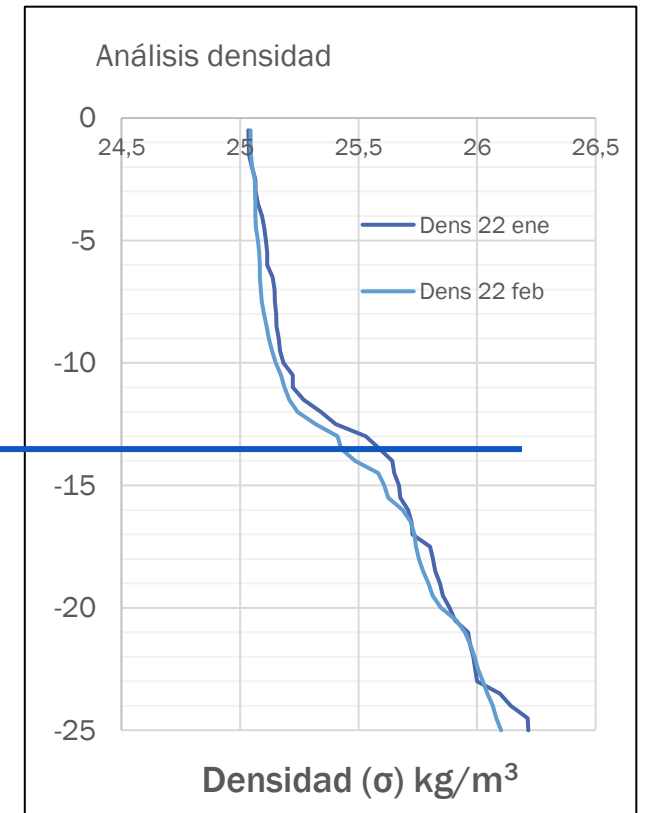
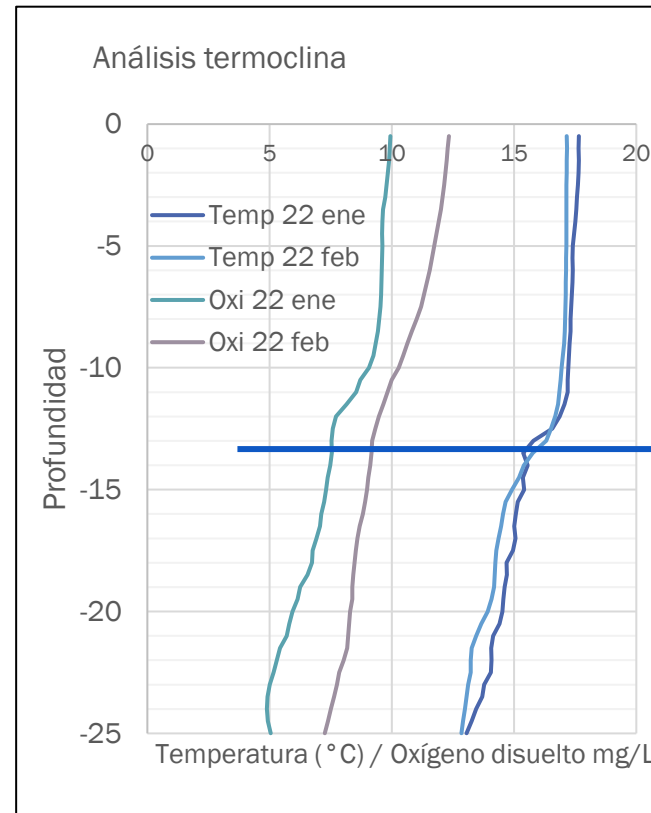
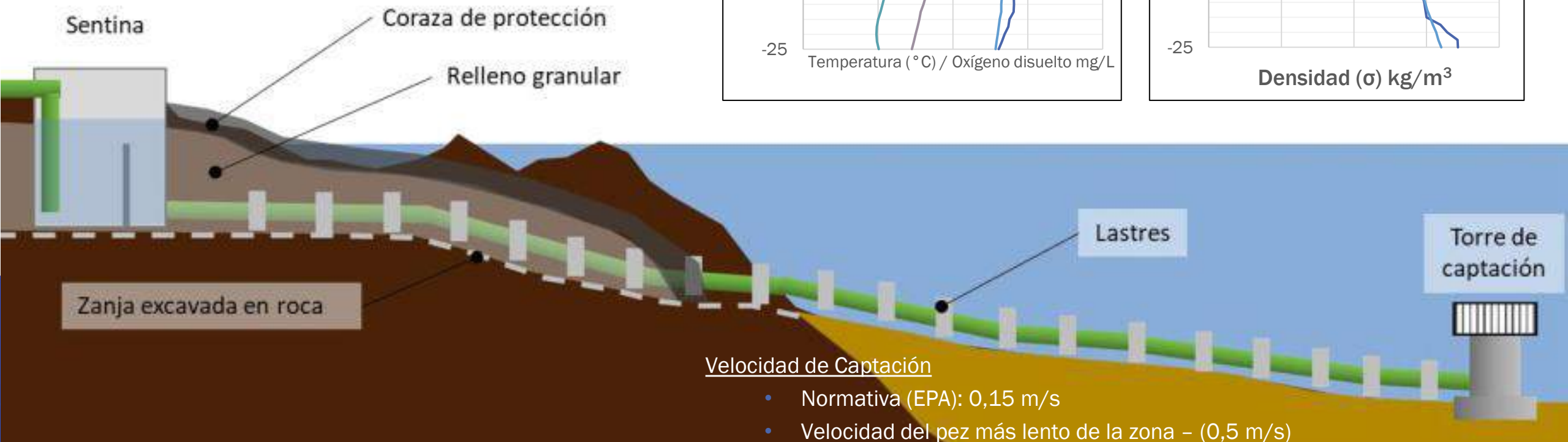
CAPTACIÓN



SISTEMA TÍPICO DE TOMA DE AGUA



CAPTACIONES



Velocidad de Captación

- Normativa (EPA): 0,15 m/s
- Velocidad del pez más lento de la zona – (0,5 m/s)

DISPOSICIÓN SALMUERA

En Latinoamérica no hay regulación que establezca límites máximos permitidos de descarga de aguas salinas a cuerpos de agua marinos

Supletoriamente, se considera normativa internacional para establecer criterios de diseño para el cálculo de dilución

Comunidad Europea

Directiva 2006/113/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 12 de diciembre de 2006 relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos, establece un máximo de 10% de sobreconcentración

Australia

Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Water, 1992: Fija como cota máxima un aumento del 5% de la salinidad natural del medio por efectos de la descarga de salmuera, una vez igualado los momentum de la mezcla



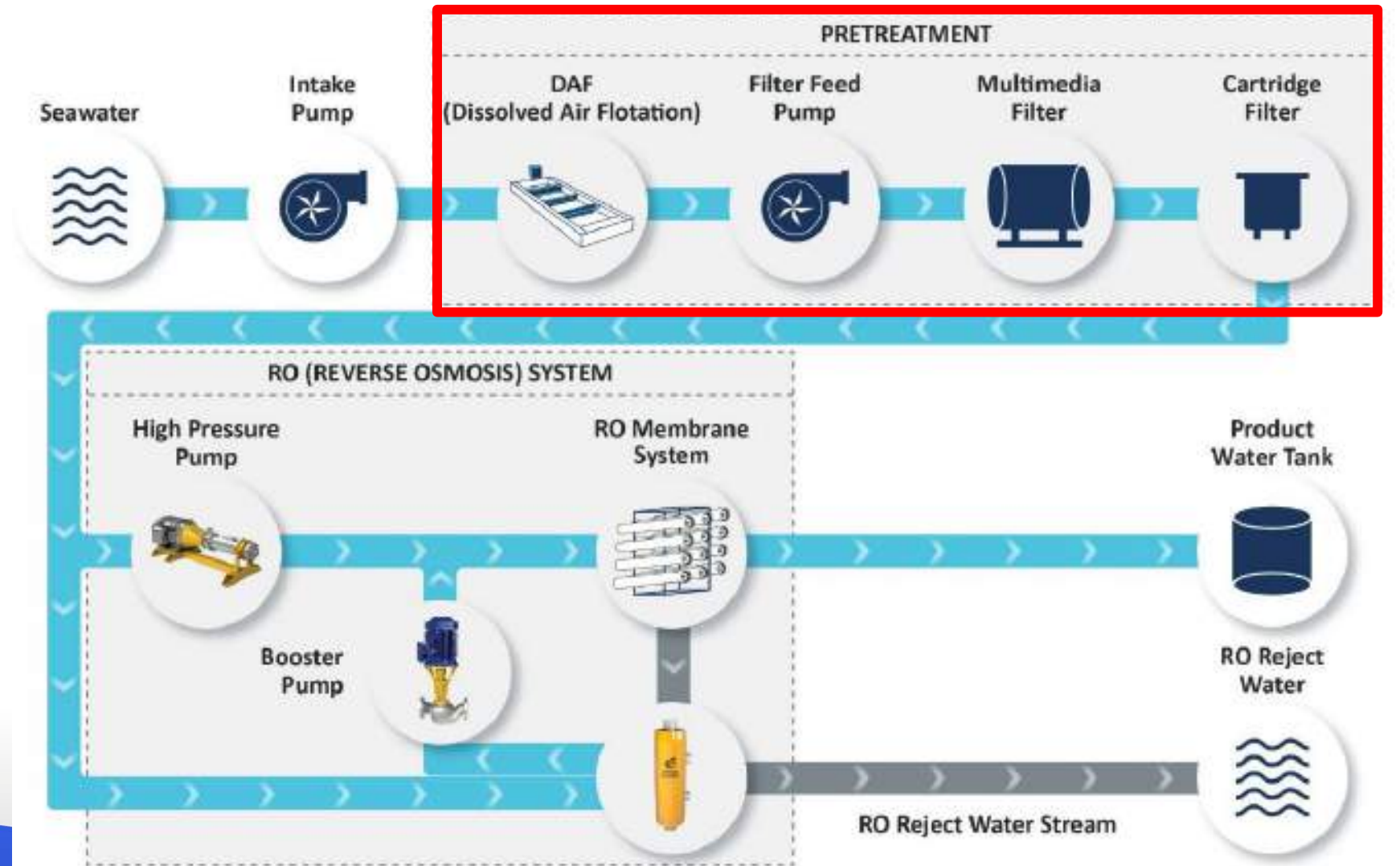
Campo lejano



Campo cercano

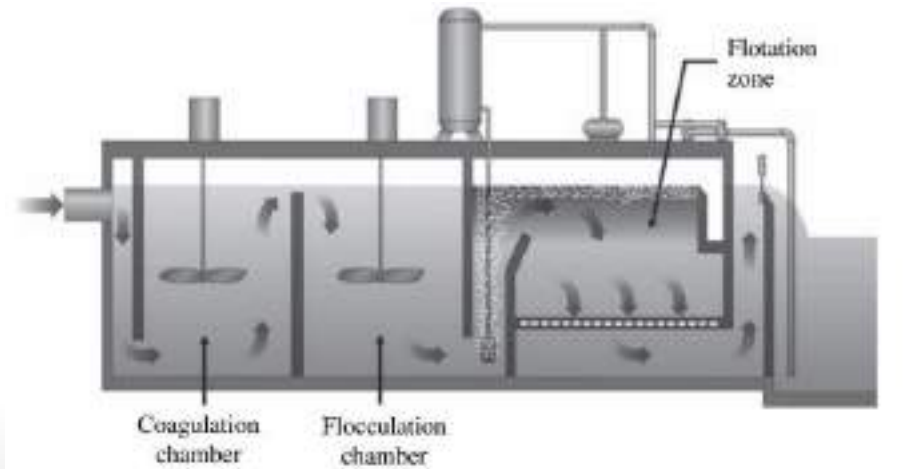
	Collahuasi	La chimba	Spence	Aguas CAP	Radomiro Tomic	Tocopilla	EWS	Manto verde	Quebrada Blanca
0									
5									
10						7			
15		14,7		15					
20	20		19		20		20	20	
25	25		25						
30		28		28	28	29	26		
35									
40									40

PRETRATAMIENTO



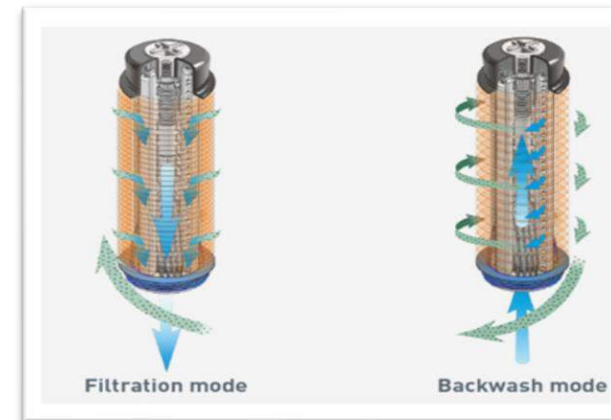
FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)

- Se utiliza para remover contaminantes flotantes, como algas, aceites y grasas, o cualquier sólido liviano que no pueda ser removido por filtración o sedimentación.
- Se utiliza aire para hacer flotar estas partículas livianas
- Mayor porcentaje de concentración de sólidos respecto a sedimentador (0,3% a 0,5% vs 1% a 3%)
- Requiere grandes áreas de utilización
- Complica la operación en línea de filtros posteriores



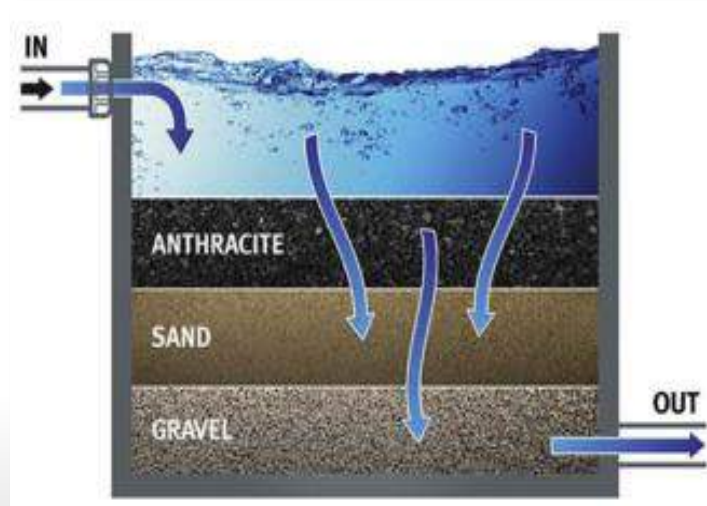
FILTRO AUTOLIMPIANTE

- Amplio rango de filtración (20 a 400 μm de corte)
- Fácil de operar: limpiezas automáticas y sin equipos externos



FILTRO MULTIMEDIA

- Es el pretratamiento más común antes de la ósmosis
- Generalmente se utilizan filtros de una etapa, con antracita + arena
- Para aguas más complejas, se pueden utilizar 2 etapas, con medios distintos.
- El objetivo es tener turbidez media menor a 0,1 NTU y máxima menor a 5 NTU.
- Se espera tener un SDI15 menor a 3 el 95% del tiempo y menor a 5 en todo momento.
- Operación más sencilla

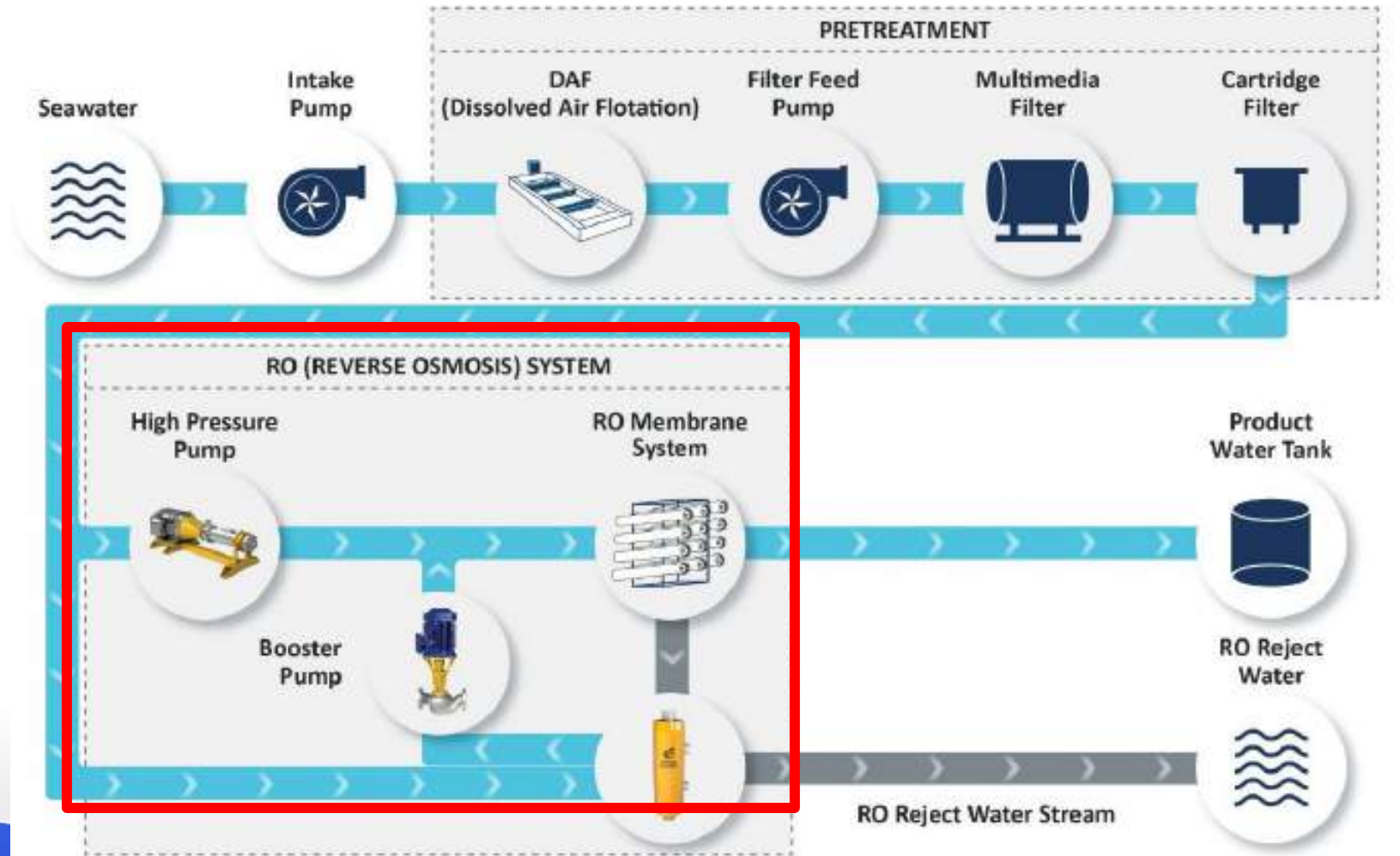


ULTRAFILTRACIÓN

- Tamaño de corte menor: 0,1 μm
- Las plantas más grandes del mundo y con tecnología más avanzada utilizan UF
- Asegura mejor calidad de ingreso a la ósmosis
- Categorías:
 - Flujo cruzado / directo
 - Vertical / Horizontal
 - In-out / out-in
- Requieren limpieza química
- Operación más compleja que FMM



RO, RECUPERACIÓN, ENERGÍA Y POSTRATAMIENTO



DISEÑO DEL SISTEMA RO – EJEMPLO 100 m³/hr

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por: AGA

Proyecto: SW

Caudal bomba alta pres:

Presión Alim.: 101,2 m³/hr

Temp. Agua Alim.: 60,7 bar

pH Agua Alim.: 14,0 C(57F)

Dosis Químico, ppm (100%): 7,28

0,0 H₂SO₄

Flux promedio:

14,9 lm²/hr

Caudal de Permeado:

Caudal agua cruda: 100,00 m³/hr

Recuperación: 222,2 m³/hr

Edad de las Membranas: 45,0 %

Disminución flux %/año: 3,0 años

Factor de Ensuciamiento: 7,0

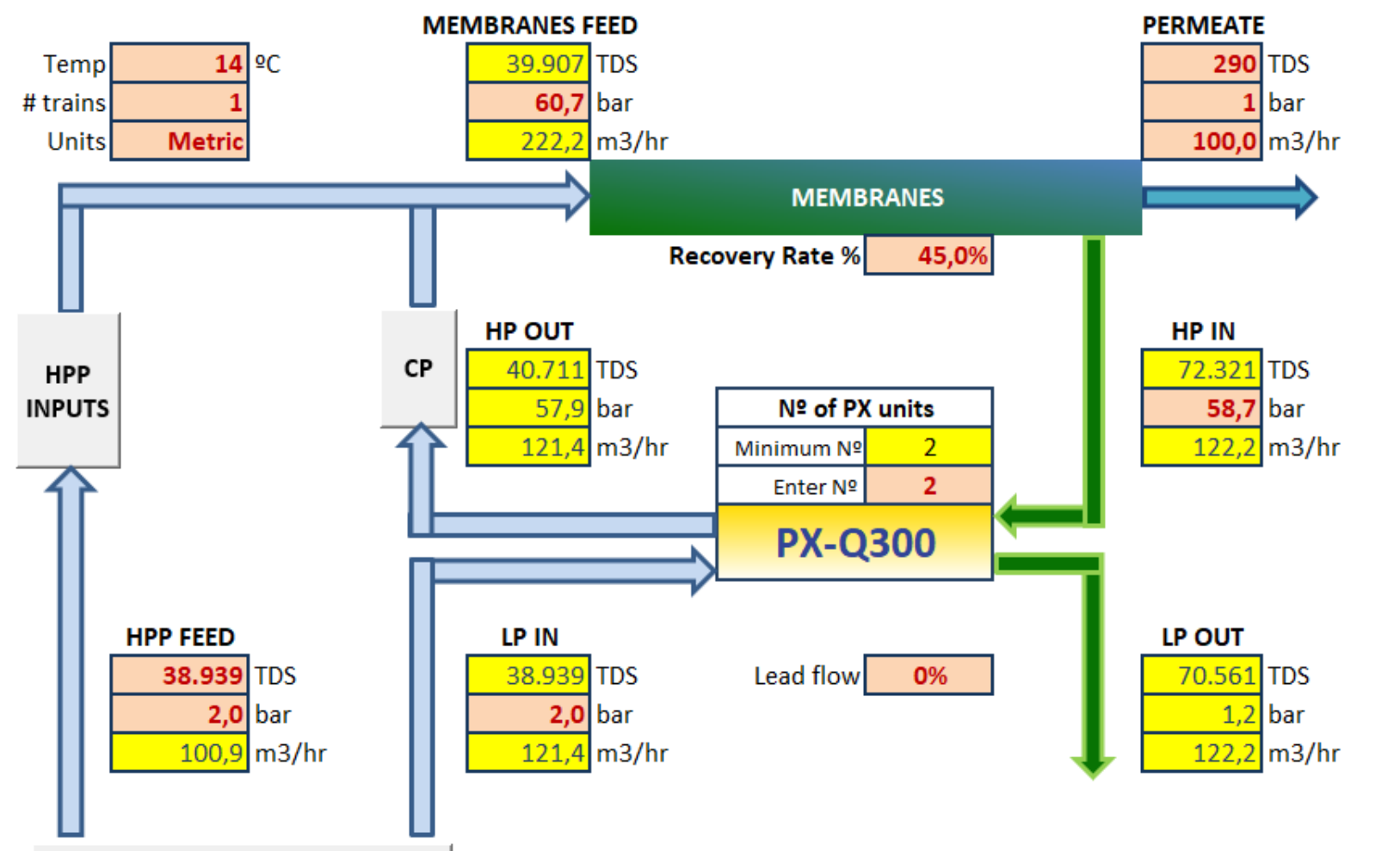
Incremento paso sales, %/año: 0,80

Tipo de Alimentación: 10,0

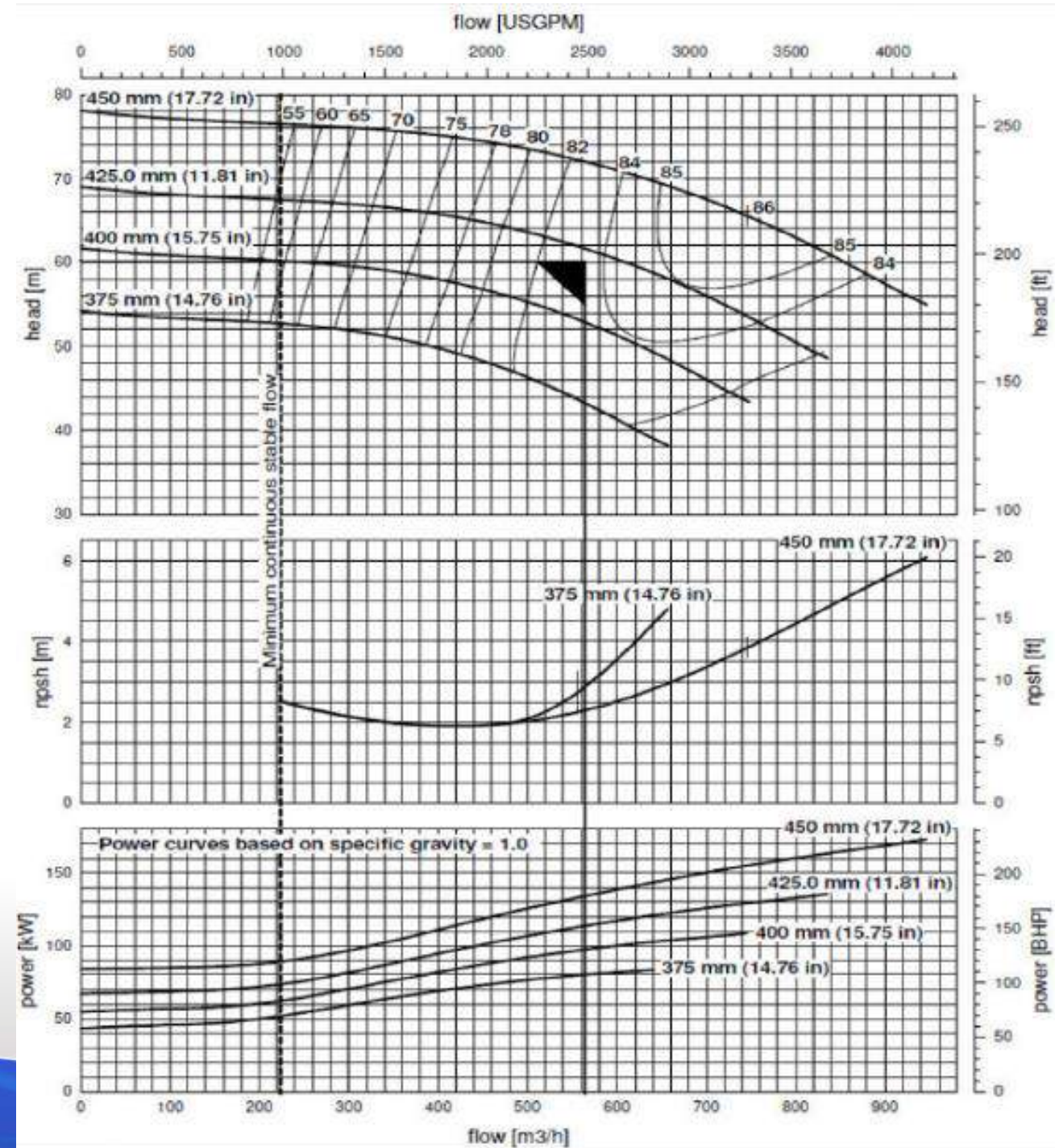
Agua de mar - toma abierta

	Agua cruda	Agua luego de ajuste	Agua Alim.	Permeado	Conc.	Rechazo SER
ión	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Ca	440,0	440,0	452,4	0,788	822,0	799,3
Mg	1300,0	1300,0	1336,7	2,328	2428,5	2361,5
Na	12317,0	12317,0	12662,8	105,644	22936,8	22306,0
K	240,0	240,0	246,7	2,571	446,5	434,2
NH ₄	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0
Ba	0,500	0,500	0,514	0,001	0,934	0,9
Sr	7,830	7,830	8,051	0,014	14,627	14,2
CO ₃	2,1	4,1	4,3	0,003	10,5	10,0
HCO ₃	280,0	280,0	287,3	3,891	502,7	489,5
SO ₄	2780,0	2780,0	2858,6	5,393	5193,0	5049,6
Cl	21559,4	21559,4	22165,2	167,036	40163,6	39058,5
F	0,6	0,6	0,6	0,009	1,1	1,1
NO ₃	1,9	1,9	2,0	0,109	3,5	3,4
B	4,00	4,00	4,08	1,272	6,37	6,2
SiO ₂	4,0	4,0	4,1	0,02	7,5	7,3
CO ₂	17,58	9,41	9,41	9,41	9,41	9,41
TDS	38937,3	38939,3	40033,2	289,1	72537,6	70541,7
pH	7,28	7,28	7,28	5,90	7,26	

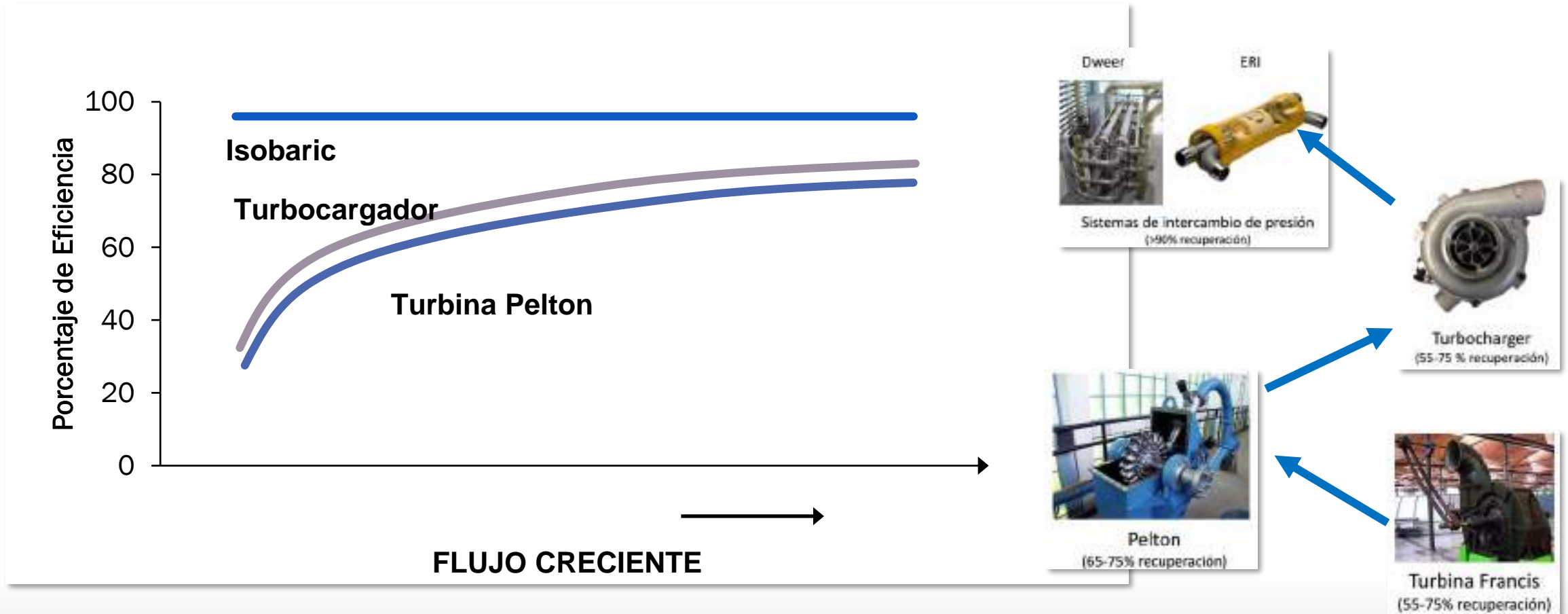
DISEÑO SISTEMA RO



DISEÑO SISTEMA RO



SELECCIÓN DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA



POSTRATAMIENTO

Post-tratamiento: LSI

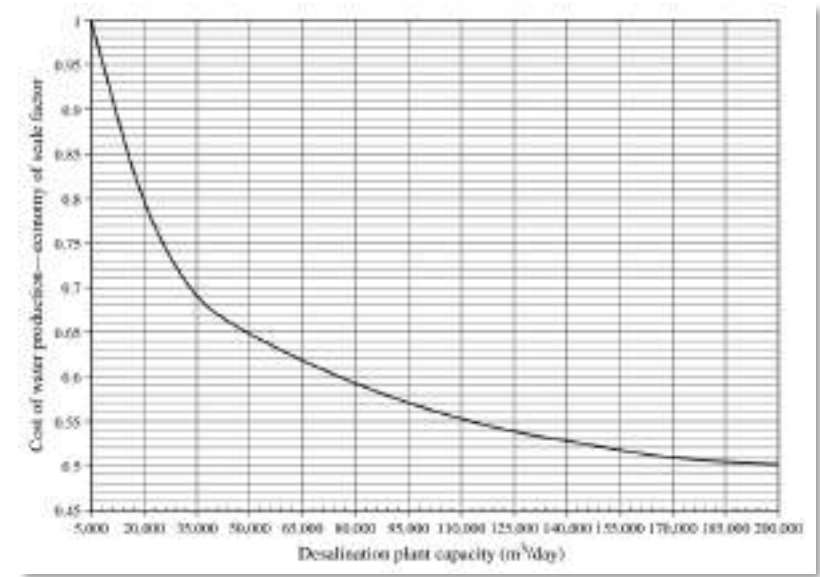
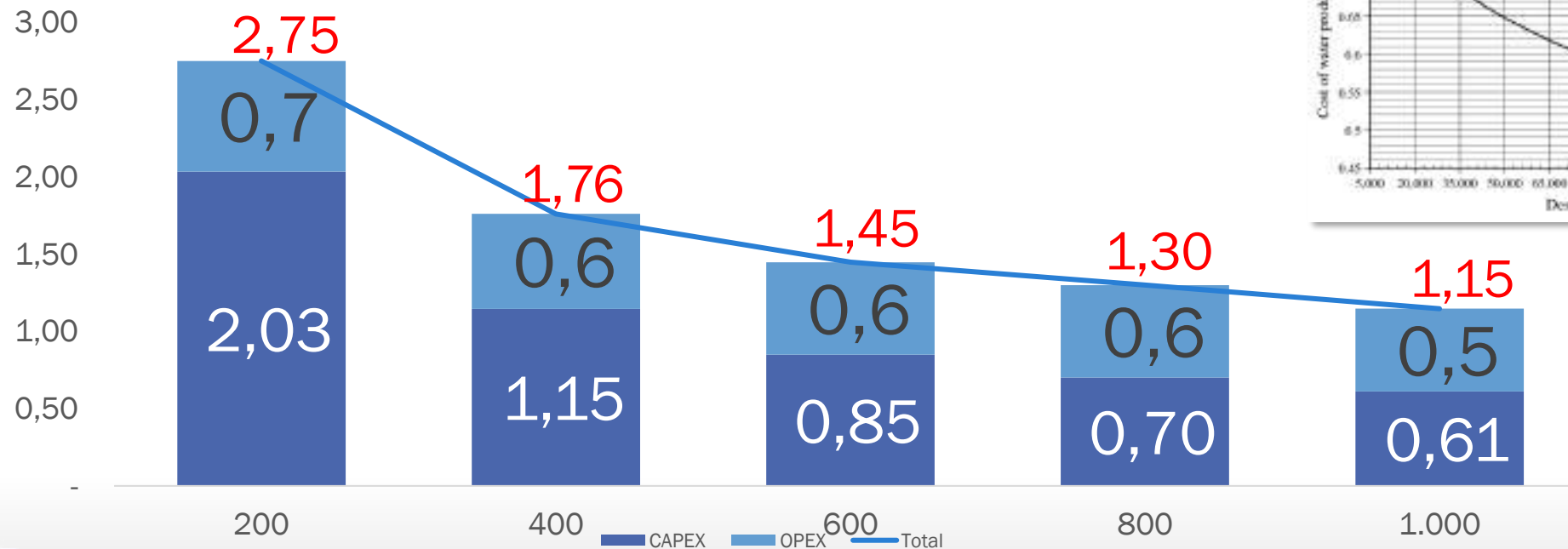
- ¿Por qué?
- CO_2
- Cal / Calcita
- Hidróxido
- Cloro / flúor



LA ÚNICA FORMA DE QUE LA DESALACIÓN SEA UNA SOLUCIÓN ES QUE PUEDA PAGARSE

5. Economía de escala

COSTOS SEGÚN AMPLIACIÓN DE PLANTA



Ejemplo caso estudio realizado por ITECK

GRACIAS!!

Patrício Martiz

patricio.martiz@aladyr.net

patricio.martiz@iteck.cl