



# El Agua y La Industria: Generalidades y Casos de Aplicación

FACULTAD DE INGENIERIA, CATEDRA JULIO GARAVITO

I.Q. David Suárez  
Dow Química de Colombia

Abril 2016



# Agenda

- Contexto del Agua en la Industria en Colombia
- Revisión de Tecnologías de Tratamiento
- Tendencias
- Revisión de algunos Casos de Aplicación
  - Osmosis Inversa en Agua Industrial
  - Ultrafiltración para uso en Agua Potable
  - Desalinización de Agua de Mar
  - Biocidas en Torres de Enfriamiento



# CONTEXTO GLOBAL

1.2 billones de personas **no tienen acceso a agua potable** segura y los sistemas de suministro de agua publica están cada vez más limitados

---

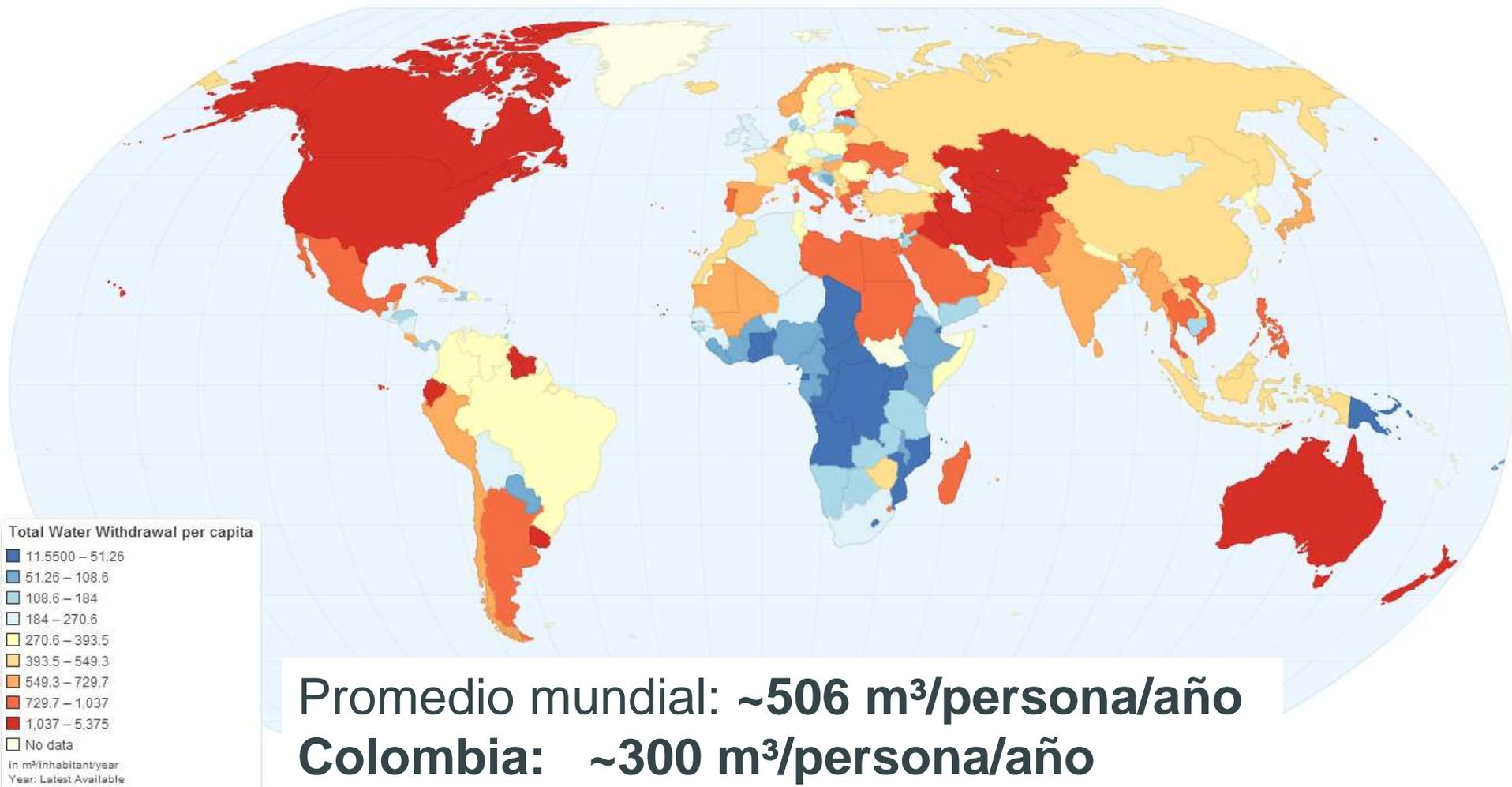
La tecnología tradicional no llega a cumplir los actuales estándares de calidad

---

Tendencia global para aportar **soluciones sostenibles** en terminos de energia y rendimiento



# EXTRACCION DE AGUA PER CAPITA



## Source

**Dow.com**

The Food and Agriculture Organization of the United Nations 2010, AQUASTAT online database, Water use, by sector and by source, The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla 00153 Rome, Italy,

# Las necesidades futuras serán aun mayores

Hacia 2030\*, necesitaremos:

- 30% más agua
- 40% más energía
- 50% más alimentos



# ESCENARIO

## Colombia



### Fuentes abastecedoras de acueductos



83 % de las cabeceras municipales  
tiene fuente de agua Superficial.

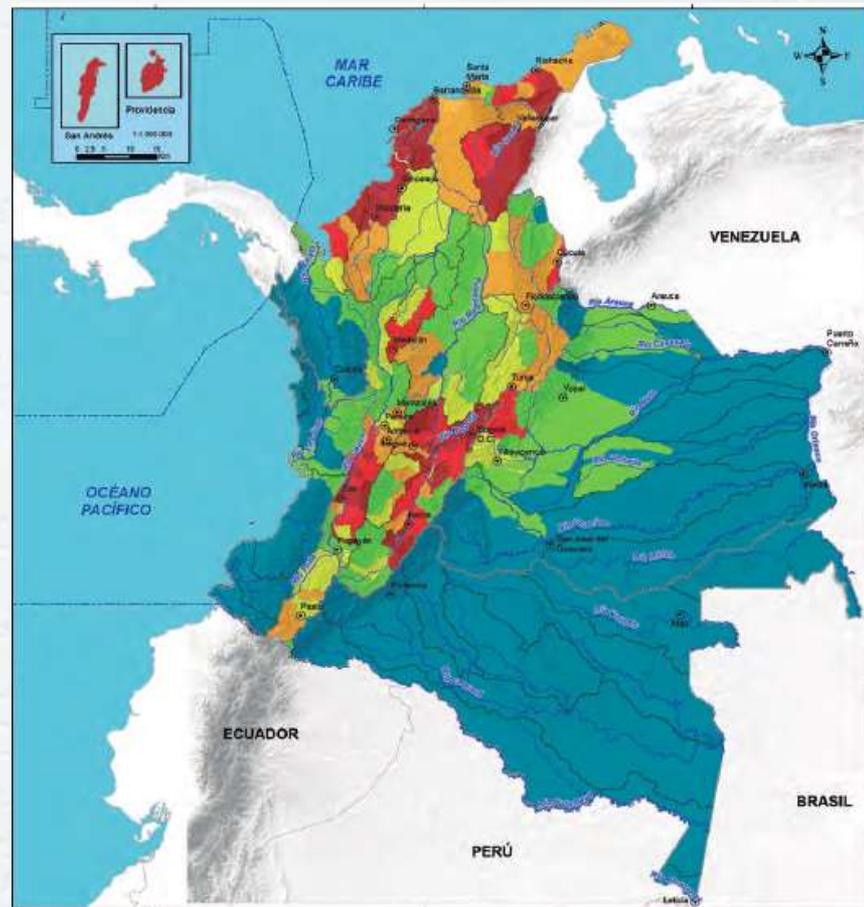
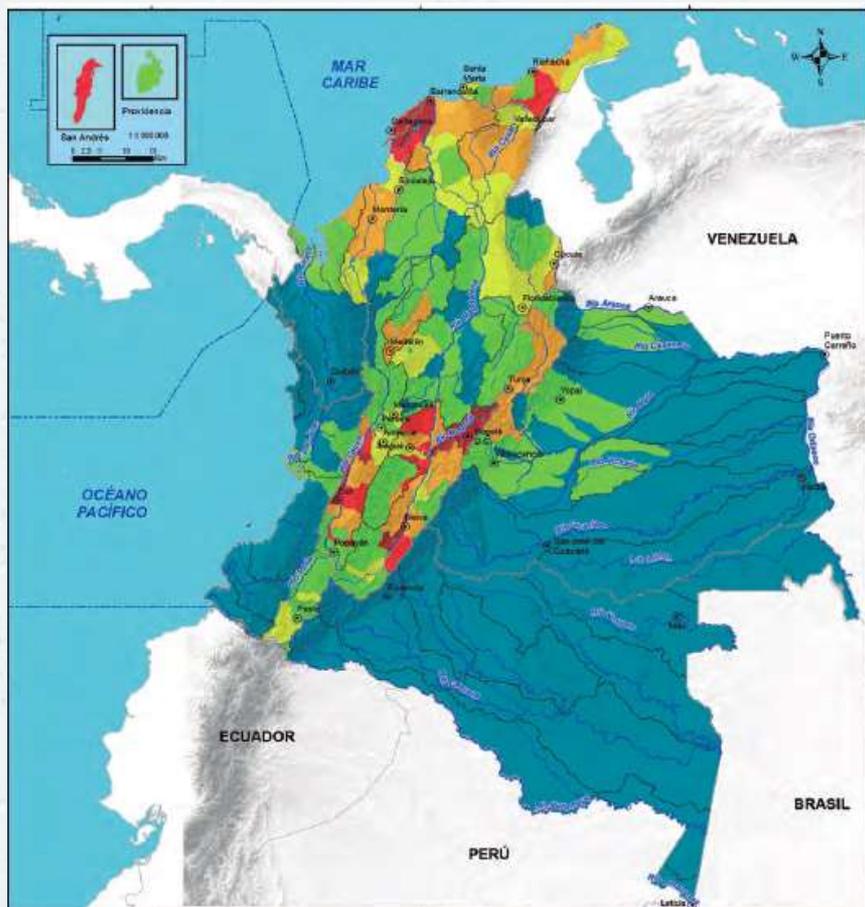
# ESCENARIO

## Indice del uso del agua

$$IUA = (Dh/Oh) * 100$$

**Año Medio**

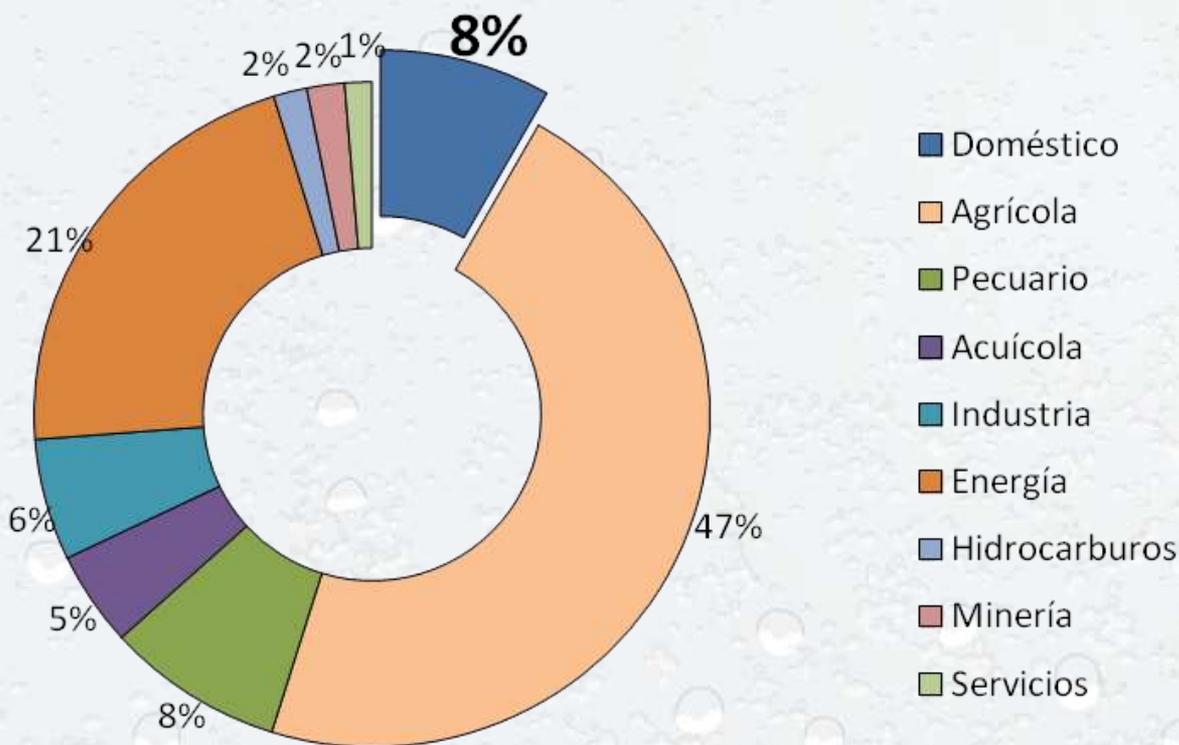
**Año Seco**



# ESCENARIO

## Colombia Municipal

### Demanda Hídrica en Colombia

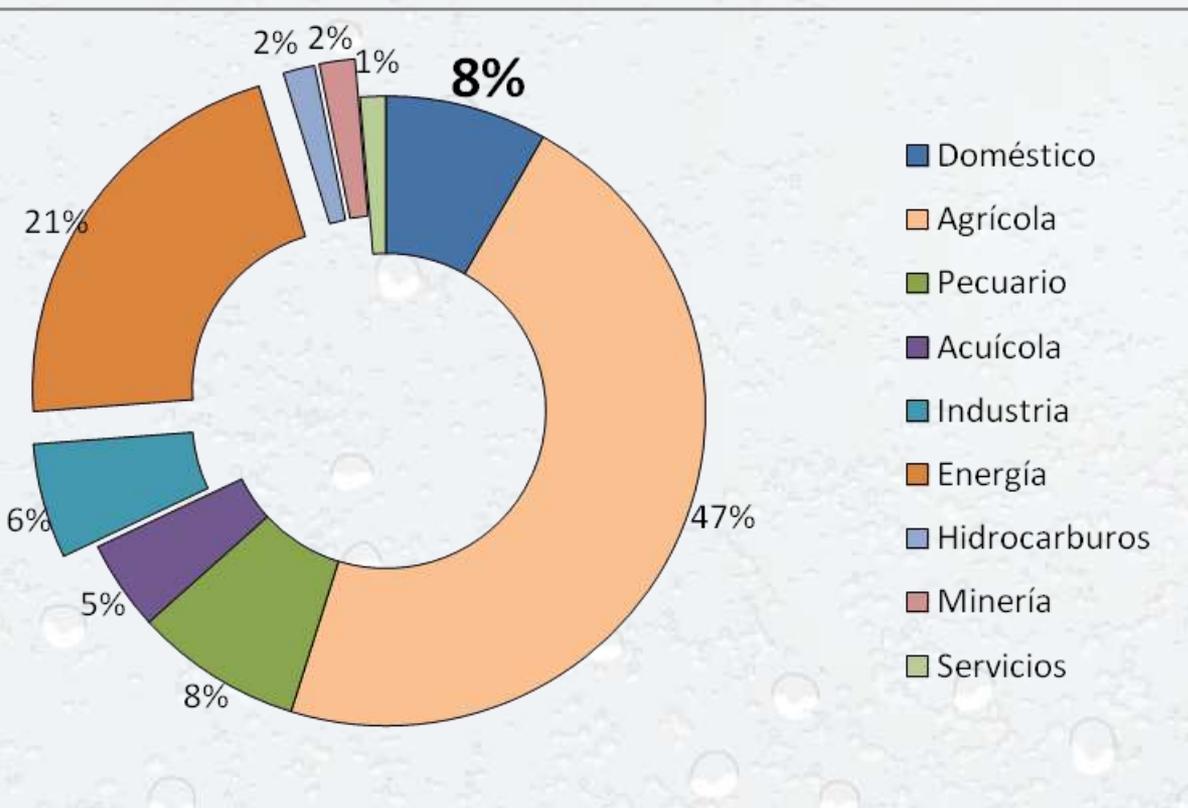


70 % del Agua de uso doméstico retorna a la red municipal total en 2012... 1670 Mm<sup>3</sup>/año

# ESCENARIO

## Colombia Industrial / Energía

### Demanda Hídrica en Colombia



30 % de la demanda es para uso industrial.  
Totalizando... 11.080 Mm<sup>3</sup>/año

# ESCENARIO

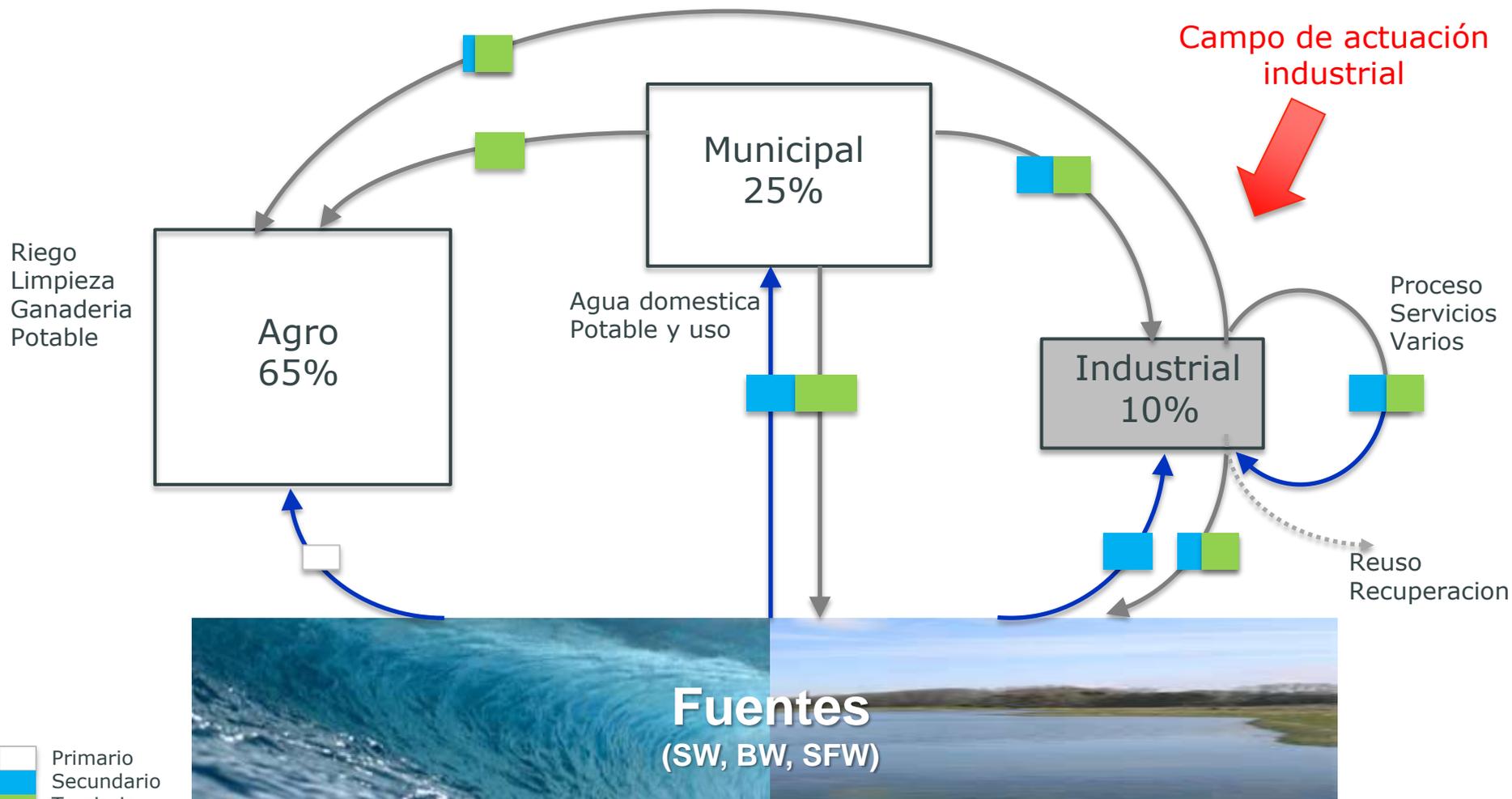
## Colombia

## Industrial / Energía

### Demanda Hídrica en Colombia

	Industrial	Minería	Hidrocarburos	Energía
Consumo (Mm3)	2106	640	5944	7738
Retorno	95 %			16 % (Hidroeléctricas retorno 97%)
Usos	Grandes industrias, pequeñas y medianas empresas	Agua que sale de la mina. Proceso productivo. Uso doméstico. Pérdidas y vertimientos	E&P: Refrigeración, domestico, limpieza, recuperación de crudo, inyección.  Refinación y Transporte.	Centrales eléctricas, Hidroeléctricas y termoeléctricas

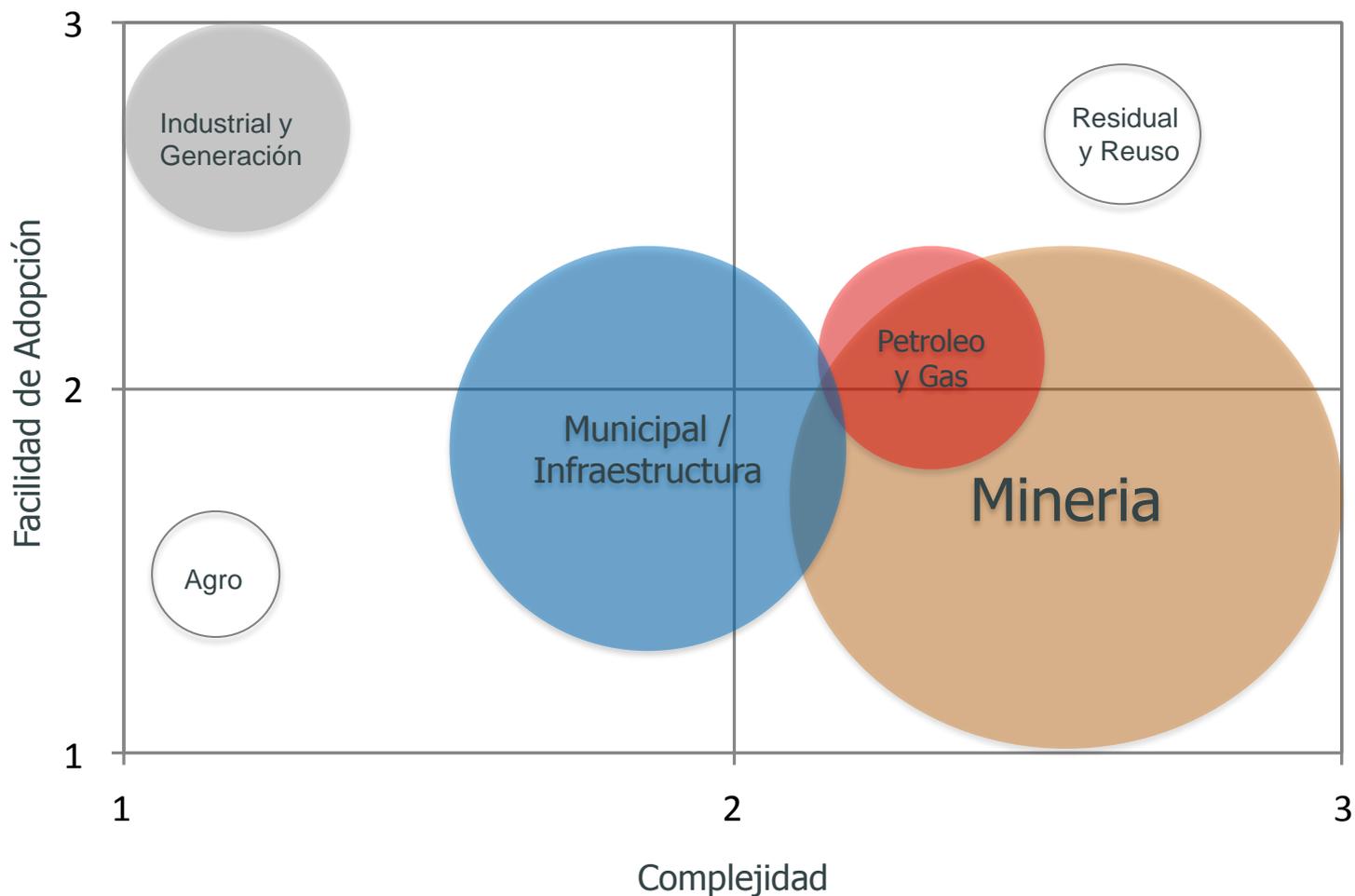
# Ciclos de Uso del Agua



Primario  
Secundario  
Terciario



# Segmentos de Aplicación en la Industria



# Tecnologías de Tratamiento

# TENDENCIAS

Sistemas modulares compactos

---

El agua obtenida cumple los estándares el 100 % de los casos

---

Económicamente factibles

---

Rápida implementación comparado con sistemas convencionales

---

Fácil operación y mantenimiento

---

Manejo de la escasez de Agua

# Tendencias: Escasez de Agua

## 1. Reuso de efluentes y Descarga cero

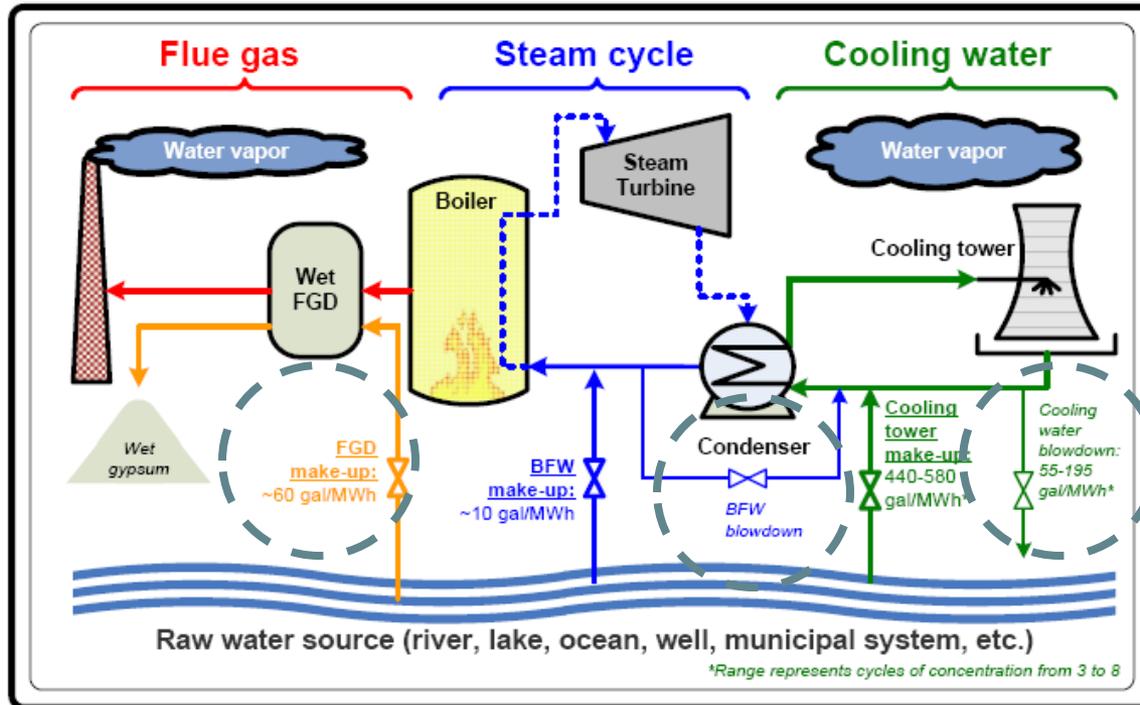


Figure 3-3. Water flow schematic for a greenfield supercritical pulverized coal power plant utilizing a wet cooling tower and a wet FGD

# Tendencias: Escasez de Agua

## 2. Uso de fuentes no tradicionales

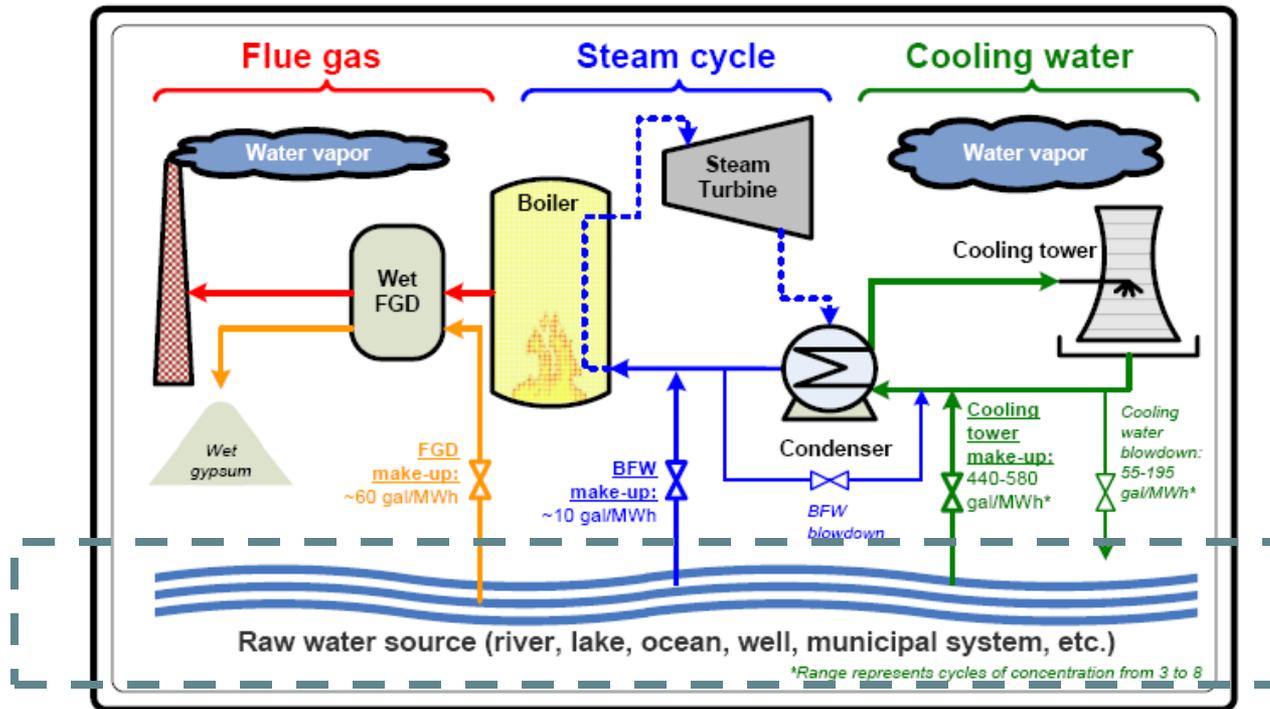
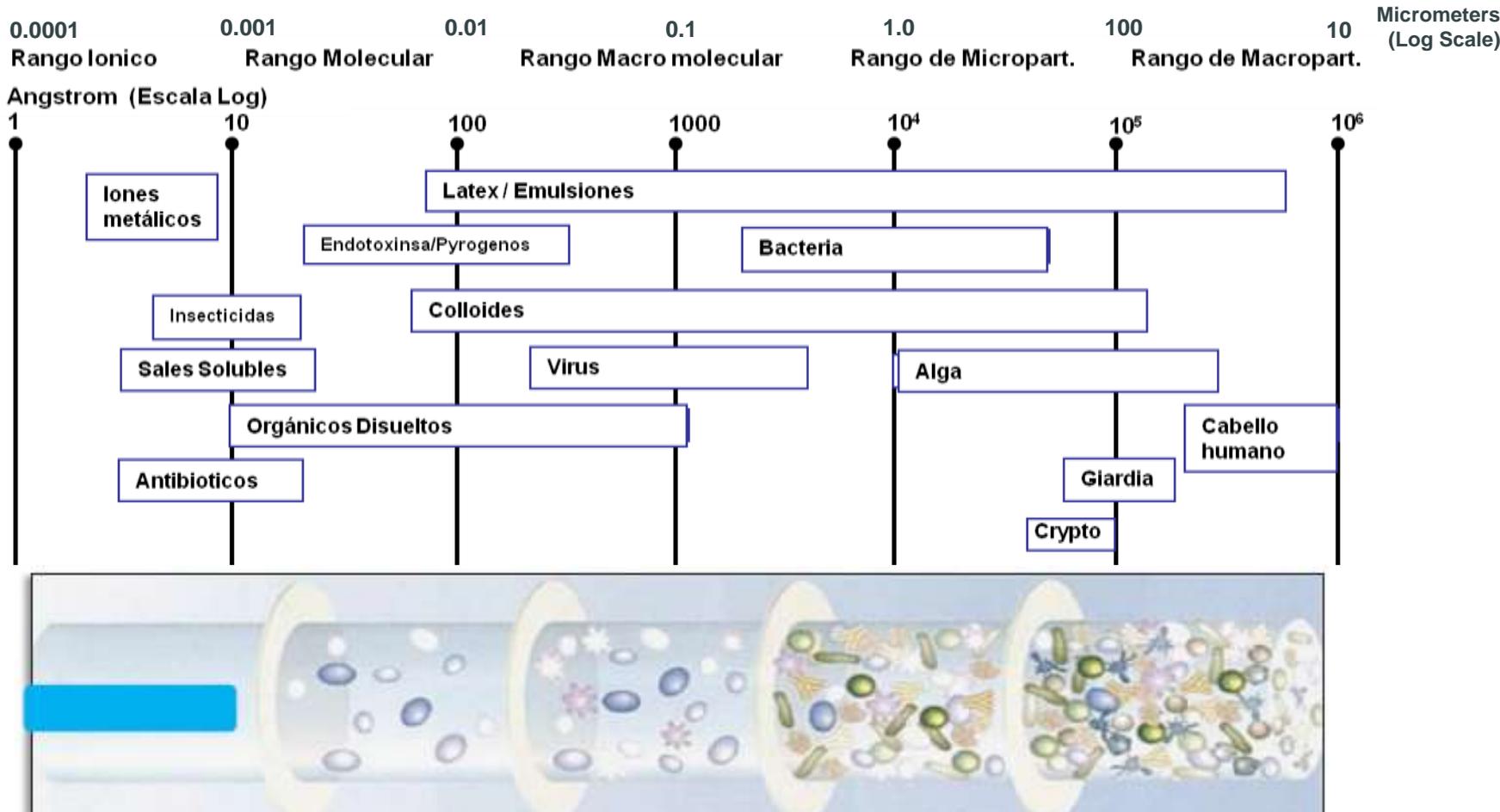


Figure 3-3. Water flow schematic for a greenfield supercritical pulverized coal power plant utilizing a wet cooling tower and a wet FGD

# Espectro de Filtración



**Filters High Molecular Weight Species**  
Sand, silt, clays, giarida, algae, some bacteria, pre-treatment



**Filters Macromolecules**  
All microbiological species, some viruses and humic materials



**Filters Small Molecules**  
Virtually all bacteria, viruses, cysts, humic materials, removes alkalinity and H<sub>2</sub>O hardness



**Removes Salts, Ions, Color, LMW Species**  
Nearly all inorganic contaminants, as well as radium, pesticides, cysts, bacteria and viruses



**Purifies and Changes**  
Further removes metal ions and mineral content to soften the water or improve its purification. Changes water characteristics.

# Aplicación Integrada

## Blowdown Treatment



### THE CHALLENGE

Because cooling tower blowdown is too dirty to be reused without treatment, it is typically sent directly to the plant's wastewater

... hydraulic load on the wastewater  
... a tremendous amount of relatively  
... tant cost and compliance complexity.

## System Water



### THE CHALLENGE

Cooling tower systems operate under closed or open conditions, with each system facing issues due to changes in water quality, process leaks, heat loads etc. These variables present major challenges in maintaining

... provider to deliver the optimal  
... reliable, fouling-resistant, filtration  
... ver and return up to 90% of blowdown

## Make-up Water Treatment



### THE CHALLENGE

Cooling water systems need to replace water loss from drift, evaporation and blowdown. Depending on region, water source and cooling tower type, a variety of technologies may be required to treat makeup water before it enters the cooling tower system.

... biofouling, despite changing  
... provider, we can provide the  
... tial control and antiscalants.



### THE SOLUTION

Dow can work with your service provider to help you reduce corrosion, scale, biofouling and other make-up water problems, with technologies that include microbial control, antiscalants, particle filtration, ultrafiltration, reverse osmosis and nanofiltration.

ASK AN EXPERT >

### THE PRODUCTS

- TEQUATIC™ PLUS Particle Filtration
- DOW IntegraFlux™ UF Modules and DOW IntegraPac™ Skids
- DOW FILMTEC™ RO Elements
- AQUICAR™ and KATHON™ Microbiocides
- ACUMER™ Antiscalants

ASK AN EXPERT >



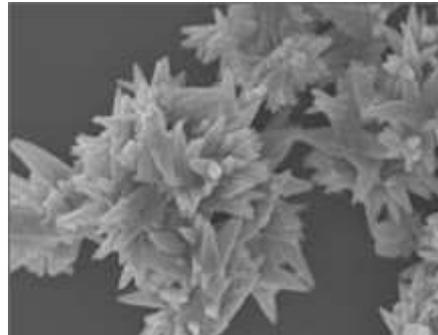
Microbial Control  
UF



# Tecnologías de Anti-Incrustamiento

Las familias de dispersantes y anti-incrustantes **ACUMER™** y **OPTIDOSE™** se usan ampliamente para inhibir la formación de incrustaciones minerales en industrias como:

- ✓ Torres de enfriamiento
- ✓ Calderas
- ✓ Producción de Pulpa y Papel
- ✓ Lavadores de aire
- ✓ Protección de membranas de ósmosis inversa
- ✓ Cristalización de azúcar
- ✓ Termo-desalinización



# Tecnologías de Control Microbiano

## Segmentos de Aplicación

- ❑ Agua Industrial
  - ❑ Torres de enfriamiento
  - ❑ Industria Papelera
  - ❑ Minería (Preservación de slurries y mineroductos)
  - ❑ Sistemas de Filtración por Osmosis Inversa y Nanofiltración (Prevención y Control de biopelícula)
  - ❑ Biocidas sólidos con liberación controlada
- ❑ Agua Municipal
  - ❑ Control de *Legionella* en sistemas de enfriamiento y HVAC
  - ❑ Prevención de biopelícula en sistemas de membranas offline
- ❑ Tests de Diagnostico en campo (para Glutaraldehido y CMIT)

## Ingredientes Activos

### Tratamiento de Agua

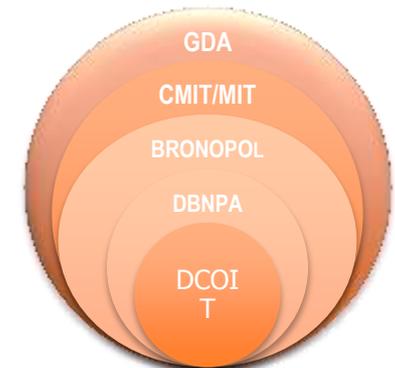
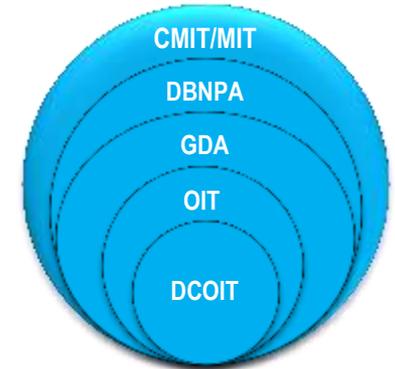
- CMIT/MIT
- DBNPA
- Glutaraldehido (GDA)
- OIT
- DCOIT

### Papel, Minería

- CMIT/MIT
- DBNPA
- Glutaraldehido
- Bronopol
- DIMTS, DCOIT, IPBC

### Sistemas de Membranas, control de Biopelícula

- DBNPA
- CMIT/MIT

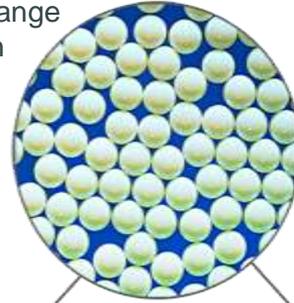


# Tecnologías de Filtración

DOW™  
Ultrafiltration  
Modules



DOWEX™ Ion  
Exchange  
Resin



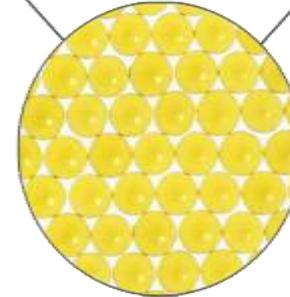
DOW™ EDI  
Modules



TEQUATIC™ PLUS  
Fine Particle Filter

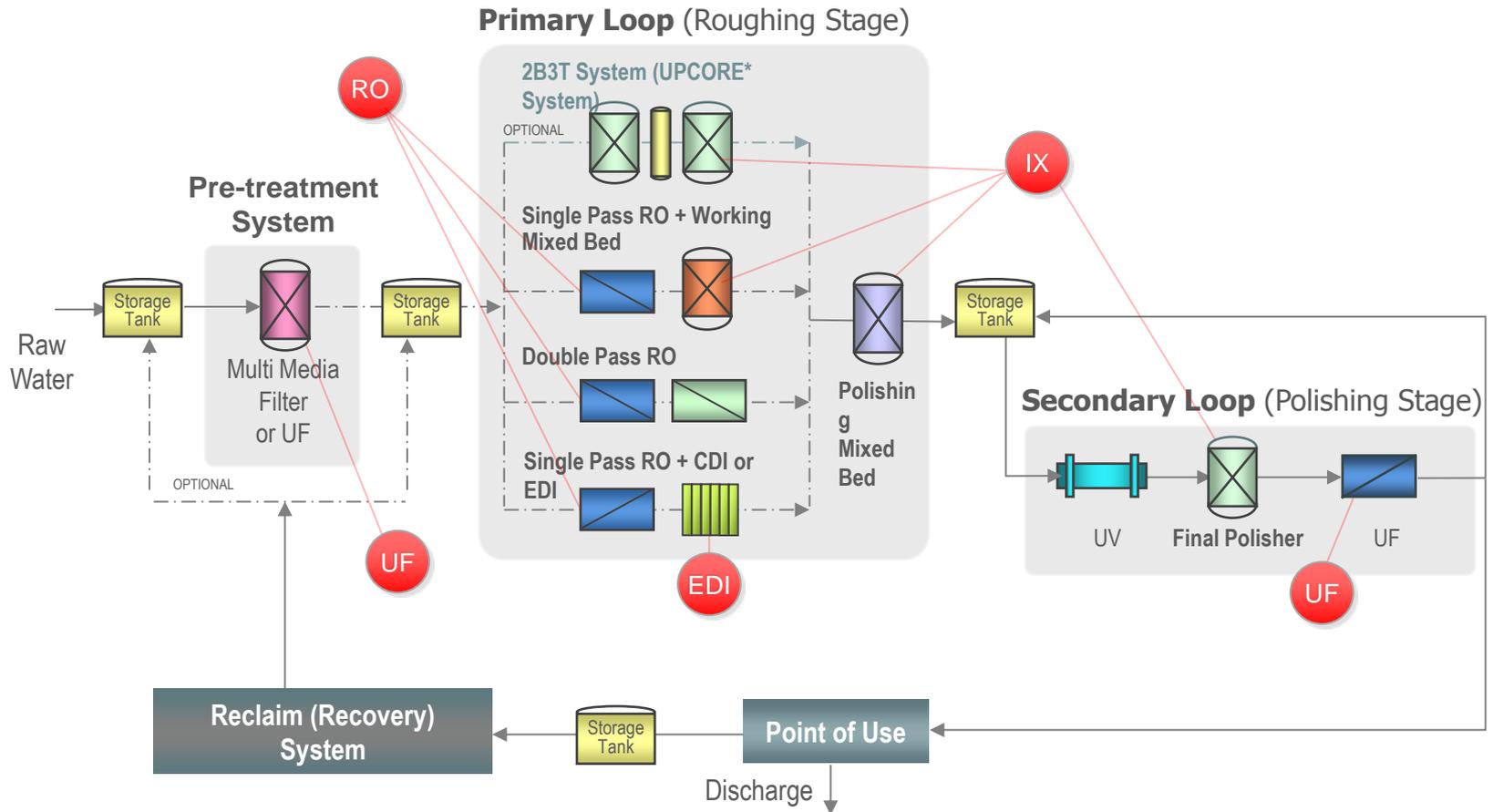


DOW FILMTEC™  
RO Elements



AMBER™ Ion  
Exchange Resin

# Algunas Secuencias de Tratamiento Industrial

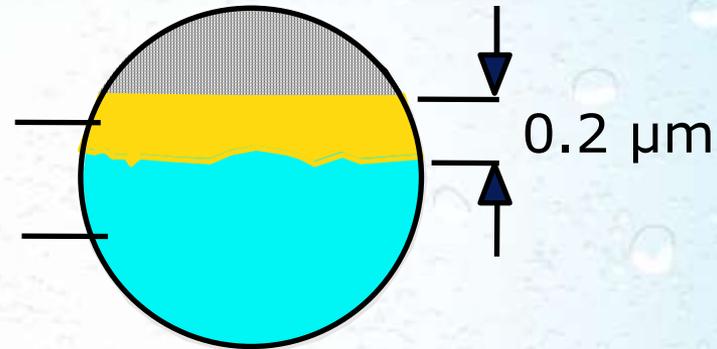


# **— Osmosis Inversa en Aplicación de Agua Industrial**

# OSMOSIS INVERSA



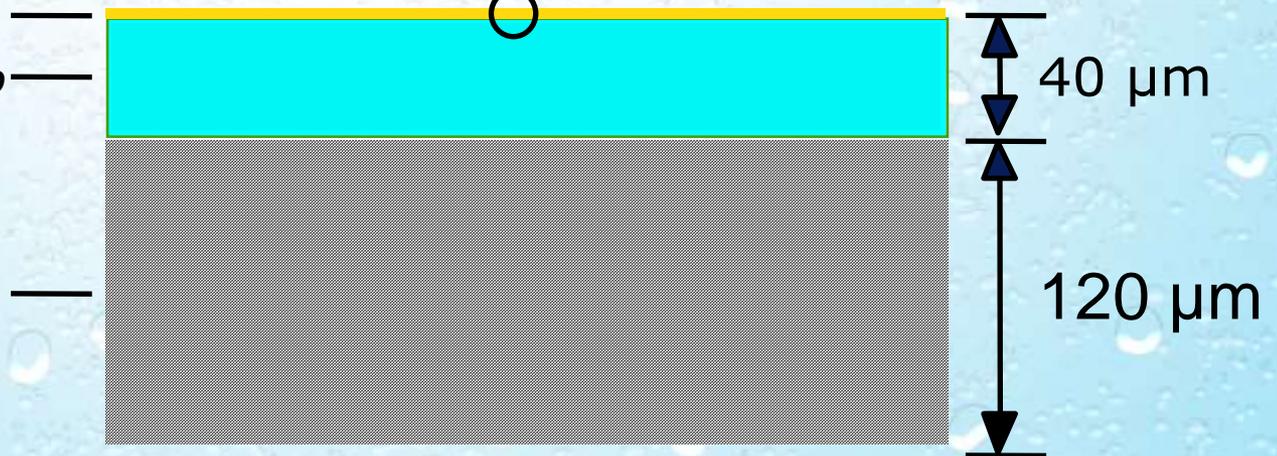
*Poliamida*  
*Polisulfona*



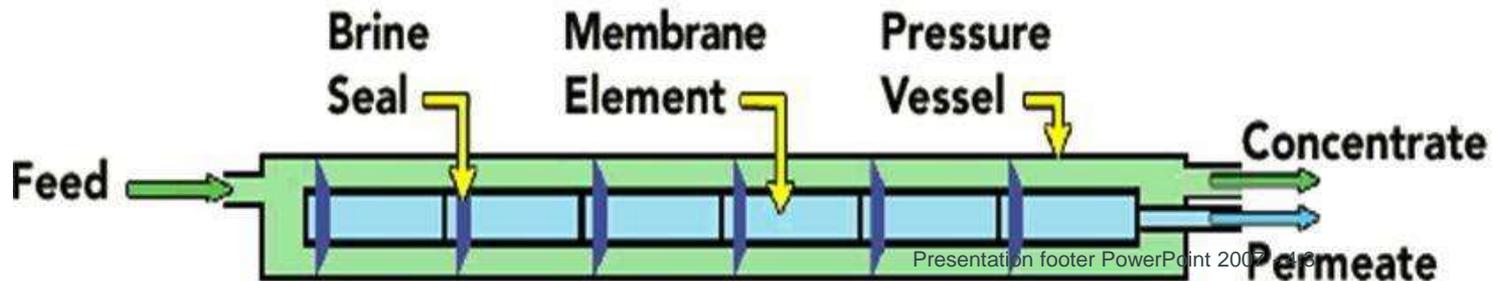
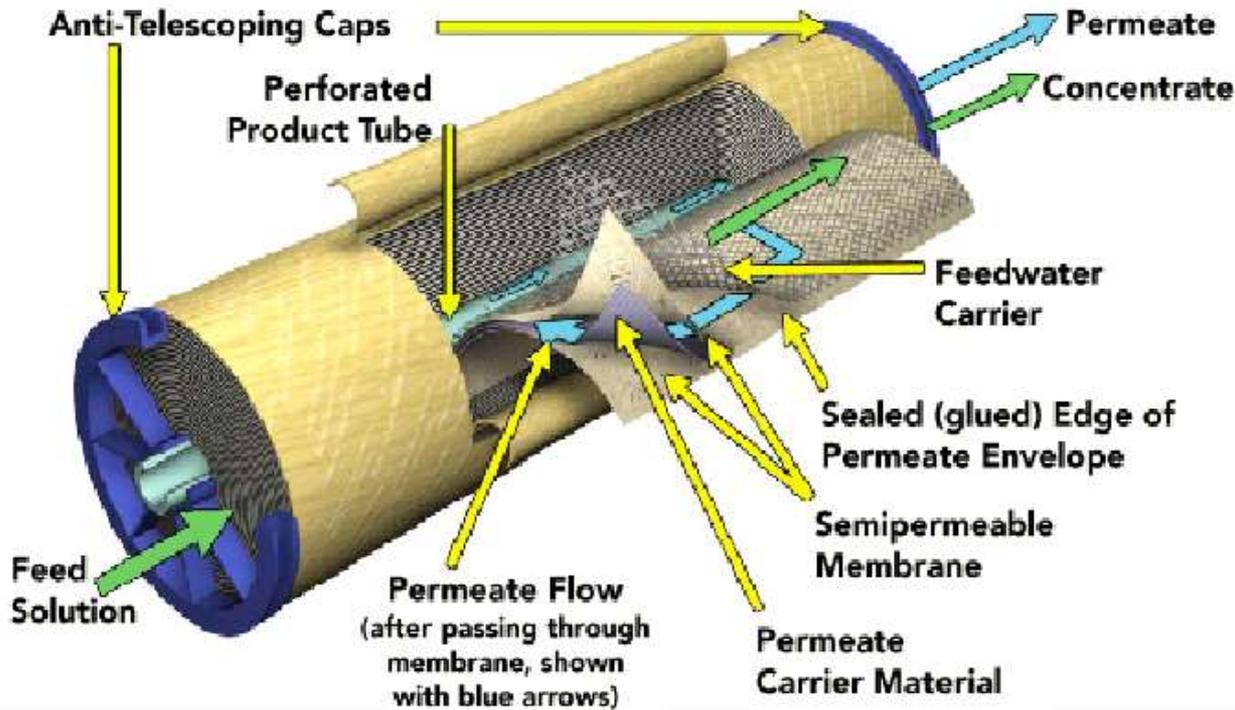
*Barreira selectiva*

*Microporos de substrato  
em polisulfona*

*Tejido de refuerzo  
em poliéster*

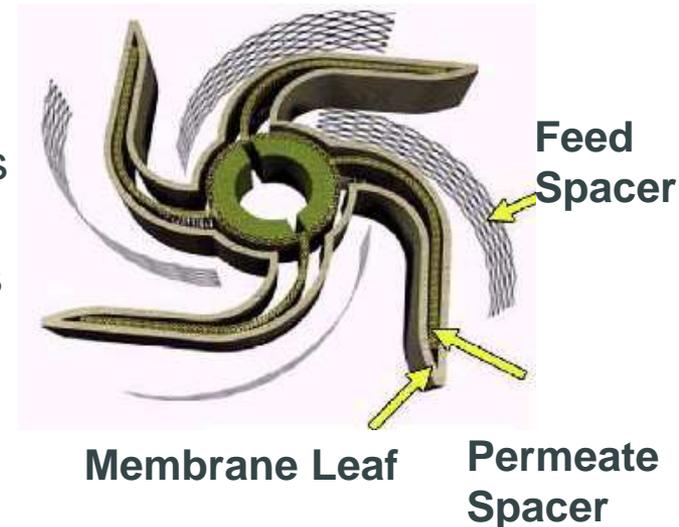


# Membranas de Osmosis Inversa

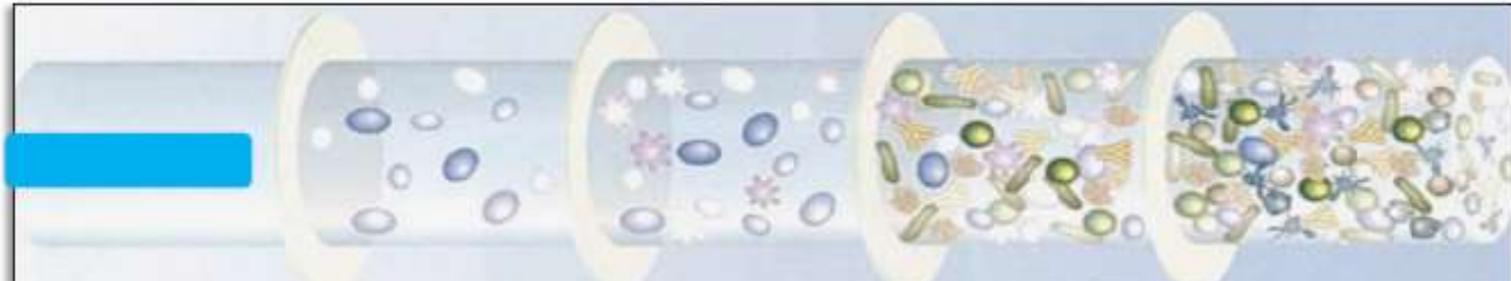
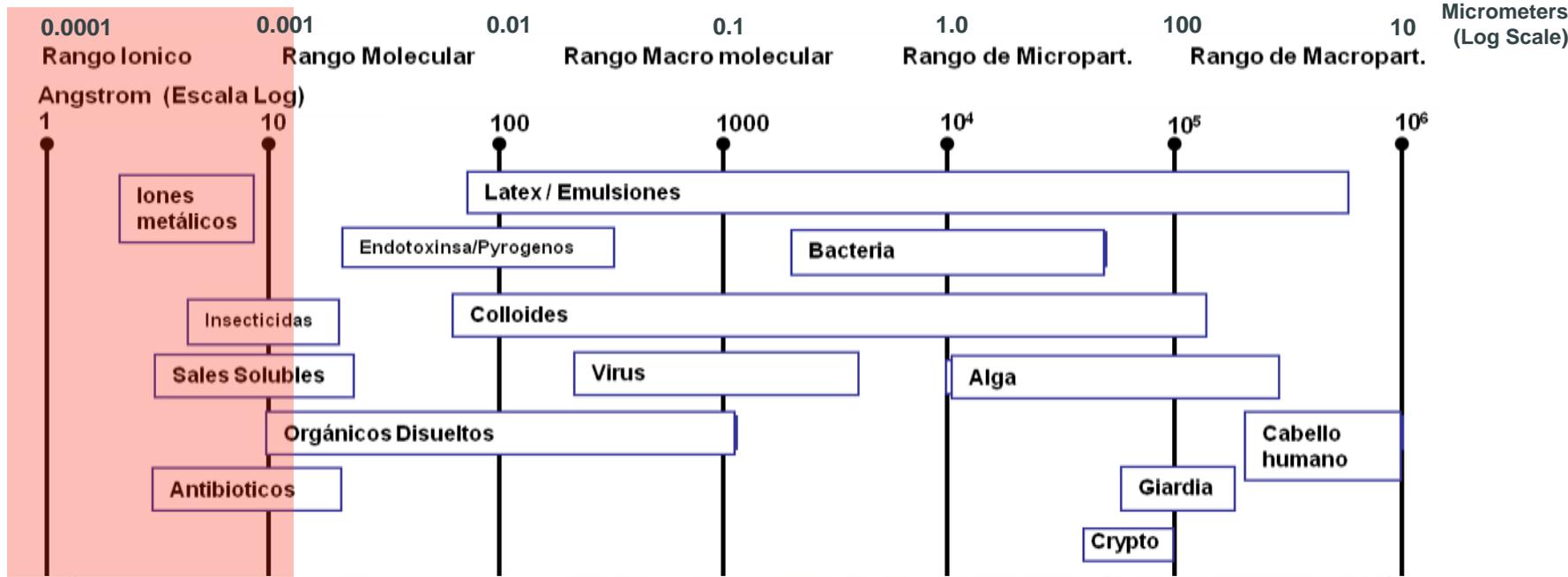


# Membranas de Osmosis Inversa

- ❑ Las membranas modernas de OI y NF contienen una película de poliamida muy fina (~100-nm).
- ❑ Es una espiral que rodea un cilindro (FilmTec). Los módulos son de varios tamaños, el diámetro mas común para sistemas industriales y municipales es de 8 pulgadas.
- ❑ Las membranas de poliamida son muy sensibles a compuestos de Cloro ( $\text{Cl}_2/\text{HOCl}$ ) y Bromo ( $\text{Br}_2/\text{HOBr}$ ).
- ❑ El tiempo de vida típico es de 3 a 5 años, con el mantenimiento y los cuidados adecuados.



# Espectro de Filtración



## Filters High Molecular Weight Species

Sand, silt, clays, giardia, algae, some bacteria, pre-treatment



## Filters Macromolecules

All microbiological species, some viruses and humic materials



## Filters Small Molecules

Virtually all bacteria, viruses, cysts, humic materials, removes alkalinity and H<sub>2</sub>O hardness



## Removes Salts, Ions, Color, LMW Species

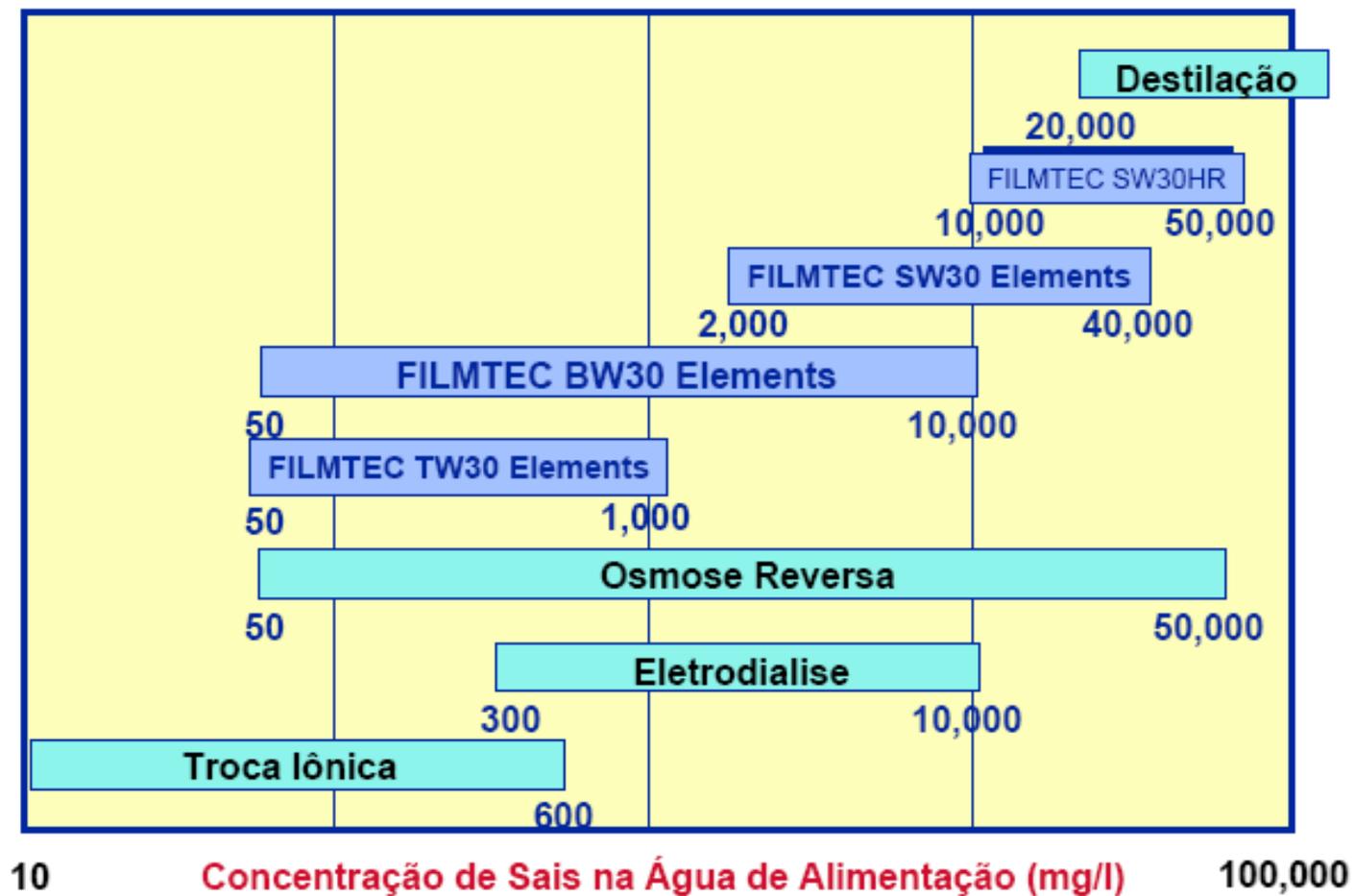
Nearly all inorganic contaminants, as well as radium, pesticides, cysts, bacteria and viruses



## Purifies and Changes

Further removes metal ions and mineral content to soften the water or improve its purification. Changes water characteristics.

# Rangos de Aplicación



# Parámetros de calidad mínimos

- $SDI_{15} < 5$  (recomendable  $< 3$ )
- Grasas y Aceites  $< 0,1\text{mg/L}$
- TOC – Carbono Orgánico Total  $< 3\text{ mg/L}$
- DQO – Demanda Química de  $O_2 < 10\text{mg/L}$
- Cloro Libre  $< 0,1\text{mg/L}$  (no confundir cloro con cloruros)
- Ion Ferroso ( $Fe^{+2}$ )  $< 4\text{mg/L}$  (pH  $< 6$ )
- Ion Férrico ( $Fe^{+3}$ )  $< 0,05\text{mg/L}$
- Manganeso  $< 0,05\text{ mg/L}$
- Aluminio  $< 0,05\text{ mg/L}$
- Todas las sales deben estar por debajo del límite de saturación
- pH, temperatura y presión de acuerdo con la membrana

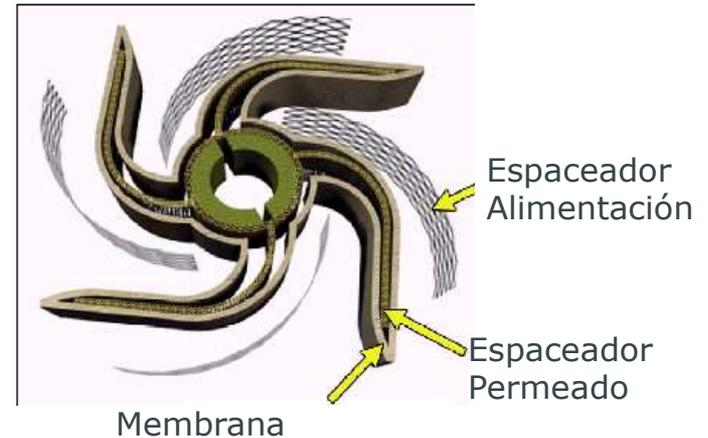
# Membranas para agua con alto potencial ensuciamiento biológico:

- Espaceador de alimentación:

Para aguas con potencial ensuciamiento 34 milésimas de pulgada usado en:  
BW30-365, BW30-365FR, BW30-400/34i,  
BW30-400/34FRi, SW30HR-380

- Membranas resistentes al ensuciamiento:  
BW30-365FR, BW30-400FR, BW30-400/34FRi, XFR

- Membranas de nueva generación: ECO



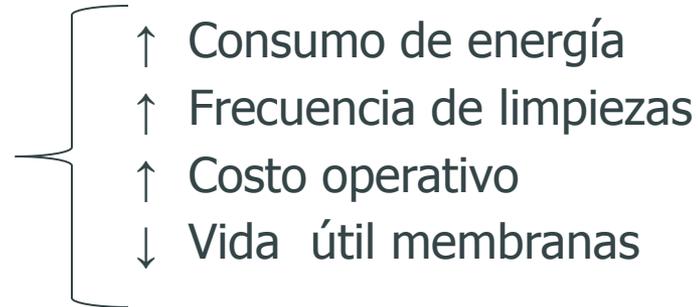
# Caso de estudio: VA Tech

- Lugar: Alemania
- Objetivo: Control de ensuciamiento biológico sin usar cloro ni otros agentes oxidantes
- Desempeño: Después de 4 años de comportamiento estable, no se detectó ensuciamiento biológico, y las membranas requirieron 1 o 2 limpiezas por año.

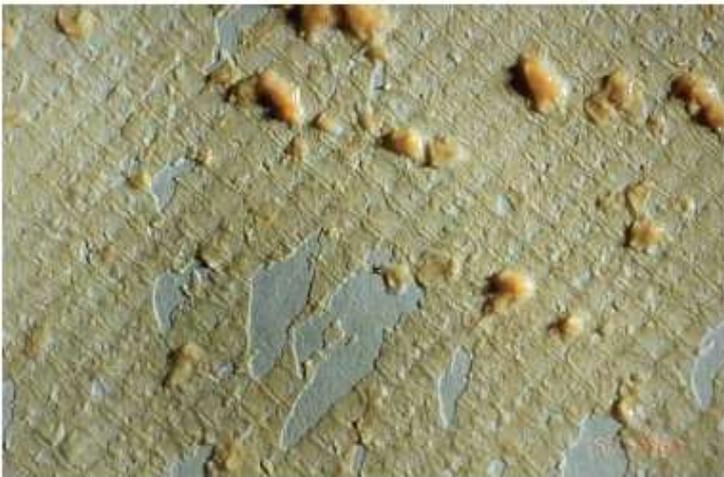


# Caso de estudio: VA Tech

Ensuciamiento  
biológico



- Ensuciamiento biológico → "biofilm": matriz de organismos vivientes
- Operación exitosa: combinación de membrana con superficie de baja afinidad a adhesión bacterial & inyección intermitente de biocida no oxidante



# Caso de estudio: VA Tech

- Membrana usada: BW30-365 FR (FR=Fouling Resistant)
  - 34m<sup>2</sup> área, 0.86mm espesor espaciador
  - Grosor espaciador→ reduce tasa de taponamiento entrada, y permite mejor limpieza interna.
- Membrana poliamida, químicamente modificada, ↓ propensa a adhesión de bacterias.
- Superficie: lisa, hidrofílica, y cargada negativamente
- Químicamente estable:
  - Rango de limpieza de pH 1-13, rechazo de sales estable 99.% probado en solución salina a 2000ppm, 15.5 Bar y 25° C.

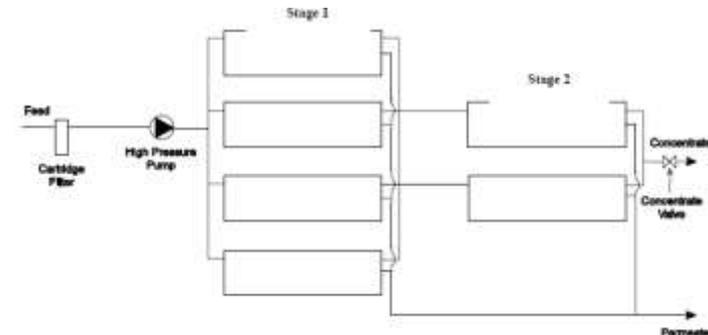


# Caso de estudio: VA Tech

- Agua proveniente de río, con variaciones estacionales
- Carga orgánica y cantidad de bacterias → riesgo ensuciamiento biológico.
- Pretratamiento: Criba + Floculación + Filtros arena + Filtros cartucho
- TSS ≤ 10mg/L previo a RO

## Sistema de Osmosis Inversa

- 3 trenes independientes
- Flujo permeado 66.7m<sup>3</sup>/hr y tasa recuperación 80%
- Arreglo en 3 etapas: 10(5):5(5):3(5)
- Vasos presión y tubería: acero inoxidable
- Parte permeado (50m<sup>3</sup>/hr) se envía a sistema pulidor (resinas de intercambio iónico Marathon Dowex)

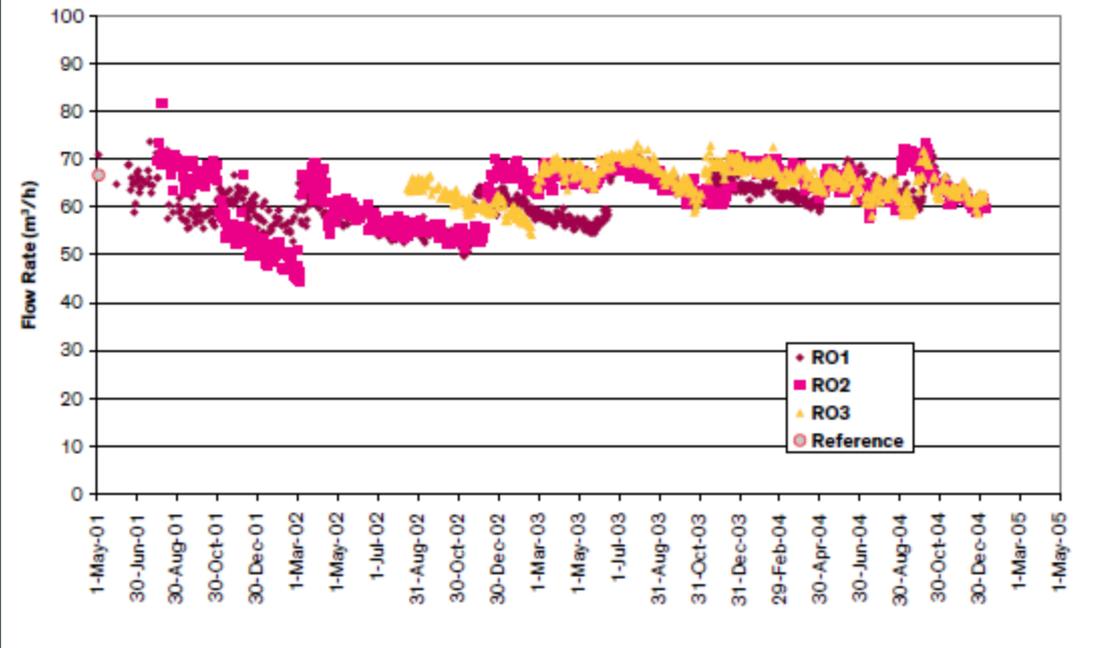


# Caso de estudio: VA Tech

## FLUJO PERMEADO

- Tasa de ensuciamiento:  
10% pérdida flujo cada 2-3 meses
- Pérdida de 10% flujo Normalizado inicial, indicador de inicio de limpieza
- Limpieza RO1 seis veces en 39 meses.
- Limpieza RO2: tres veces en 37 meses
- Limpieza RO3: dos veces en 24 meses

**Figure 1: Permeate flow performance**  
(normalized to design start-up performance)

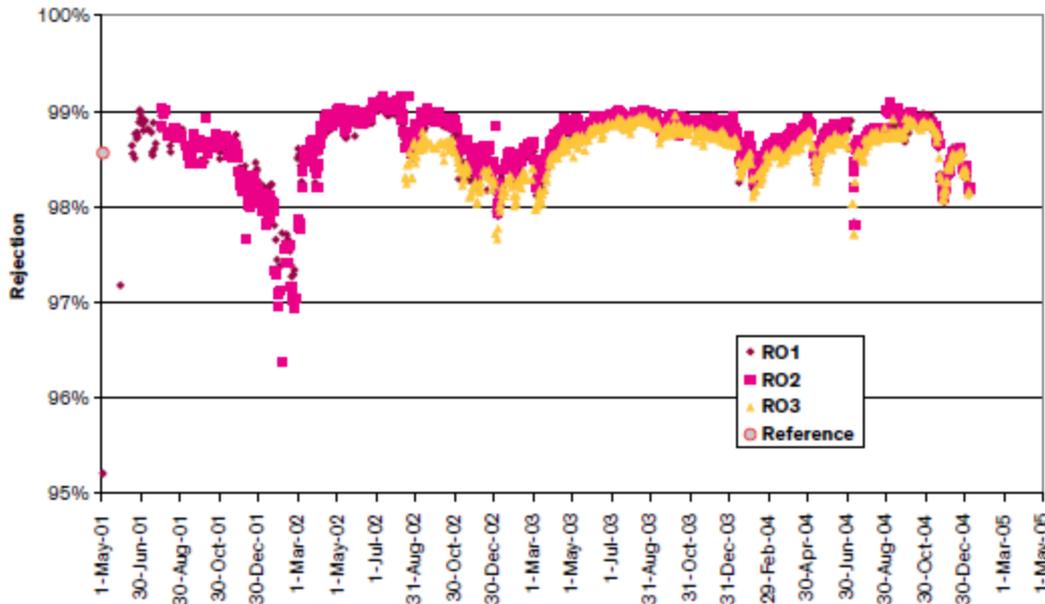


- Presión sistema 8-13 Bar
- Flujo diseño 66.7m<sup>3</sup>/hr
- Conductividad permeado 7-20  $\mu$ s/cm
- Programa Normalización Dow- FTNORM

# Caso de estudio: VA Tech

Figure 2: System salt rejection

(normalized to design startup performance)



## RECHAZO SALES

- Rechazo sales diseño: 98.6%
- Membranas nuevas, rechazo sales 99.5%
- Fugas sistema año 1, rechazo sales cae a 99.7% después de limpieza membranas
- 3er año, rechazo sales alcanza nivel diseño inicial

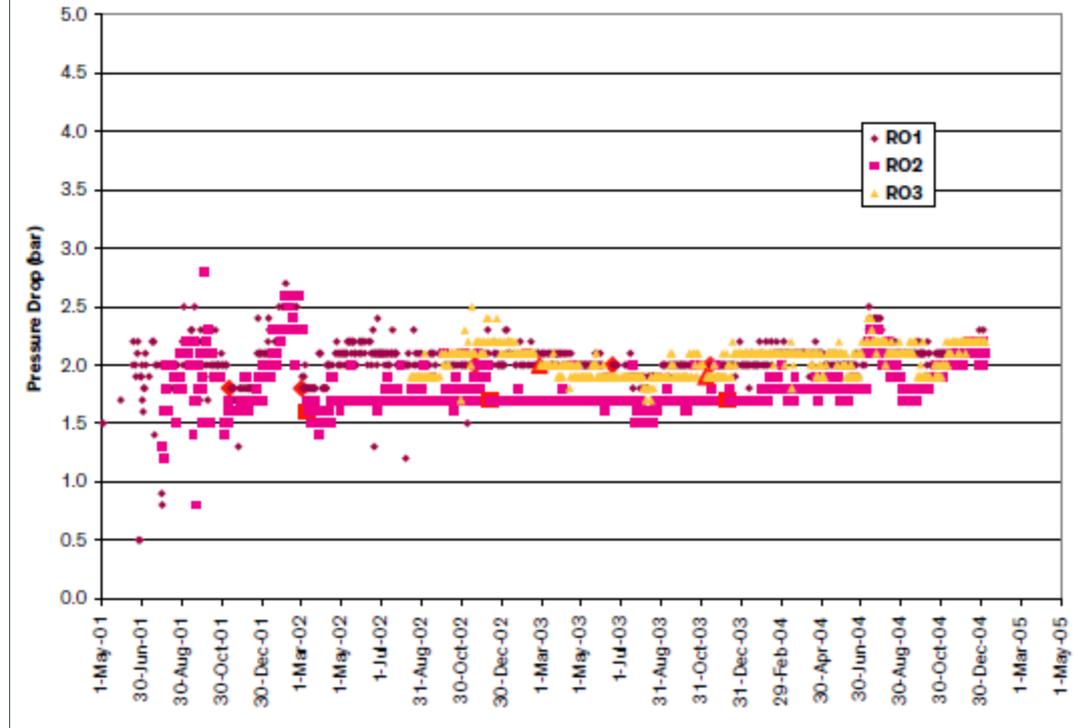
Perfil de comportamiento similar anual:  
Caída Temperatura (final año) y variaciones agua alimentación

# Caso de estudio: VA Tech

## PRESIÓN DIFERENCIAL

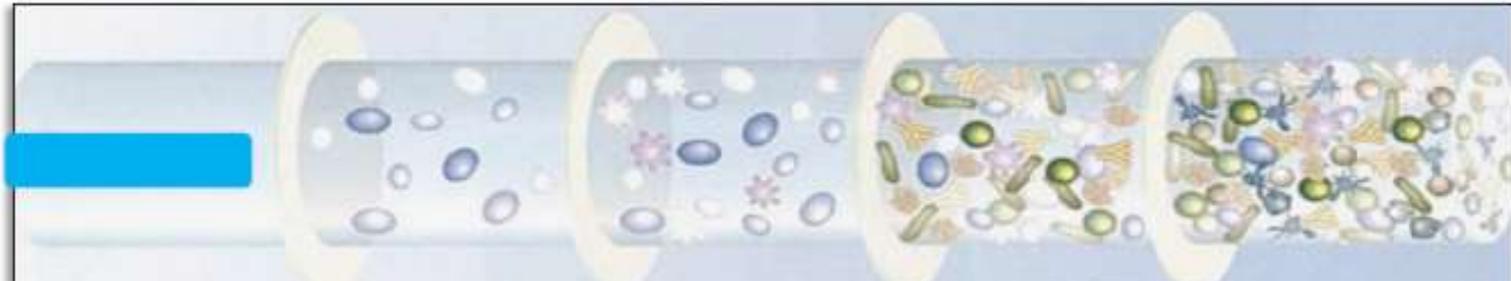
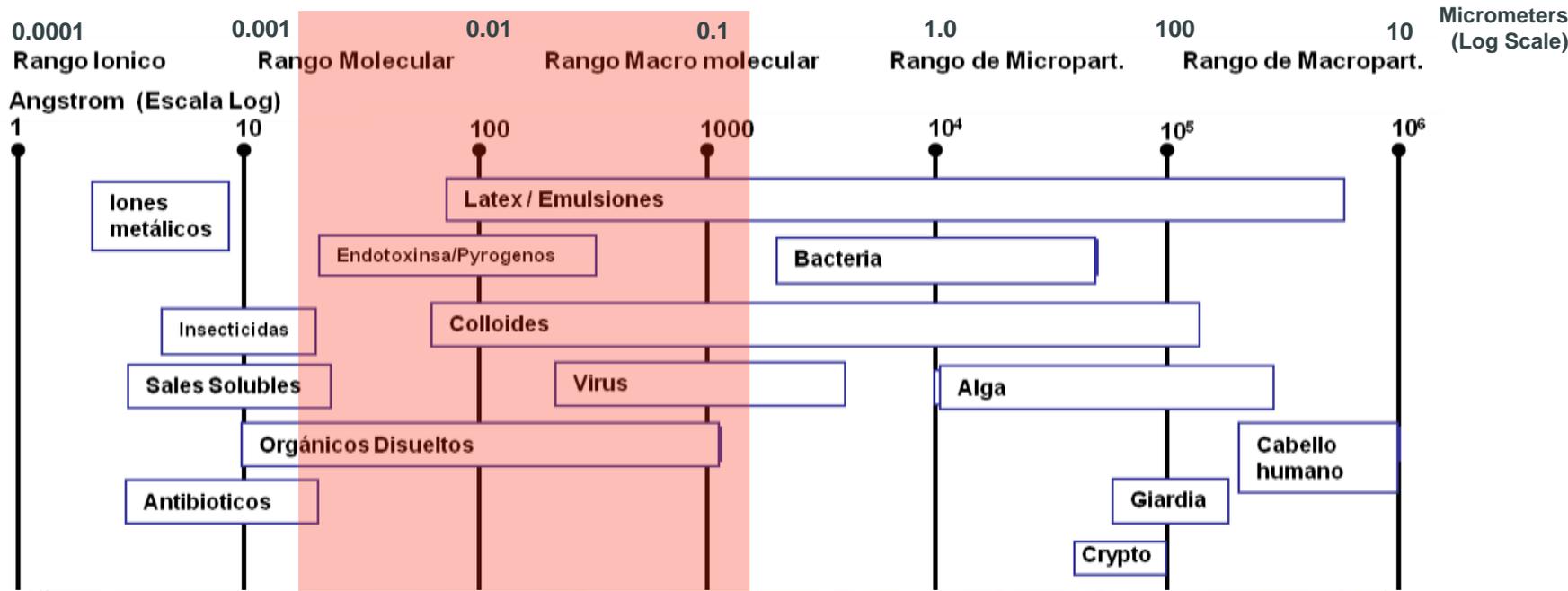
- Presión diferencial  $\Delta P$  medida de grado ensuciamiento canal espaceador.
- Ensuciamiento biológico: incremento  $\Delta P$  en 1ª etapa
- $\Delta P$  en cada tren  $\sim 2$  Bar (rango 1.5 – 2.5 Bar)
- Valor debajo de  $\Delta P$  diseño de las tres etapas = ausencia ensuciamiento biológico

Figure 3: System pressure drop from feed to concentrate



# Ultrafiltración en Aplicación de Agua Potable

# Espectro de Filtración



**Filters High Molecular Weight Species**

Sand, silt, clays, giarida, algae, some bacteria, pre-treatment



**Filters Macromolecules**

All microbiological species, some viruses and humic materials



**Filters Small Molecules**

Virtually all bacteria, viruses, cysts, humic materials, removes alkalinity and H<sub>2</sub>O hardness



**Removes Salts, Ions, Color, LMW Species**

Nearly all inorganic contaminants, as well as radium, pesticides, cysts, bacteria and viruses

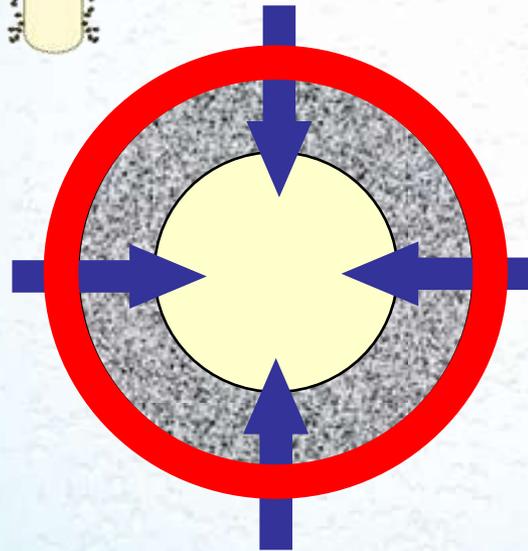
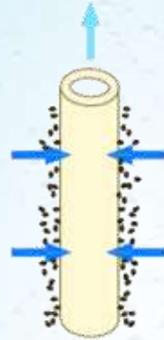


**Purifies and Changes**

Further removes metal ions and mineral content to soften the water or improve its purification. Changes water characteristics.

# ULTRAFILTRACION

## PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO



Hollow fibers fabricadas con **PVDF**

Tamaño de poro nominal **0.03 $\mu$ m**, efectivo para remover bacterias, virus, material coloidal y partículas

Flujo de operación **Out-side-in**: minimiza el pre-tratamiento y reduce el volumen del retrolavado

Novedosos **End-caps para acople directo** con otros modules, eliminando el uso de tuberías de conexión.

# ULTRAFILTRACION

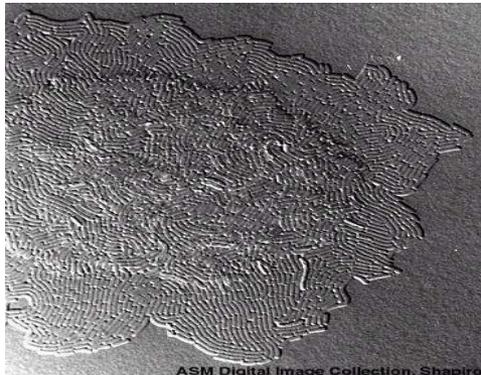
## SOLUCIONES MODULARES INTEGRA-FLUX

	SI Units	US Units
Filtrate Flux (25°C)	40-110 l/m <sup>2</sup> /hr	24-65 gfd
Flow Range	3.1-8.5 m <sup>3</sup> /hr	13.6 – 37.4 gpm
Temperature	1-40°C	34-104°F
Maximum Inlet Module Pressure (20°C)	6.25 bar	90.65 psi
Maximum Operating TMP	2.1 bar	30.5 psi
Maximum Operating Air Scour Flow	12 Nm <sup>3</sup> /hr	7.1 scfm
Maximum Backwash Pressure	2.5 bar	36 psi
Operating pH	2 – 11	
Maximum NaOCl	2,000 mg/L	
Maximum Particle Size	300 µm	
Flow Configuration	Outside in, dead end flow	
Expected Filtrate Turbidity	≤ 0.1 NTU	
Expected Filtrate SDI	≤ 2.5	

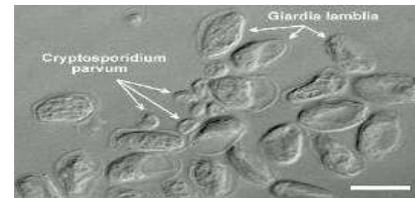


# ¿Por qué la UF ha crecido tanto en los últimos años?

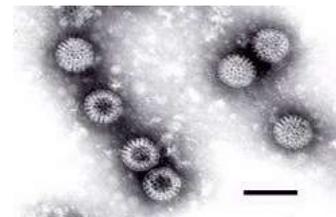
- Normativas cada vez más estrictas en cuanto a la presencia de agentes patógenos en el agua.
- Aumento de la experiencia y confianza en la tecnología.
- Reducción de costos (de inversión y de operación).
- Facilidad para comprobar la integridad de las membranas.
- Amplio rango de aplicación y diversidad de proveedores.



**E. Coli Microcolony**  
average cell is ~ 4  $\mu\text{m}$  long  
James Shapiro and Clara Hsu,  
University of Chicago



**Cryptosporidium and Giardia** [bar = 10  $\mu\text{m}$ ]  
H.D.A Lindquist, U.S. EPA

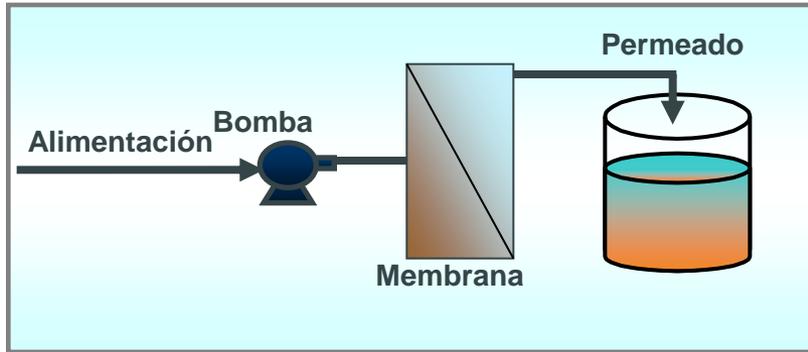


**Rotavirus** [bar = 100 nm]  
F.P. Williams, U.S. EPA

# Ventajas UF respecto a Filtración Convencional

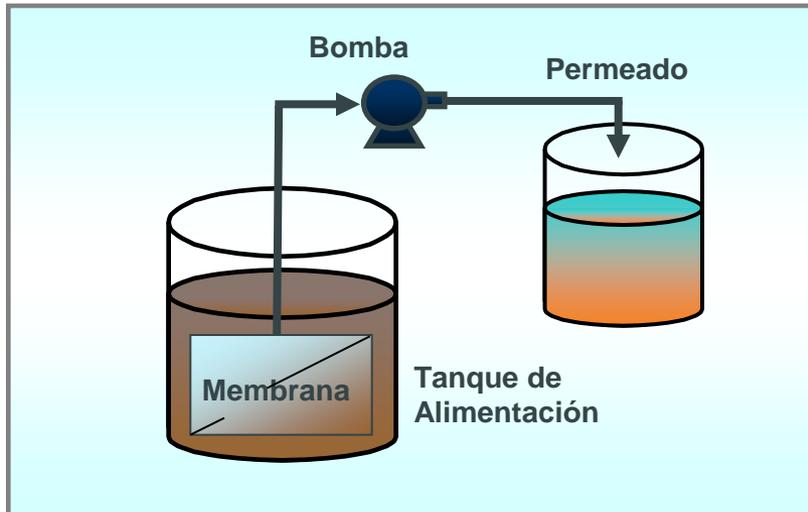
- Más compacta (proceso en una sola etapa)
- Mayor calidad del filtrado
- Elimina patógenos resistentes al cloro
- Mayor estabilidad de operación y consistencia de la calidad del filtrado, independientemente de las fluctuaciones en la calidad del agua bruta
- Menor consumo de reactivos químicos (coagulante, ajuste de pH,...)
- Mantenimiento/Operación más sencillos y automatizados
- Más fácil de ampliar
- Garantía global UF + OI

# Configuración de los sistemas de UF/MF



- Presurizado:

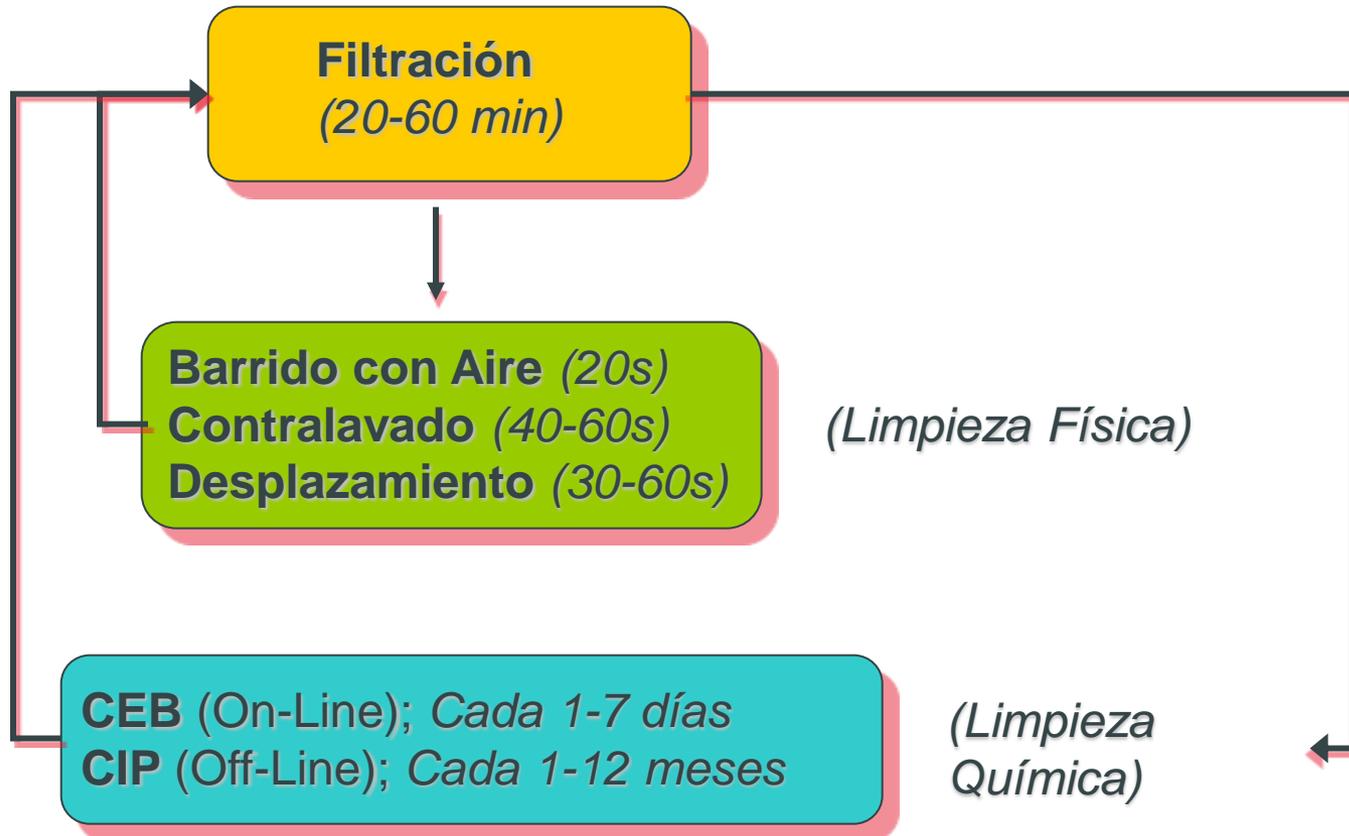
Módulos de UF/MF externos en donde la alimentación es impulsada a presión bien por dentro o por fuera de las fibras.



- Sumergido:

El módulo se encuentra sumergido en el volumen de alimentación y el filtrado se extrae por vacío por el interior de las fibras.

# Secuencia de Operación



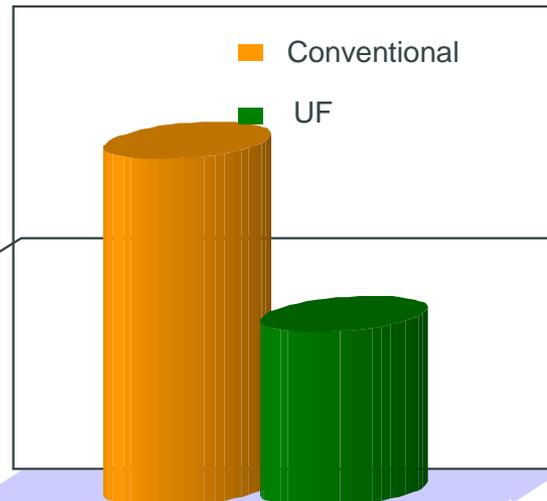
# Ventajas del tratamiento con UF

- Modularización y Periodización del sistema de construcción y operación.
- Diseño Modular
- Operación automatizada, menores fallos en operación y menor costo
- Menores tamaños de instalación para la misma capacidad de tratamiento

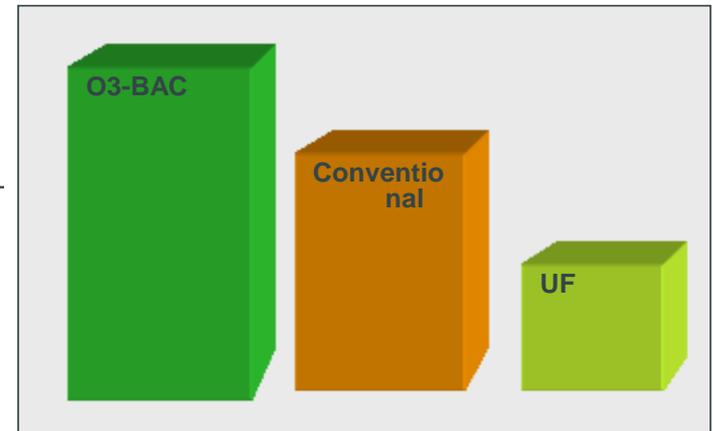
## Modularización



## Ciclo de construcción mas corto



## Menor tamaño de instalación

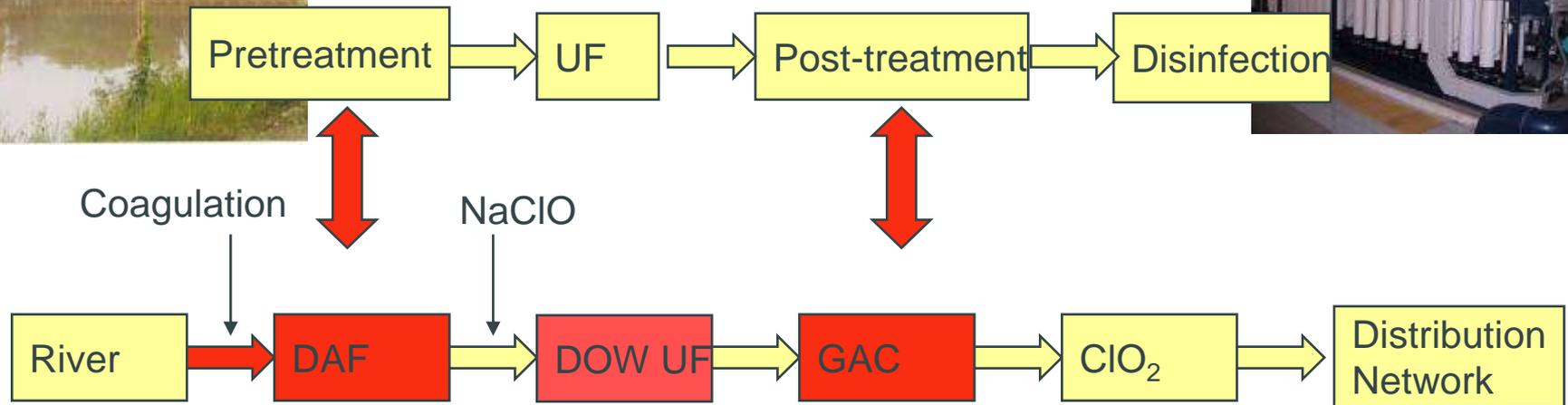


# Caso Agua Potable: UF + GAC

## Indonesia 7,000 m<sup>3</sup>/d (2006)



Fuente: rio altamente contaminado



### Características del proceso

- Convierte agua superficial altamente contaminada en agua potable
- DAF (flotación con aire) para remover sólidos suspendidos y algas (especialmente en verano) como protección de la UF
- GAC para adsorber moléculas de pequeño y mediano peso molecular que pueden pasar la UF (incluyendo los trihalometanos –THM–)
- UF como tratamiento avanzado para asegurar la calidad final

# Calidad de la carga y el efluente

## Características de la carga

Parameter	Unit	Average	Max
Coliform	MPN	3858	5280
Detergent (MBAS)	mg/l	1.67	3.17
COD <sub>KMnO4</sub> value	mg/l	21.86	34.59
Turbidity	NTU	14.44	100
Color	Pt-Co	23.44	78

## Retos principales:

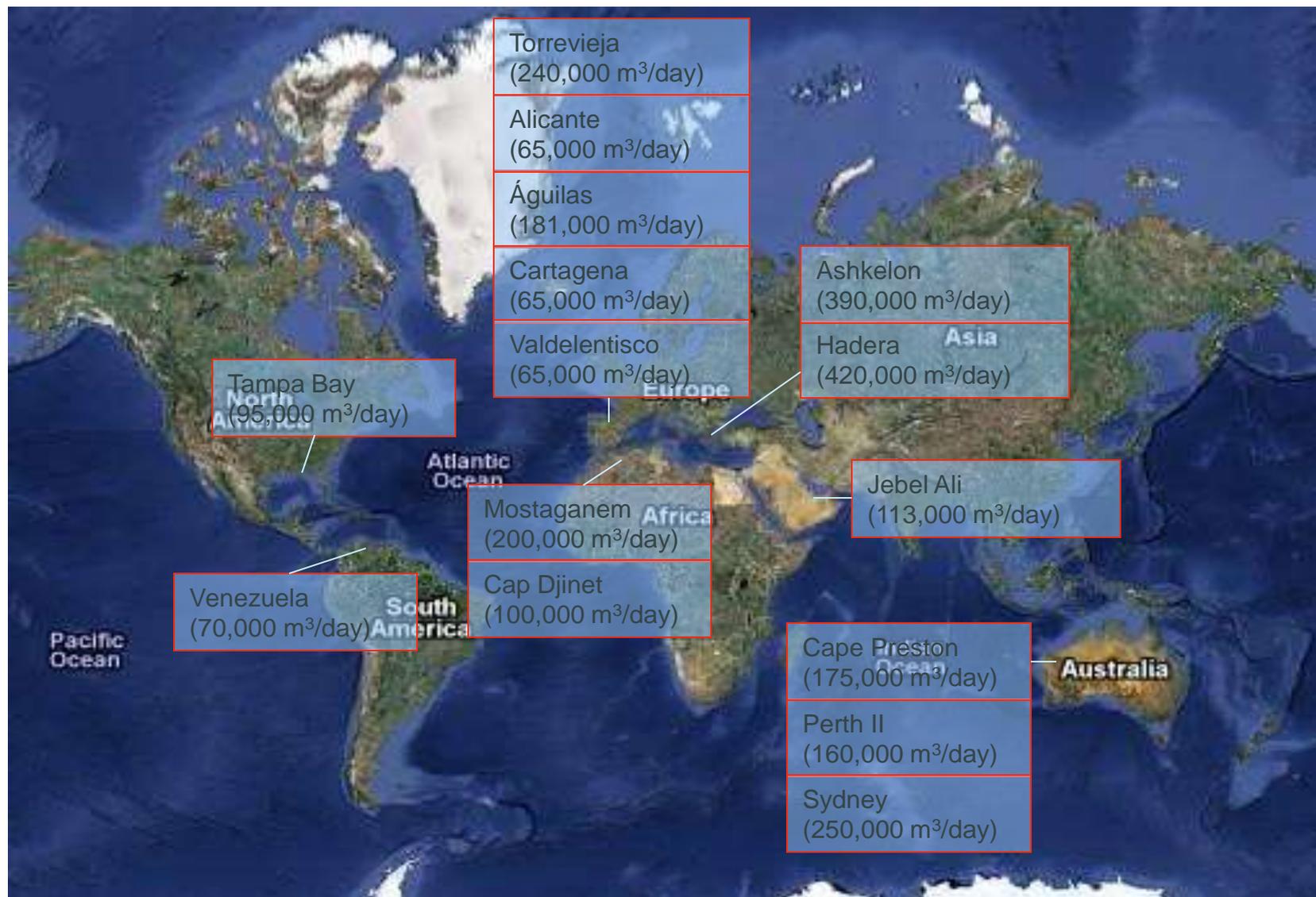
- Alta COD (> 20mg/L)
- Alta turbidez y con fluctuaciones
- otros factores como color, surfactantes y coliformes
- crecimiento de algas en verano

## Características del efluente

Parameter	Unit	Specifications (Average)	Effluent
Color	Pt-Co	N.D.	5
Turbidity	NTU	≤5	0.2
COD <sub>KMnO4</sub> value	mg/L	≤5	5
Coliform	MPN/100ml	0	0
Detergent (MBAS)	mg/L	≤0.05	0.01

# ■ **Desalinización de Agua de Mar**

# Algunos proyectos a nivel mundial con tecnología Dow



# Proyecto en Isla Barú

Siguiendo los lineamientos de Dow en sostenibilidad y responsabilidad social empresarial, el objetivo de este proyecto es proveer agua potable a una de las comunidades que viven cerca de nuestras operaciones en Cartagena.

Los principales participantes en el proyecto son:

- La Alcaldía de Cartagena.
- Aguas de Cartagena (Acuacar)
- Fundacion Mamonal y Empresas aliadas de la Zona Industrial
- Dow Water and Process Solutions y las firmas de ingeniería que proveen la tecnología y la instalación de las plantas
- Comunidad de las islas (usuarios finales)
- Cardique (entidad de control ambiental)



# Alcance

Las siguientes plantas (5) se construirán como proyectos comerciales entre Acuacar y la firma de ingeniería seleccionada para tal fin, con tecnología Dow.

Poblaciones	Población		1ra etapa 10 años QMD	
	Actual	Futura	m3/día	lps
Bocachica	6,529	11,254	1,400	16.5
Punta Arena	1,369	2,211	210	2.4
Tierra Bomba	3,220	5,181	700	8.0
Barú	3,224	6,605	740	8.5
Caño del Oro	1,990	5,196	540	6.3
Orika	730	1,085	100	1.2



# Ubicación

Barú, en la isla de Barú y Orika en las Islas del Rosario

Mar Caribe

Corregimiento	Población Actual (hab)
Baru	3,440
Orika	745

Orika – Isla Grande

Parque Nacional Natural Corales del Rosario

Corregimiento de Barú

CARTAGENA DE INDIAS

ISLA DE TIERRABOMBA

Zona Industrial de Mamoni

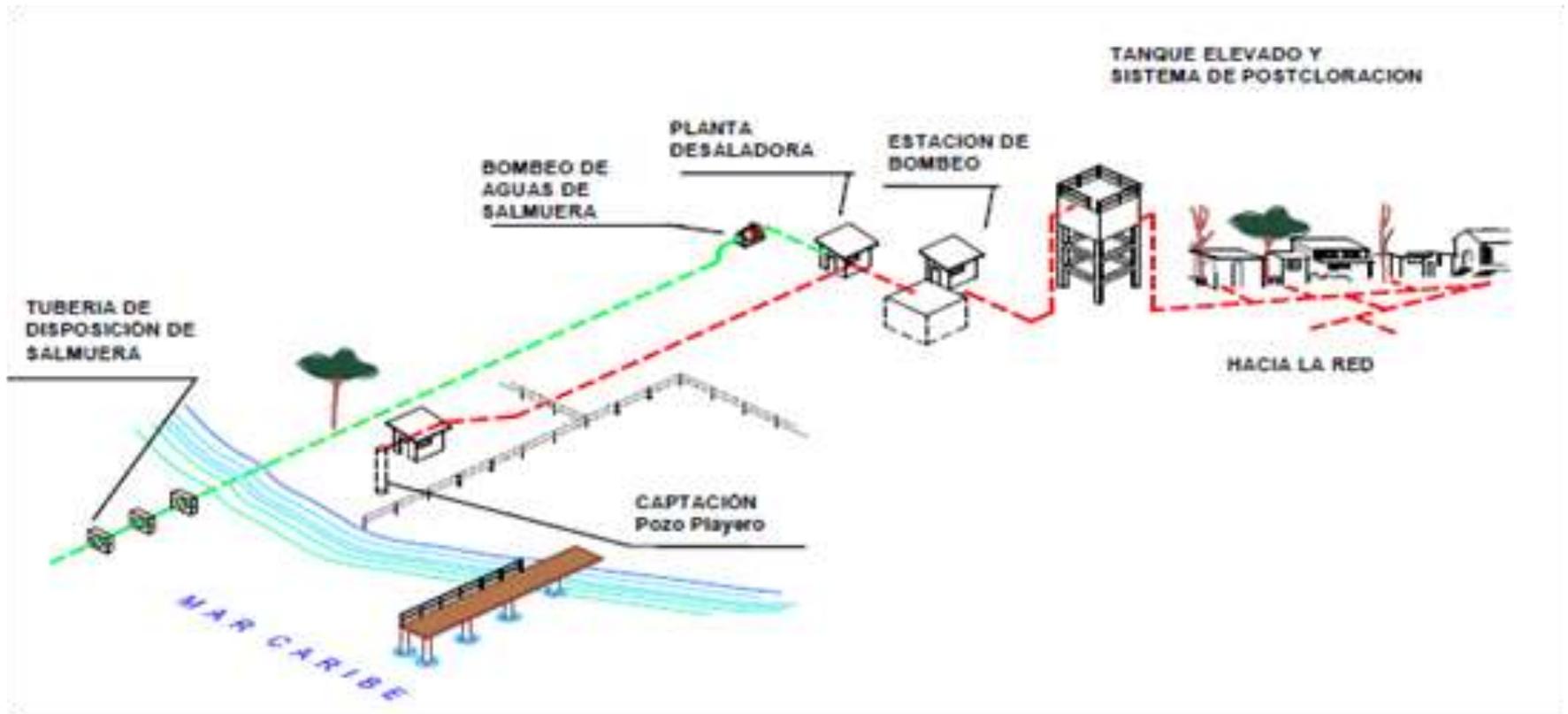
Bahía de Cartagena

Canal del Dique

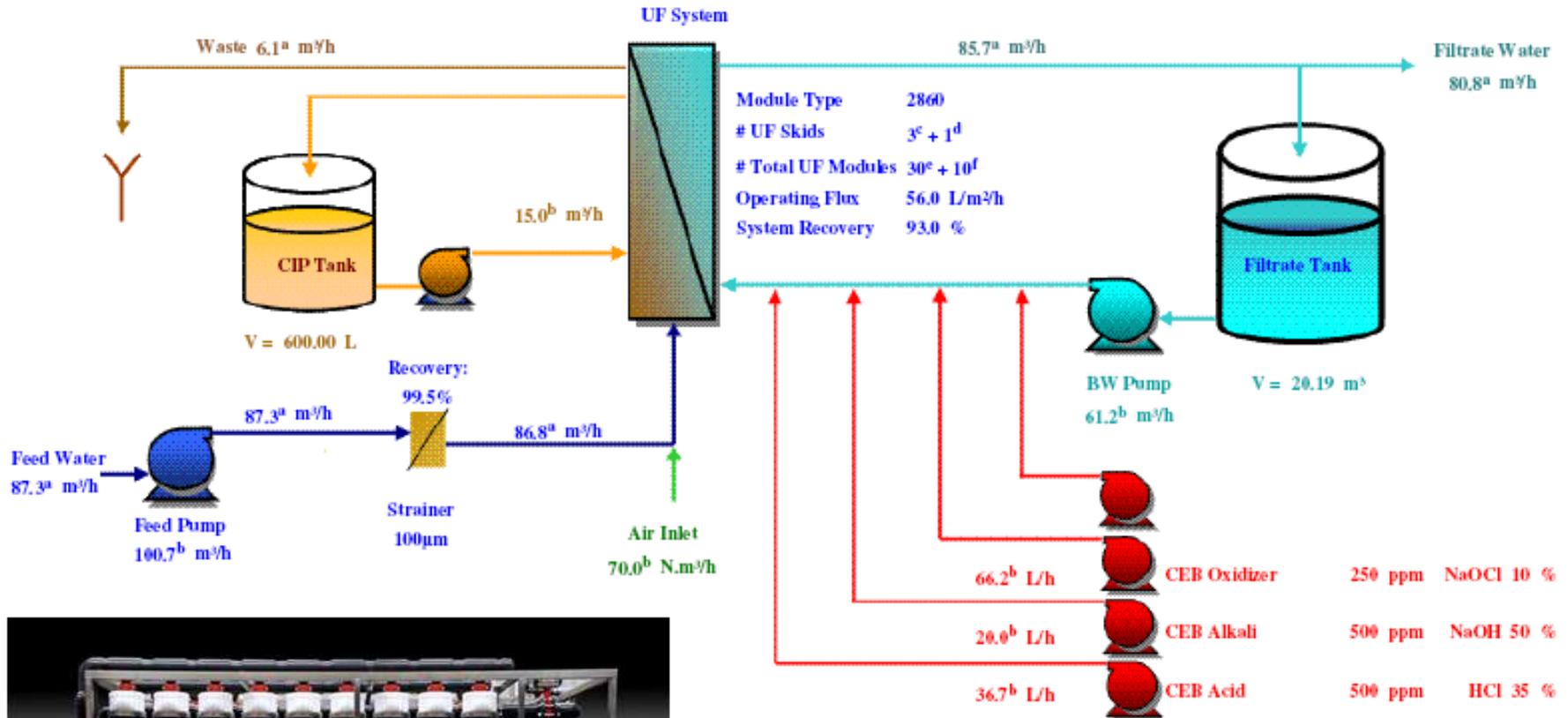
ISLA DE BARÚ

CARTAGENA DE INDIAS

# Layout de la Planta



# Diseño planta Baru: UF



# Diseño planta Baru: OI

Información del Proyecto: 30.83 m<sup>3</sup>/h

## Detalles del Sistema

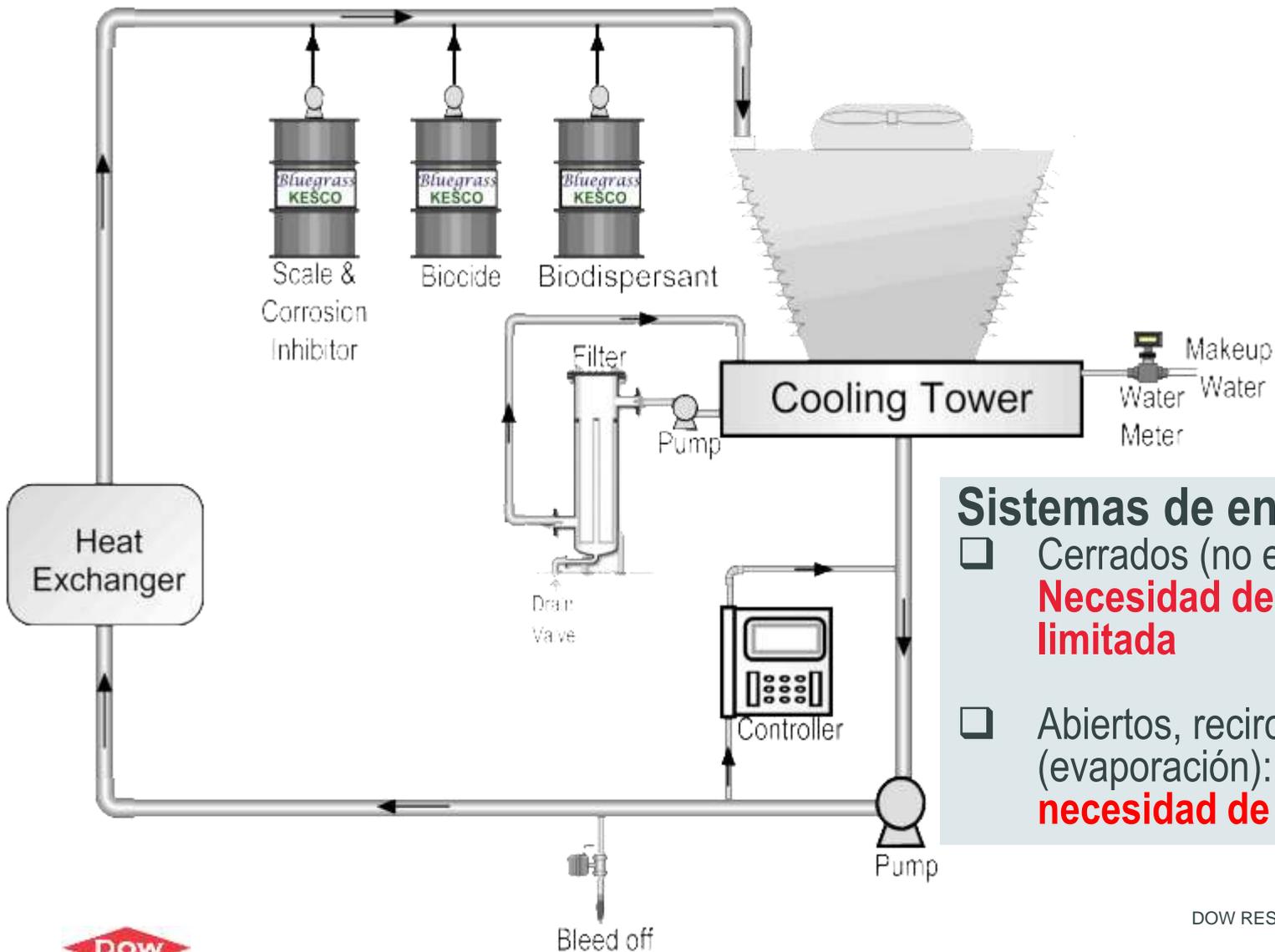
Caudal de Alimentación a la 1ª Etapa	77.08 m <sup>3</sup> /h	Caudal de Permeado Paso 1	30.83 m <sup>3</sup> /h	Presión Osmótica:	
Caudal de Agua Bruta al Sistema	77.08 m <sup>3</sup> /h	Conversión Paso 1	40.00 %	Alimentación	24.89 bar
Presión de Alimentación	52.00 bar	Temperatura de Alimentación	25.0 C	Concentrado	42.33 bar
Fouling Factor	1.00	STD Alimentación	35217.15 mg/l	Media	33.61 bar
Dosificación Química	Ninguno	Número de Elementos	42	NDP media	17.00 bar
Área Activa Total	1560.72 M <sup>2</sup>	Flujo específico medio Paso 1	19.75 lmh	Potencia	139.20 kW
Clasificación del Agua: Agua de Mar (Pozo/MF) SDI < 3				Energía Específica	4.52 kWh/m <sup>3</sup>

Etapa	Elemento	Nº Cajas de presión	Nº Elementos	Caudal de Alimentación (m <sup>3</sup> /h)	Presión de Alimentación (bar)	Caudal de Recirculación (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de concentrado (m <sup>3</sup> /h)	Presión del concentrado (bar)	Caudal de Permeado (m <sup>3</sup> /h)	Flujo específico medio (lmh)	Presión de Permeado (bar)	Presión Booster (bar)	STD Permeado (mg/l)
1	SW30XLE-400i	6	7	77.08	51.66	0.00	46.25	49.23	30.83	19.75	0.00	0.00	217.76



# **Control Microbiano en Torres de Enfriamiento**

# TORRE DE ENFRIAMIENTO TÍPICA



## Sistemas de enfriamiento

- Cerrados (no evaporación): **Necesidad de biocidas limitada**
- Abiertos, recirculación (evaporación): **Continua necesidad de biocidas**

# LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO ABIERTOS NECESITAN UN BUEN CONTROL MICROBIANO

- El sistema recircula la misma agua.
- El biocida requiere permanecer en el circuito por algunos días
- Exterminadores rápidos y biocidas no-oxidantes de acción lenta son preferibles
- La aplicación intermitente es la preferida para biocidas no-oxidantes.
- Durante las purgas también se pierde una parte del biocida dosificado



# Fuentes de los problemas microbiológicos

**Agua de Reposición**

**Aire**



**Babazas en el relleno de la torre**



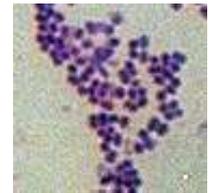
**Sedimentos en el reservorio**



**Puntos muertos en las tuberías**

# BACTERIAS COMUNES EN TORRES DE ENFRIAMIENTO

<u>Tipo/Género</u>	<u>Esporas</u>	<u>Gram</u>	<u>Problema</u>
<b>Aerobias/Facultativas</b>			
<i>Pseudomonas</i>	No	-	Babaza
<i>Burkholderia</i>	No	-	Babaza
<i>Flavobacterium</i>	No	-	Babaza
<i>Enterobacter</i>	No	-	Babaza
<i>Klebsiella</i>	No	-	Babaza
<i>Sphaerotilus</i>	No	-	Babaza / Hierro
<i>Gallionella</i>	No	-	Babaza / Hierro
<i>Proteus</i>	No	-	Babaza
<i>Serratia</i>	No	-	Babaza rosa
<i>Legionella</i>	No	-	Legionelosis
<i>Thiobacillus</i>	No	-	Corrosión
<i>Bacillus</i>	Si	+	Babaza
<b>Anaerobias</b>			
<i>Desulfovibrio</i>	No	-	Corrosión
<i>Desulfobacter</i>	No	-	Corrosión
<i>Clostridium</i>	Si	+	Babaza



# MICRORGANISMOS FOTOSINTETICOS

## Algas Verdes

*Chorella*

Unicelular

Babaza

*Scenedesmus*

Unicelular

Babaza

*Chlorococcum*

Unicelular

Babaza

*Ulothrix*

Filamentoso

Babaza

*Spirogyra*

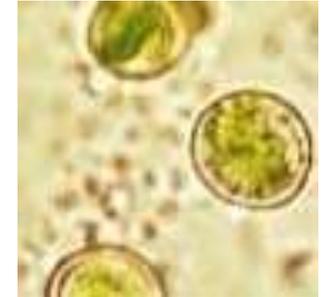
Filamentoso

Babaza

*Trentepohlia*

Filamentoso

Babaza



## Cianobacterias / Verde-azules

*Oscillatoria*

Filamentoso

Babaza

*Phormidium*

Filamentoso

Babaza

*Anabaena*

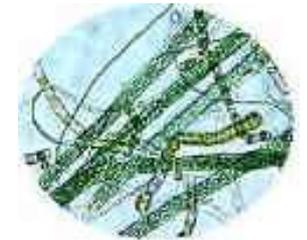
Filamentoso

Babaza

*Anacystis*

Unicelular

Babaza



## Diatomeas

*Fragilaria*

Filamentoso

Babaza

*Diatoma*

Filamentoso

Babaza

*Melosira*

Filamentoso

Babaza

*Cyclotella*

Unicelular

Babaza

*Navicula*

Unicelular

Babaza



# FACTORES QUE PROMUEVEN EL CRECIMIENTO MICROBIANO EN TORRES DE ENFRIAMIENTO

## Condiciones ideales del agua

- pH (7.5 - 9.0)
- Temperatura (25° - 35° C)
- Dureza (200-800 ppm)

## Nutrientes disponibles

- Fuente de agua de aporte / fugas del proceso
- Aditivos anti ensuciamiento / corrosión
- Contaminantes transportados por el aire

## Reinoculación microbiana

- Contaminantes del agua de aporte / transportados por el aire

## Dinámica del sistema

- Alto nivel de aeración
- Superficie /biopelículas)

# Problemas microbianos (Biopelículas)

## Menor desempeño del intercambiador de calor

- Mayor resistencia a la transferencia de calor
- La biopelícula actúa como un aislante para la transferencia de calor



## Menor eficiencia de enfriamiento en la torre

- Reducción de la superficie de los depósitos de llenado
- Disminución de la vida útil del llenado



## Bloqueo de filtros y tamices

- Flujo restringido
- Difícil de limpiar



# Corrosión Influenciada por Microorganismos (MIC)

## Ataque microbiano (bacterial) en metales

- Oxidación de metales elementales ( $\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ )
- Picadura generalizada o focal

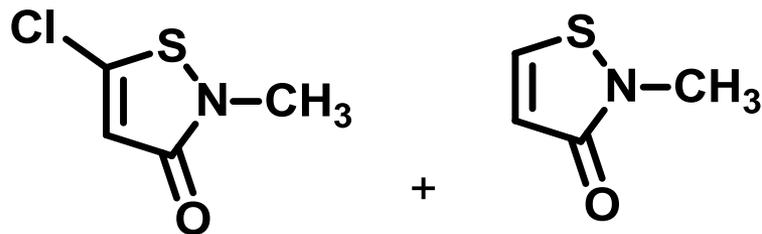
## Varias bacterias involucradas

- Anaeróbicas “bacterias reductoras de sulfato” (SRB)
  - *Desulfovibrio* (sulfato  $\rightarrow$  sulfuro)
- Aeróbicas “bacterias productoras de ácido”
  - *Acetobacter* (ácido acético)
  - *Thiobacillus* (ácido sulfúrico)

## Asociados a la formación de biopelícula

- Polisacáridos acídicos en exopolímero





**5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one (CMIT)**  
**2-methyl-4-isothiazolin-3-one (MIT)**

**Características**

- Actividad de amplio espectro
- Acción rápida
- Ampliamente compatible
- Bajas concentraciones
- No genera AOX o formaldehído
- Kit de prueba disponible

**Productos**

KATHON™ WT

14% solución acuosa

KATHON™ CF1400

14% solución acuosa, Libre de Cu

KATHON™ WT 1.5%

1.5% solución acuosa

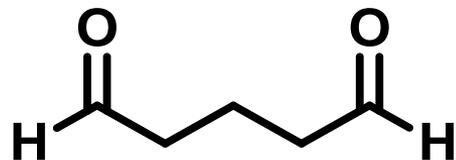
KATHON™ CF 150

1.5% solución acuosa, Libre de Cu

**KATHON™ 7 TL**

**7% solido**

# GLUTARALDEHIDO



**1,5-pentanedial**

## Características

- Actividad de amplio espectro
- Efectivo contra SRB y biofilm
- Compatible
- Field test kits available
- No contiene ni libera formaldehido

## Productos

AQUCAR™ GA 50  
50% solución acuosa

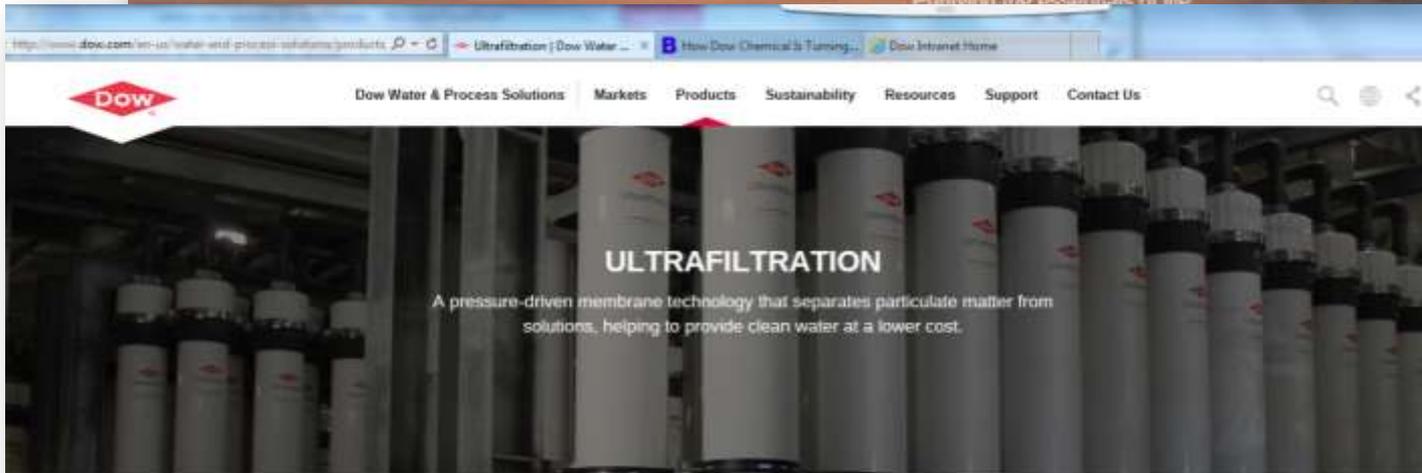
AQUCAR™ GA 45  
45% solución acuosa

AQUCAR™ GA 25  
25% solución acuosa

AQUCAR™ GA 15  
15% solución acuosa



# Quiere saber mas?



[Dow Water & Process Solutions](#) > [Products](#) > [Ultrafiltration](#)

## GOING THEIR SEPARATE WAYS



## Related Videos



[IntegraFlux™ UF Module with New XP Fiber - Watch Video](#)

[Easy Assembly Video: DOW™ IntegraPac™](#)



# MUCHAS GRACIAS!

I.Q. David Suárez  
Dow Química de Colombia  
[dsuarez@dow.com](mailto:dsuarez@dow.com)

Abril 2016



**DOW**