



AGUASRESIDUALES.INFO



**Conocemos el 1er proyecto de
reúso potable indirecto con
nanofiltración en América Latina
- ciudad de León (México)"**



León se encuentra en el estado de Guanajuato en el centro del país, a 384 km de la capital del país, la Ciudad de México y forma parte de la séptima zona metropolitana mas poblada del país con 2 139 484 habitantes.

La economía de la ciudad giró alrededor de la cadena productiva del cuero, calzado, proveeduría y marroquinería, reorientándose en el siglo XXI además a los servicios y la industria automotriz,



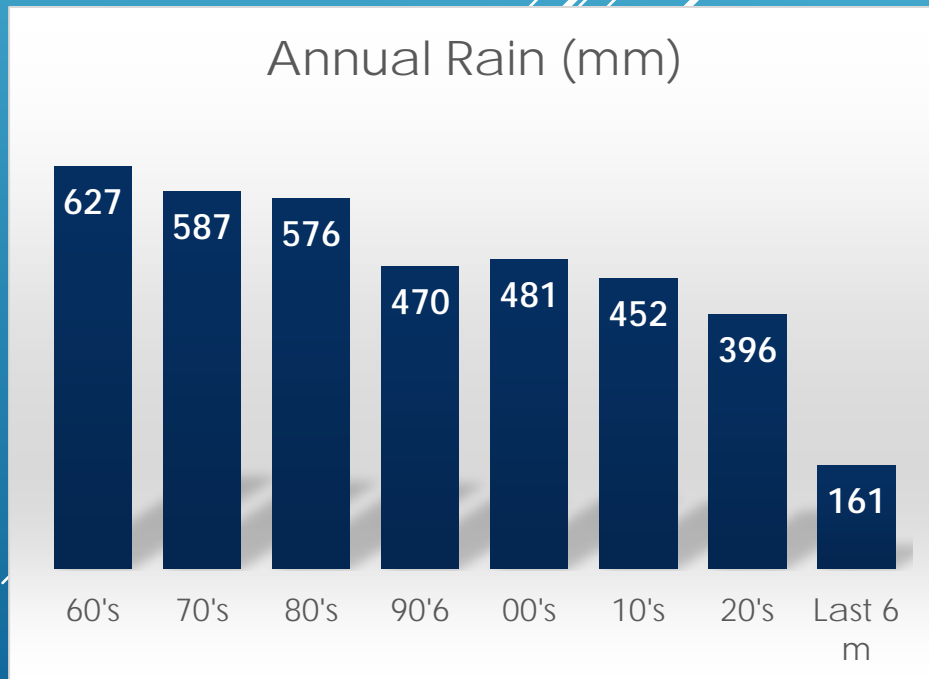
La ciudad de León, se abastece de fuentes subterráneas, reforzadas con aprovechamientos superficiales a través de la presa El Palote.



El acuífero del Valle de León, que abastece de agua al municipio, tiene un déficit anual de más de 51 millones de metros cúbicos de agua. En los últimos 24 años su nivel de abatimiento o reducción fue de 39 metros de profundidad en promedio



En los últimos años se ha lidiado con una sequía prolongada que ha agotado los recursos de agua superficiales disponibles para abastecimiento y con un estrés hídrico provocado por la sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo que le ha llevado a buscar fuentes de abastecimiento no convencionales y a potenciar el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas mediante un proyecto de reúso potable indirecto con un proceso avanzado de tratamiento de aguas.



Fuentes NO convencionales de abastecimiento de agua



Un proyecto de reúso potable integra una multitud de disciplinas entre las que se pueden destacar los siguientes aspectos.

1.- Aspectos técnicos

2.- Aspectos económicos

3.- Aspectos financieros

4.- Aspectos legales

5.- Aspectos políticos

6.- Aspectos sociales



De facto Water Reuse



Indirect Potable Reuse



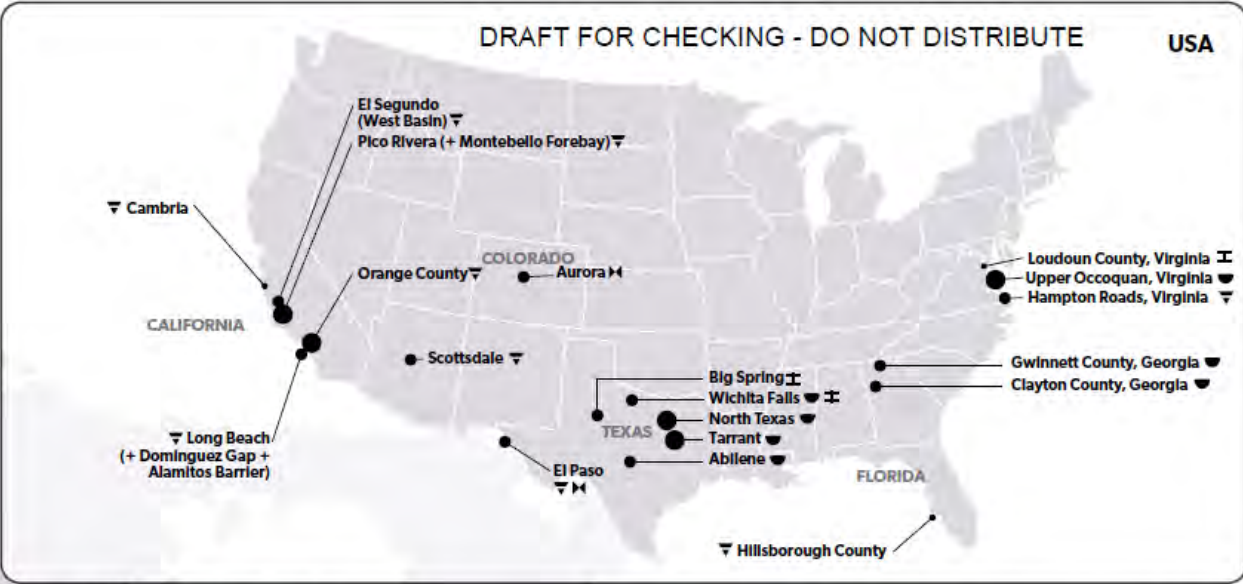
Direct Potable Reuse



Global purified recycled water locations

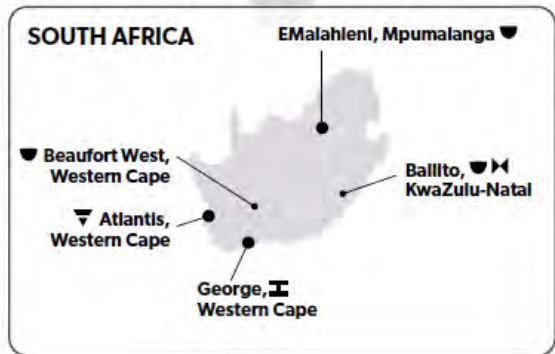
2010s

August 2024 draft



DRAFT FOR CHECKING - DO NOT DISTRIBUTE

DRAFT FOR CHECKING - DO NOT DISTRIBUTE



- ▽ GROUNDWATER AUGMENTATION
- RESERVOIR AUGMENTATION
- I RAW WATER AUGMENTATION
- ⌘ TREATED WATER AUGMENTATION
- TBC OTHER/TBC

DRAFT FOR CHECKING - DO NOT DISTRIBUTE

● Operating/Available

- Supplies <100,000 people or Demonstration/education only
- Supplies 100,000 – 1,000,000 people
- Supplies >1,000,000 people



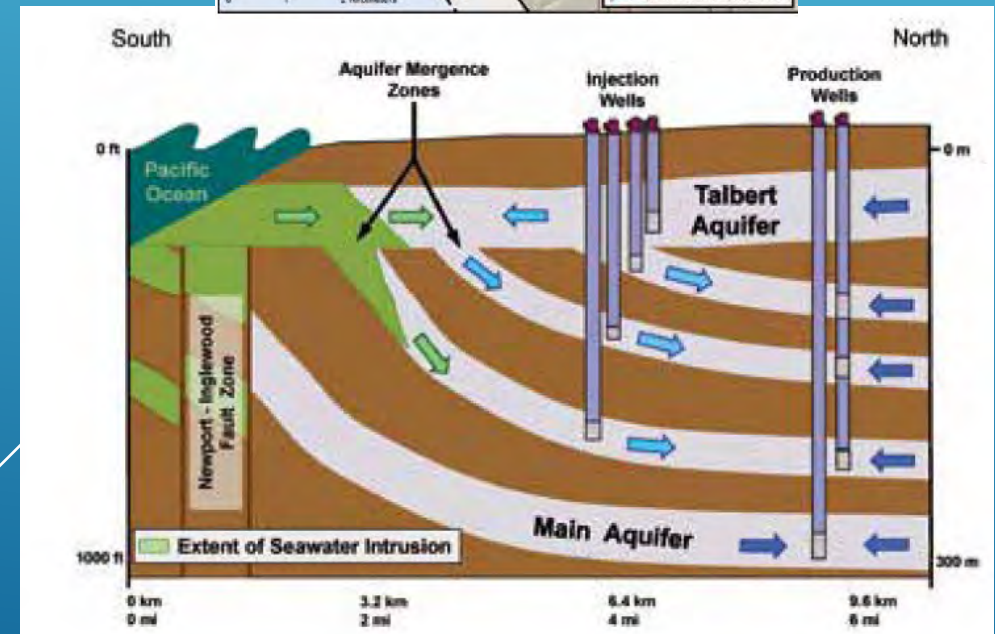
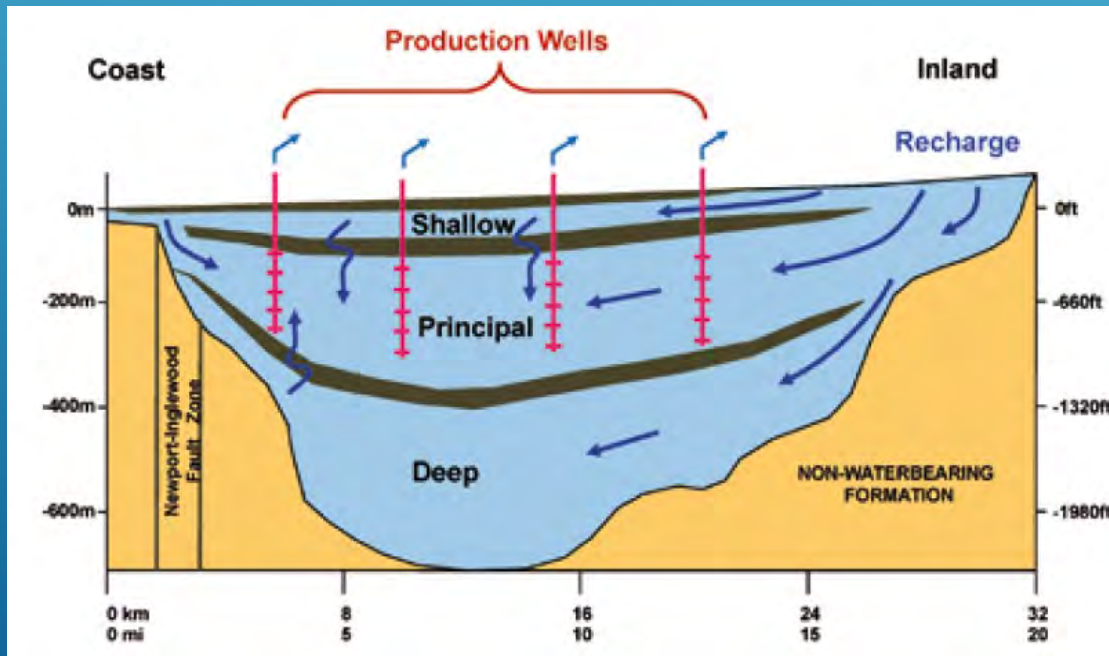
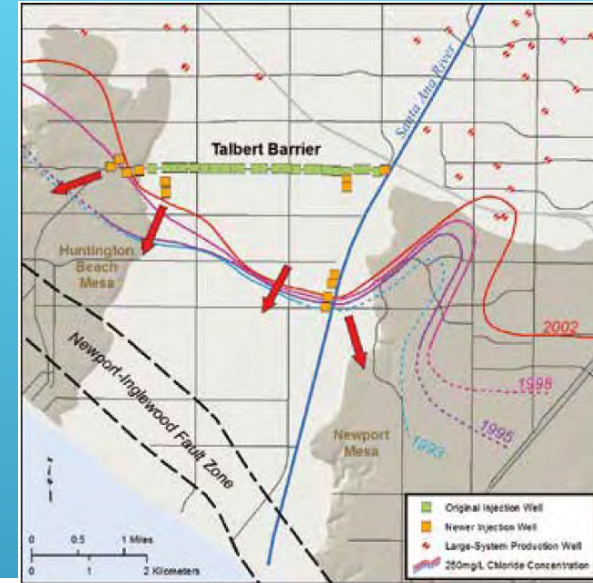
CASOS DE EXITO EN EEUU

Nombre del proyecto	Lugar	Año de Instalación	Flujo (LPS)	Tipo de Reúso	Ruta Normativa
Hueco Bolson Recharge Project, El Paso Water Utilities	TX	1985	438	RPI: Recarga de acuífero vía inyección directa	
West Basin Water Recycling Plant	CA	1995-2014	766	RPI: Recarga de acuífero vía inyección directa	
Dominguez Gap Barrier, Terminal Island, City of Los Angeles	CA	2002-2014	263	RPI: Recarga de acuífero vía inyección directa	
Alamitos Barrier, Water Replenishment District of So. CA, Long Beach	CA	2005	350	RPI: Recarga de acuífero vía inyección directa	
Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)	CA	2008-2014	4,381	RPI: Recarga de acuífero vía inyección directa y depósitos de dispersión	
Big Spring – Colorado River Municipal Water District (CRMWD)	TX	2013	79	RPD: Mezcla y tratamiento de agua convencional	Sequía extrema – normativa emergente/urgente – implementación
Wichita Falls – IPR and River Road WWTP and Cypress WTP DPR projects	TX	2014	219	RPD: Mezcla y tratamiento de agua convencional	Sequía extrema – normativa emergente/urgente – implementación

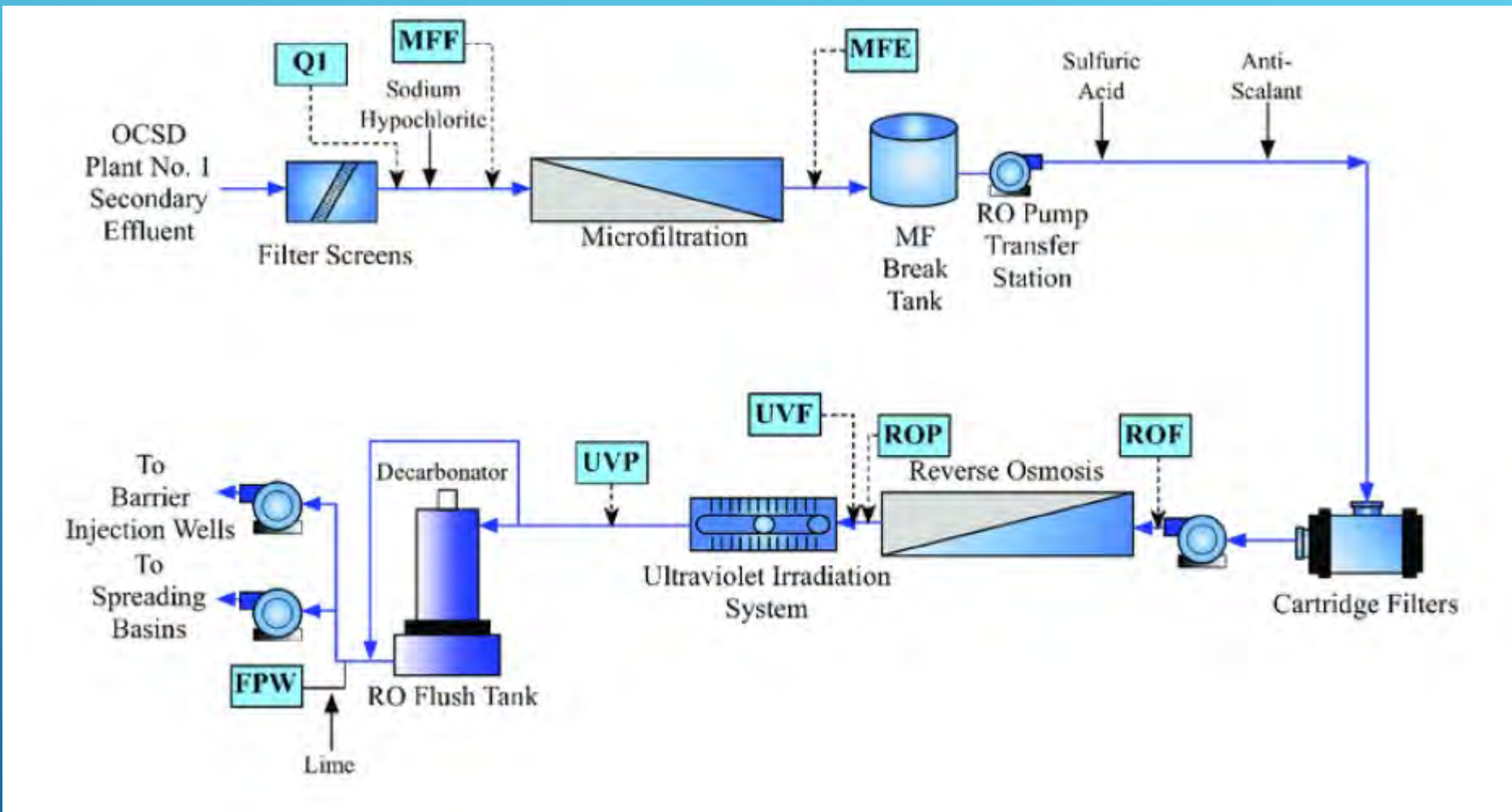
Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)



Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)



Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)



Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)



Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)



Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)

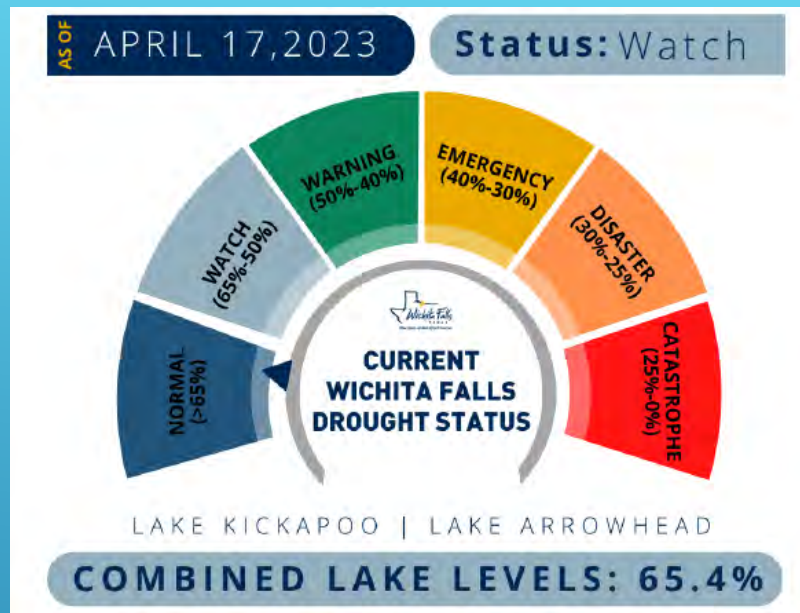


Orange County Groundwater Replenishment System (GWRS)





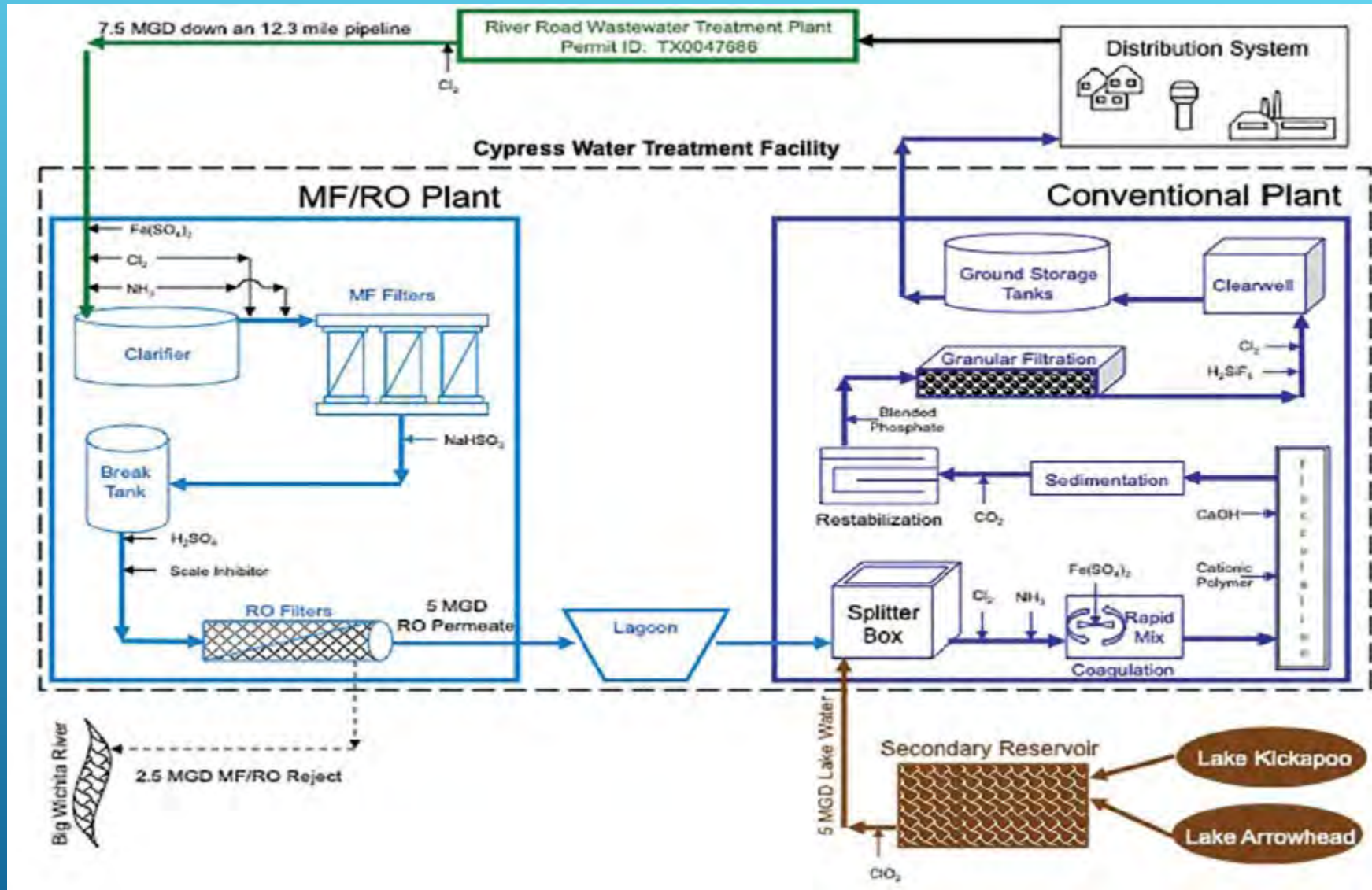
Wichita Falls TX

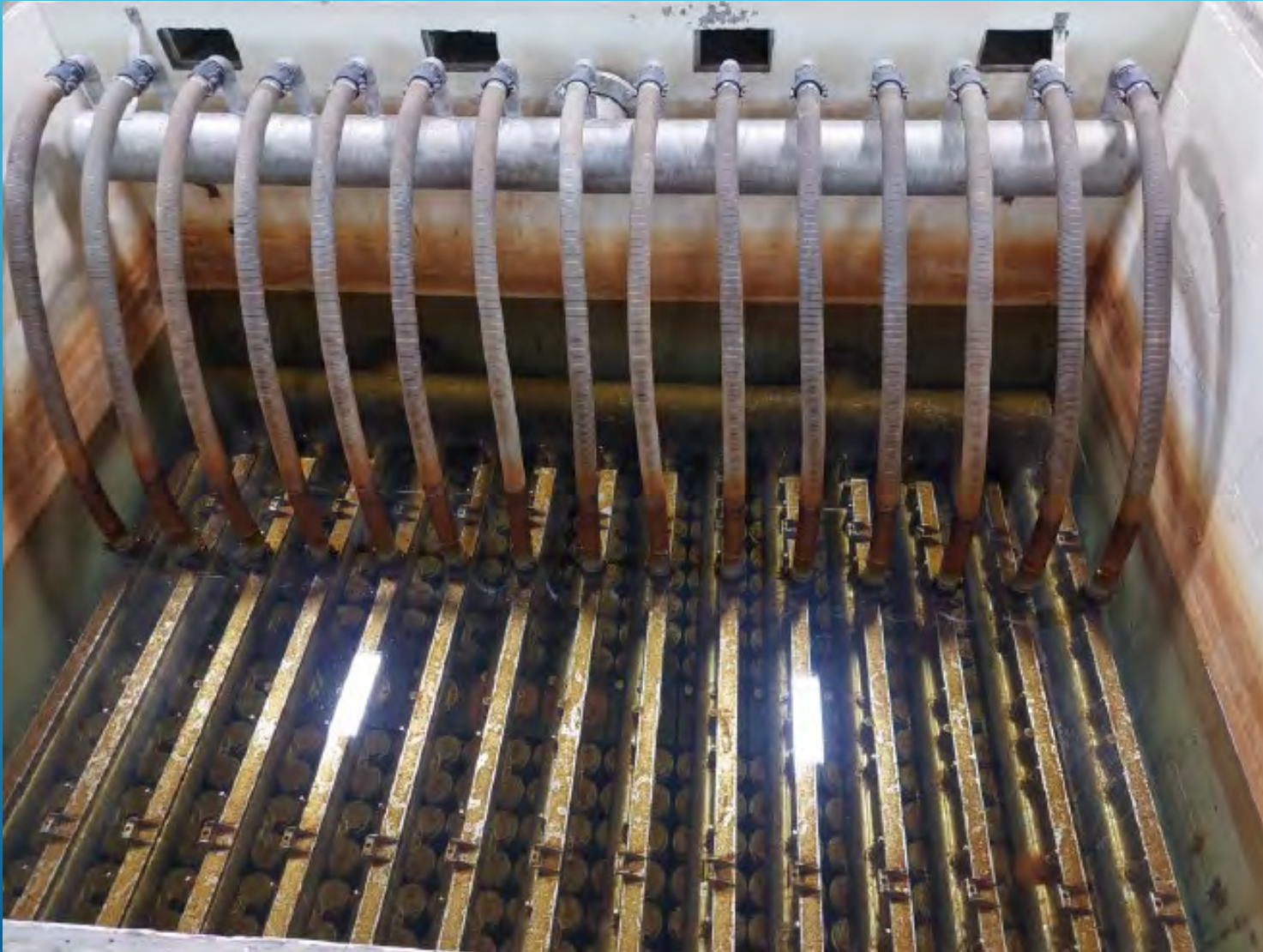


Wichita Falls TX



Wichita Falls TX







Aunque la opción más robusta para el reúso potable indirecto es la osmosis inversa, su implementación significaría que el proyecto no fuera económicamente viable.



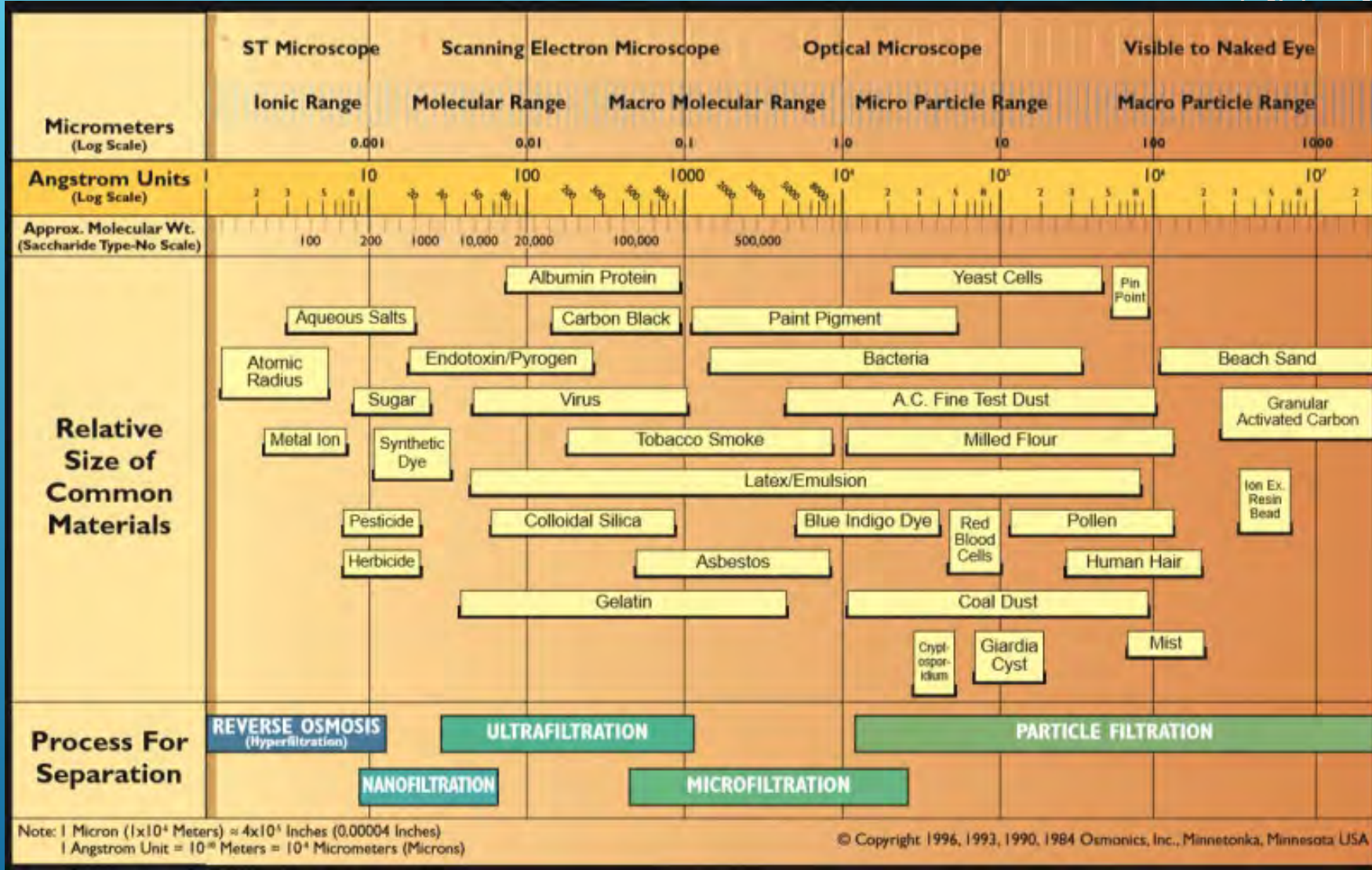
Las membranas de osmosis fueron desarrolladas originalmente para remover sales del agua del mar y son el líder en la remoción de solidos disueltos en las aguas tratadas, sin embargo, los altos costos de inversión inicial y de operación, hacen que su implementación sea difícil para el reuso.



Ante esa limitante económica, la ciudad de León se dio a la tarea de buscar tecnologías alternativas que pudieran ser eficientes en la remoción de contaminantes convencionales y contaminantes emergentes presentes en las aguas residuales.

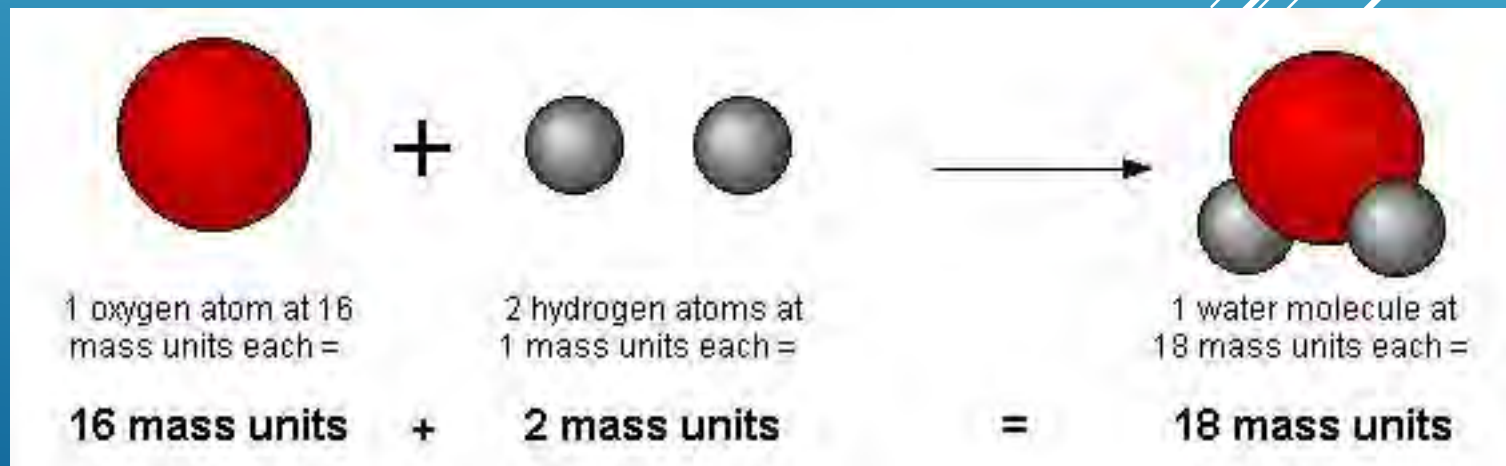


Los rangos de aplicación de las distintas tecnologías de membranas, en función del peso molecular y tamaño de las partículas retenidas, se pueden ilustrar en la siguiente tabla:

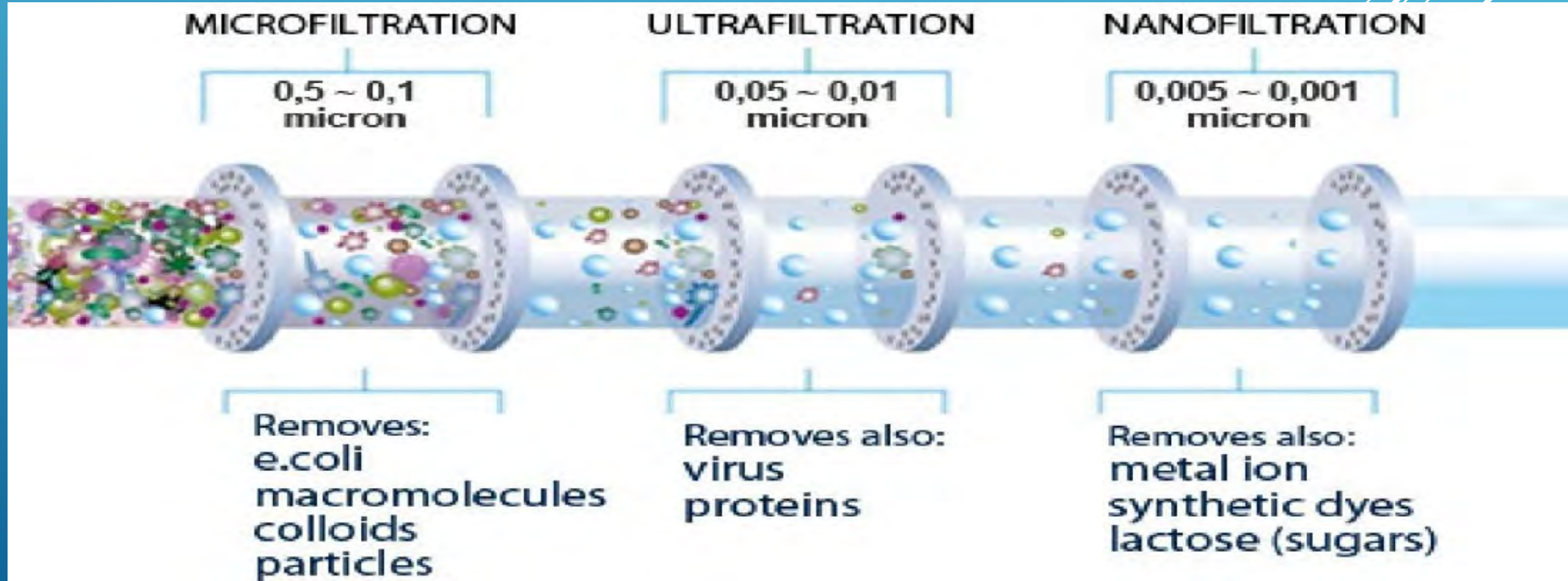


De la anterior tabla se puede inferir que el procesos de osmosis inversa (OI) tiene capacidad de remover la totalidad de solidos disueltos presentes en el agua, con lo que se garantizaría la eliminación de cualquier materia que este por encima de un peso molecular de 100 daltons.

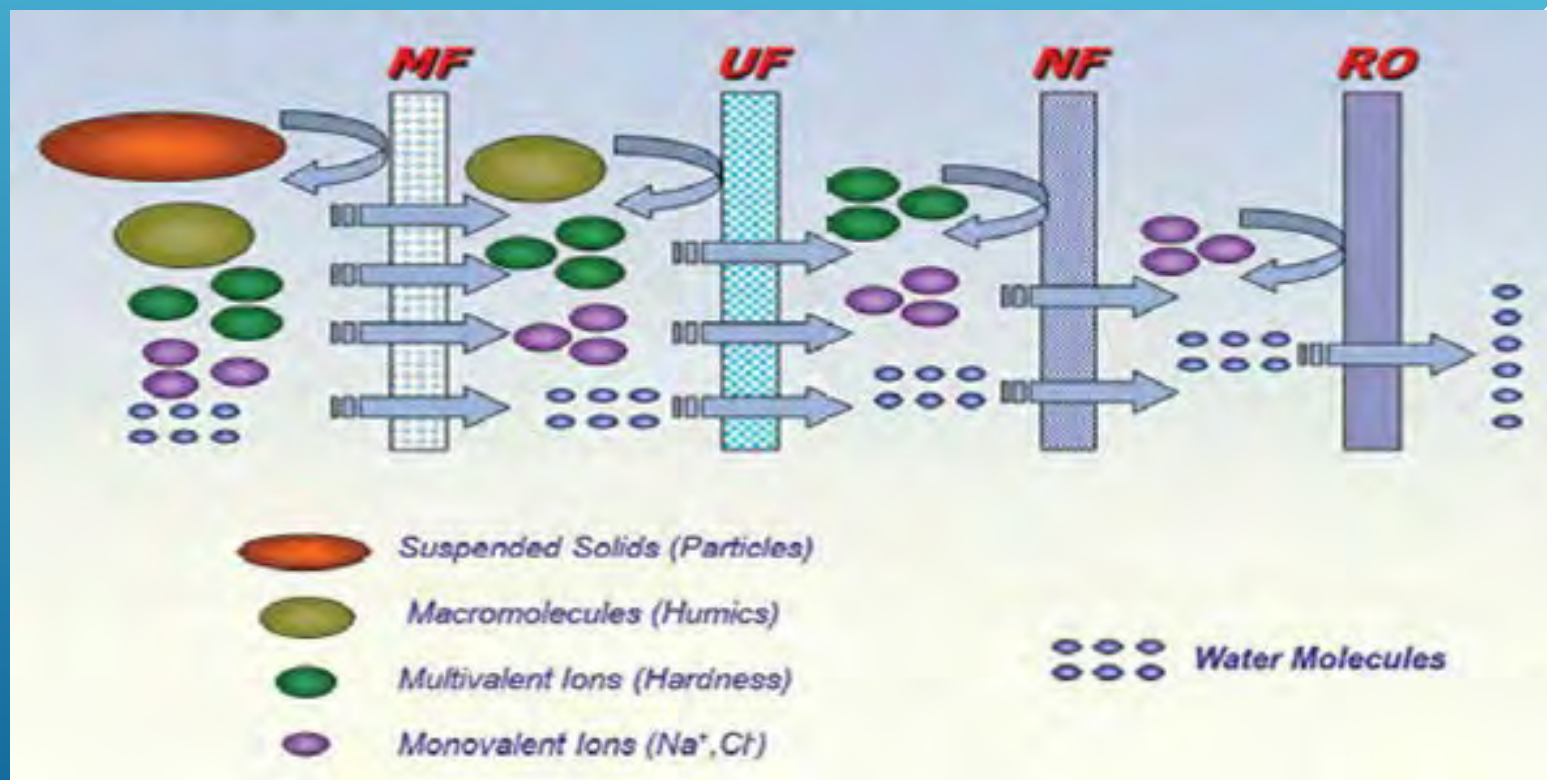
Sin embargo, de la misma tabla, se puede deducir que la nanofiltración (NF) puede proporcionar altos rechazos de iones de 0.001 micras de diámetro de peso molecular superior a los 400 daltons.



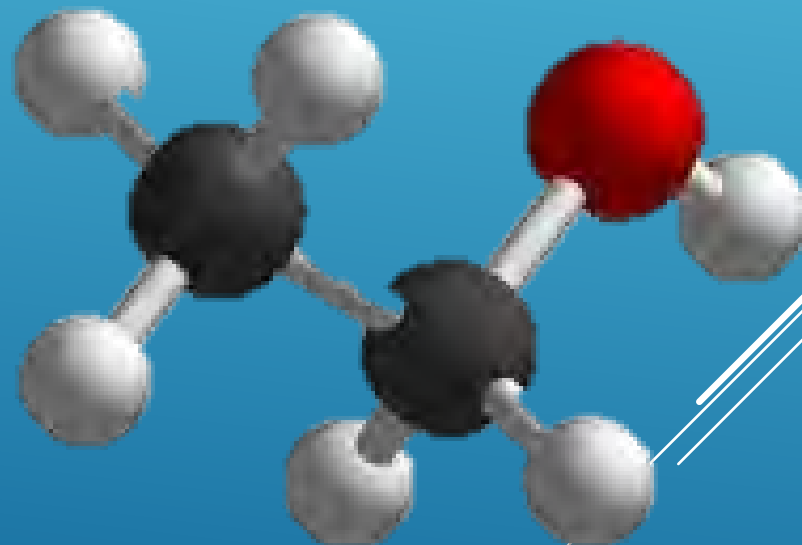
La nanofiltración (NF) es un proceso de difusión donde el transporte de sólidos disueltos no ocurre necesariamente a través de poros, sino por difusión a través del material de la membrana. Las membranas NF pueden proporcionar la eliminación de color, turbidez, DBP y dureza, bacterias y virus (Lee Hackman, 1999).



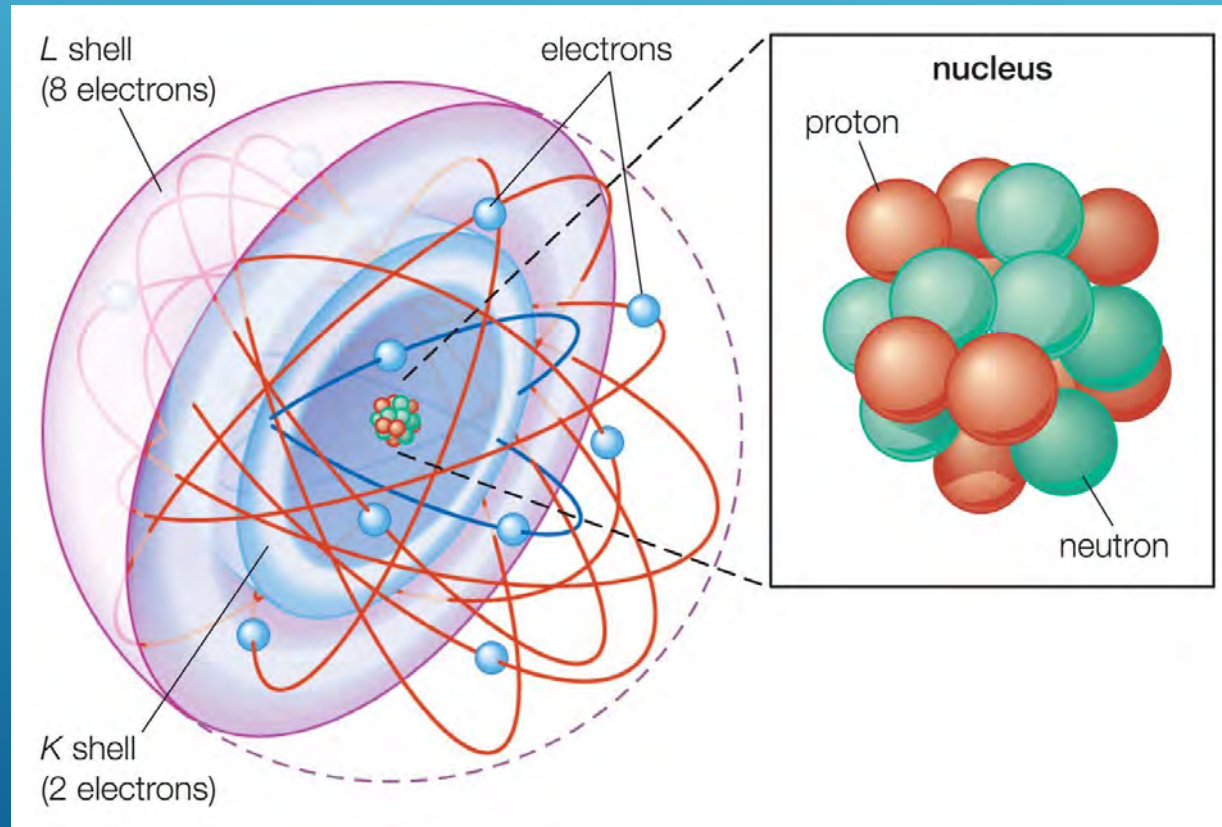
Mientras que las membranas OI dominan la industria de desalinización de agua de mar, la NF se emplea en una variedad de aplicaciones industriales y de tratamiento de agua y aguas residuales para la eliminación selectiva de iones y sustancias orgánicas (Christopher, 2015).



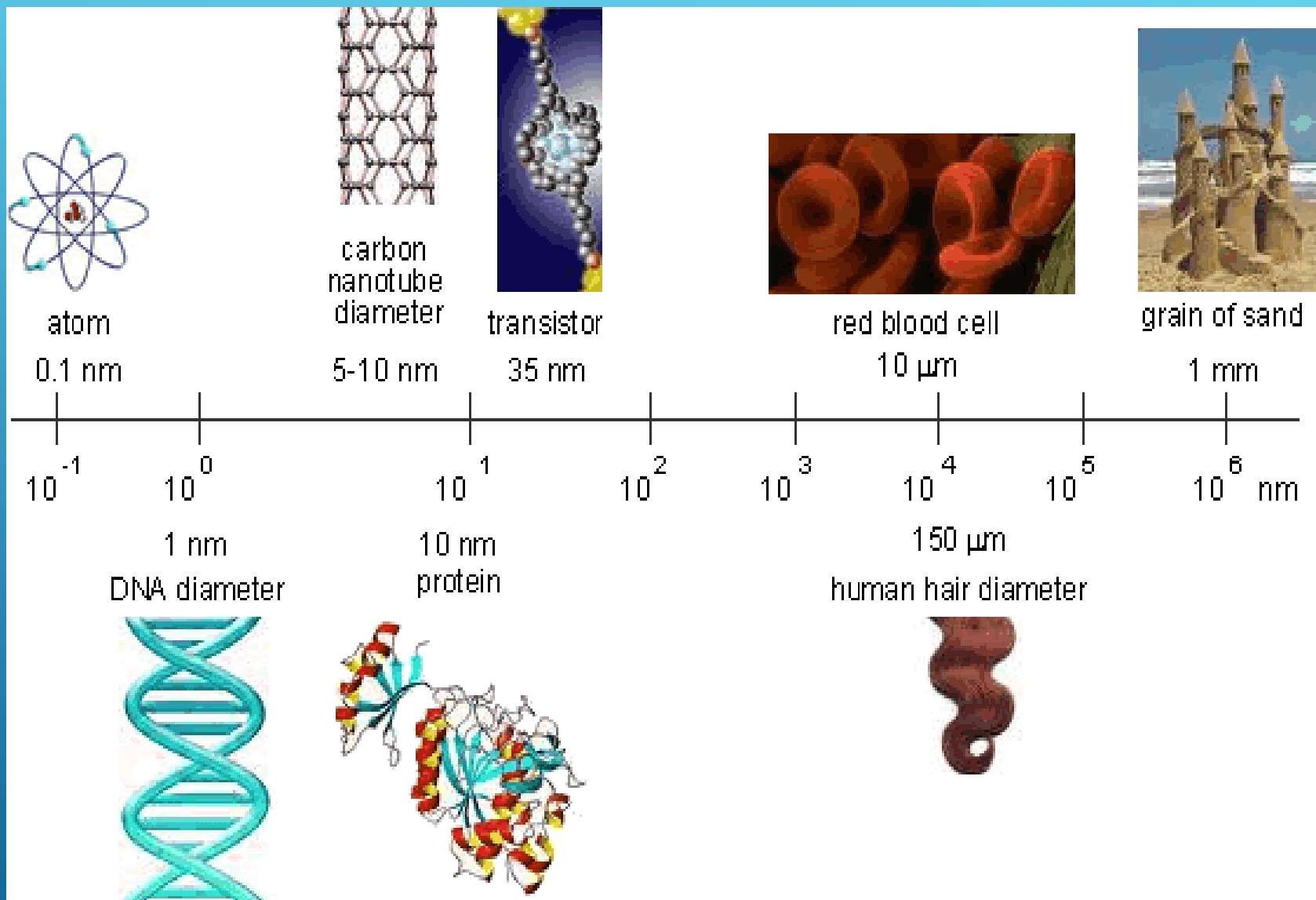
La aplicación de la tecnología NF hoy en día incluye la eliminación de compuestos orgánicos (B. Van der Bruggen, 2002). También se ha demostrado que la ósmosis inversa y la nanofiltración logran la eliminación de patógenos 4-log. (Taylor, 1999).



Una membrana de ósmosis inversa o hiperfiltración rechaza solutos tan pequeños como $0.0001 \mu\text{m}$, que está en el rango de tamaño iónico o molecular. Una membrana de nanofiltración rechaza solutos tan pequeños como $0.001 \mu\text{m}$, que también están en el rango de tamaño iónico y molecular (American Water Works Association, 1999).



Un nanómetro (nm) es una mil millonésima parte de un metro.





Volumen = 10 cm x 10 cm x 10 cm
Volumen = 1,000 cm³

Área superficial = 6 x 10 cm x 10 cm
Área superficial = 600 cm²



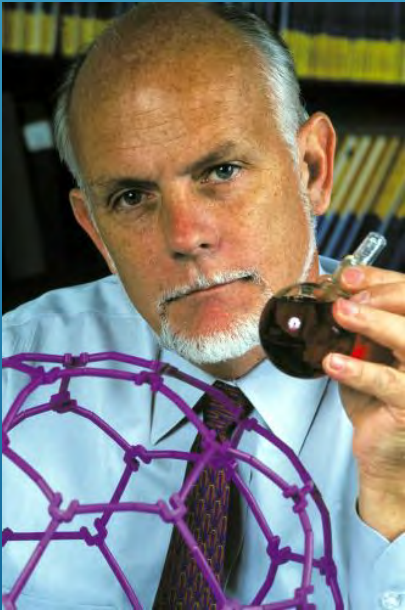
Volumen = 10 cm x 10 cm x 10 cm
Volumen = 1,000 cm³

Área superficial = 500 x 10 cm x 10 cm
Área superficial = 50,000 cm²

8,333 % mas superficie con el mismo volumen

La universidad Rice es líder en desarrollo de nanotecnología. Uno de sus profesores, el Dr. Richard Smalley es considerado el padre de la nanotecnología y fue galardonado con el premio Nobel en 1996 por sus aportaciones en dicho campo.

Actualmente sus trabajos se siguen desarrollando en el Instituto de Nanotecnología que lleva su nombre.



The
Richard E. Smalley
Institute for
Nanoscale Science
and Technology



Rice Research Groups

Prof. Pedro Alvarez



Ph.D. , MS. University of Michigan

University of Iowa

Honorary Consul for Nicaragua

George R. Brown Professor of Civil and Environmental Engineering, Member NAE

Director, NEWT Center

Director, Rice WaTER Institute

El profesor Álvarez recibió el título de Ingeniero Civil de la Universidad McGill y los títulos de Maestría y Doctorado en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Michigan. Es galardonado con el Premio Clarke 2012 por su destacada investigación en ciencia y tecnología del agua, y también ganó el Gran Premio AAEES a la Excelencia en Ingeniería y Ciencia Ambiental.

El Dr. Álvarez fue elegido miembro de la Academia Nacional de Ingeniería por sus destacadas contribuciones a la práctica y pedagogía de la biorremediación y la nanotecnología ambiental.

Actualmente es director del Nanosystems Engineering research center for Nanotechnology Enabled Water Treatment (NEWT)



En Febrero de 2023 SAPAL firmo un convenio con NEWT para el proceso de reuso potable indirecto de la ciudad de León.



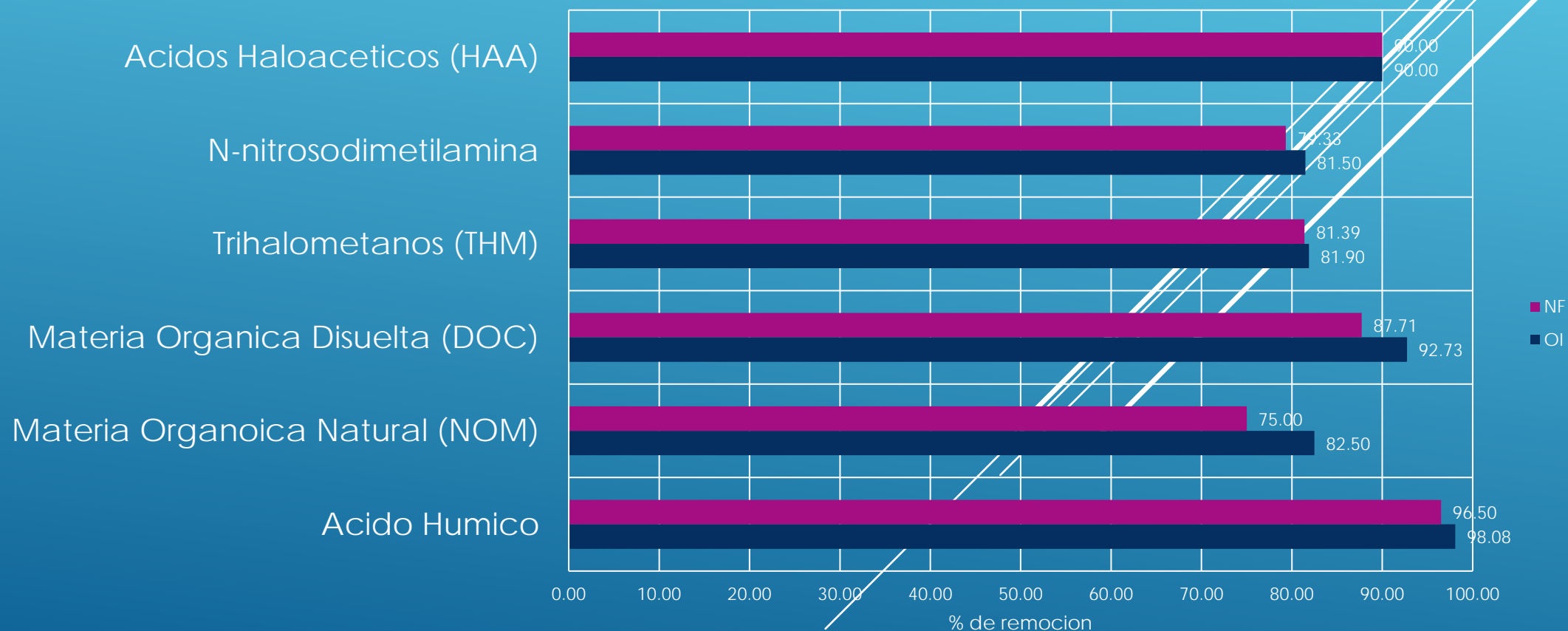
Se recopiló información sobre la eliminación de materia orgánica natural por membrana de ósmosis inversa (Mohammad Ali Zazouli 2017) con los siguientes resultados:

Tipo de subproducto		Eficiencia reportada	Promedio	Tipo de proceso
Precursor	Microorganismos y materia orgánica	89.7	89.70	Ósmosis Inversa
		89.7		Ósmosis Inversa
	Ácido Húmico	100.0	98.08	Ósmosis inversa/Nanofiltración
		95.0		Ósmosis directa con membrana de Poliamida
		98 – 99.3		Ósmosis Inversa
	Materia Orgánica Natural (NOM)	99.0	82.50	Ósmosis Inversa
		44 - 90		Ósmosis inversa
		97.0		Ósmosis Inversa/Electrodialisis
	Materia Orgánica Disuelta (DOC)	90.0	92.73	Ósmosis Inversa/Electrodialisis
		98.2		Ósmosis Inversa aislada
90.0		Ósmosis Inversa		
DBP _s	Trihalometanos (THM)	83.8	81.90	Microfiltración/Carbón/Ósmosis I.
		80.0		Ósmosis Inversa
	Nitrosodimetilamina	66.0	81.50	Ósmosis Inversa/UV
		97.0		Ósmosis Inversa
	Ácidos Halo acéticos (HAA)	90.0	90.00	Ósmosis Inversa

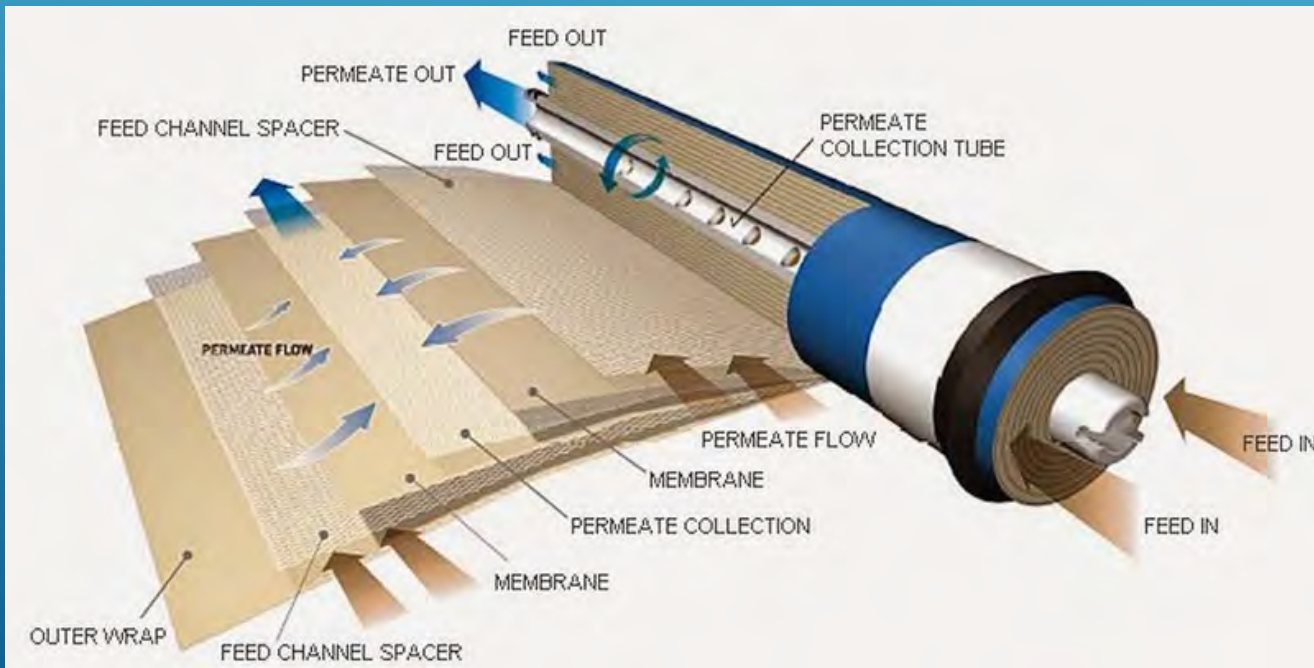
También se hicieron estudios sobre el uso de la nanofiltración para eliminar los subproductos de la desinfección y sus precursores.

Tipo de subproducto		Eficiencia reportada	Promedio	Tipo de proceso
Precursor	Ácido Húmico	91-95	96.50	Nanofiltración
		100.0		Membrana de Poliéster de Nanofiltración
		100.0		Nanofiltración/Osmosis Inversa
	Materia Orgánica Natural (NOM)	58.0	75.00	Nanofiltración
		93.0		Ultrafiltración/Nanofiltración/Osmosis Inversa
		49-100		Nanofiltración
	Materia Orgánica Disuelta (DOC)	70-99	87.71	Ultrafiltración/Nanofiltración
		>87.0		Nanofiltración
		98.0		Ultrafiltración/Nanofiltración
		85.0		Ultrafiltración/Nanofiltración
> 90.0		Nanofiltración		
DBP _s	Trihalometanos (THM)	85.0	81.39	Ultrafiltración/Nanofiltración
		74-95		Nanofiltración
		96-99		Nanofiltración
	Nitrosodimetilamina	42.97	79.33	Nanofiltración/Stripping con aire
		57-83		Nanofiltración
	Ácidos Halo acéticos (HAA)	98.0	90.00	Nanofiltración/Osmosis Inversa
90-100		Nanofiltración		
		80.0		Nanofiltración

Si se hace un análisis comparativo de las eficiencias de remoción de precursores y subproductos de la desinfección mediante la aplicación del proceso de Osmosis Inversa y el proceso de nanofiltración se tiene la siguiente gráfica:



Como un proceso alternativo de remoción, se ha determinado que las NOM, las moléculas orgánicas pequeñas y los precursores de DBP pueden separarse eficazmente por membranas de NF (Benitez FJ, 2009). De esta suerte, la NF ha sido reconocida como una membrana de RO de baja presión. Varios estudios señalan que la NF es un proceso factible de utilizar de manera exitosa en la producción de agua potable.



Debido a los pocos casos de estudio de la NF en la remoción de PFAS, el año 2022 SAPAL inicio pruebas piloto con una pequeña planta de capacidad de 1 gph con una membrana de fibra hueca con capacidad de retención de partículas de hasta 800 dalton, obteniendo resultados satisfactorios en términos de remoción de TDS.

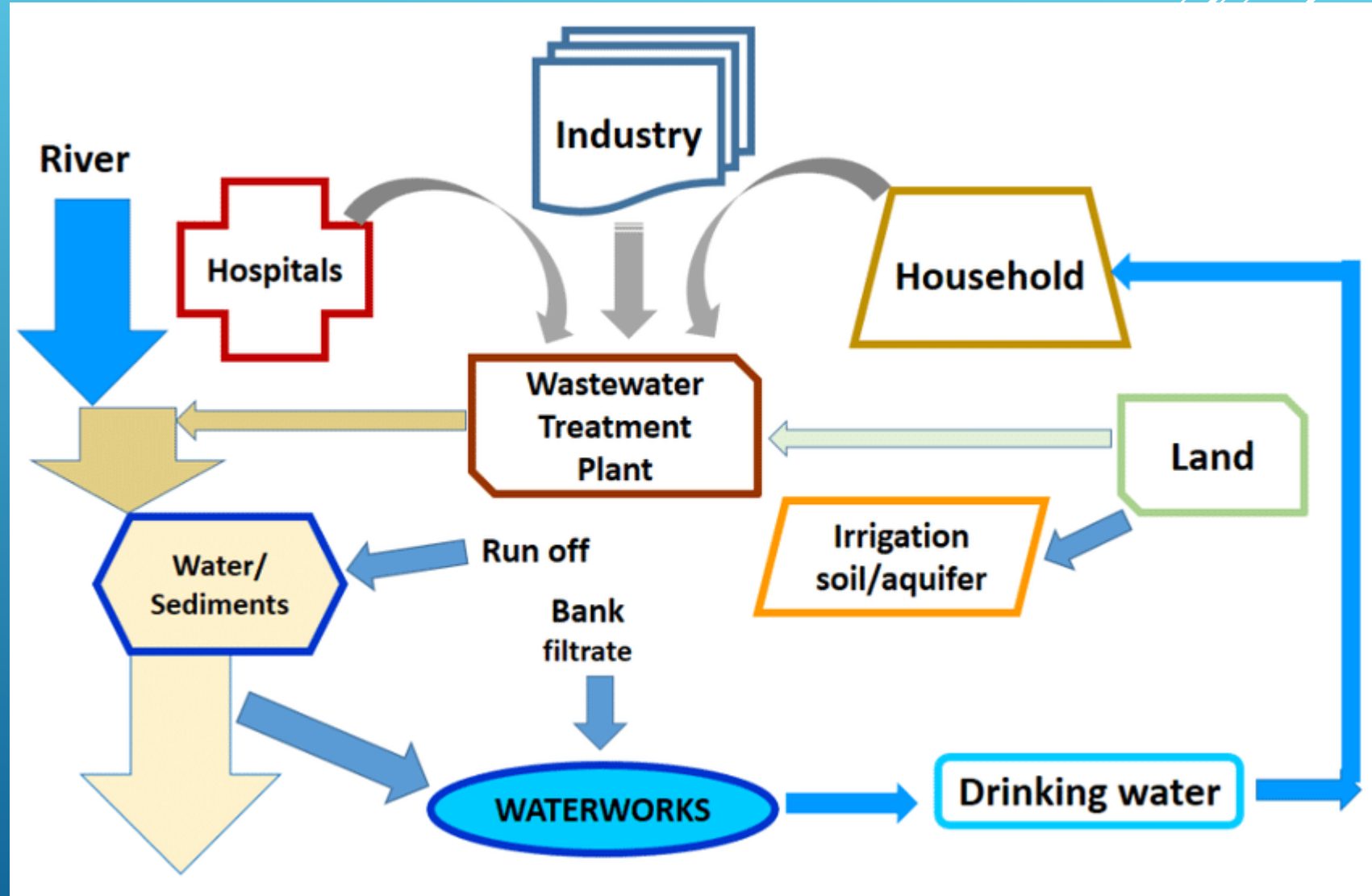


PARAMETER	Unit	Entrance	Exit	Removal
Conductivity	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1,478.00	734.00	50.34%
Turbidity	T unit	1.92	0.10	94.79%
Colour	C unit	30.00	< 5.00	83.33%
Total Dissolved Solids	mg/lit	1,202.00	566.00	52.91%
Chlorides	mg/lit	260.36	93.20	64.20%
Ammonia nitrogen	mg/lit	3.25	< 0.10	96.92%
Nitrites	mg/lit	0.68	< 0.01	98.54%
Sulphates	mg/lit	181.30	35.95	80.17%
Aluminium	mg/lit	0.03	< 0.01	64.66%
Chromium	mg/lit	0.04	< 0.003	92.86%
Iron	mg/lit	0.06	0.01	80.00%
Potassium	mg/lit	30.68	11.38	62.91%
Sodium	mg/lit	247.73	57.33	76.86%
Zinc	mg/lit	0.04	< 0.01	73.19%

Debido a esos buenos resultados, se escaló a una planta piloto con capacidad de 160 gpm NF en donde se replicaron las remociones superiores al 50% en TDS.



Las sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) son contaminantes emergentes en el agua. Existe evidencia de que la exposición a las PFAS puede causar efectos perjudiciales a la salud humana, afectando los sistemas reproductivos e inmunitarios, así como órganos como el hígado y los riñones.



Las PFAS pueden encontrarse en:
Alimentos envasados en materiales que contienen PFAS, o cultivados en tierra o con agua contaminados con PFAS.

Productos domésticos comerciales, como telas repelentes de manchas y agua, productos antiadherentes (como Teflon), compuestos para pulir, ceras, pinturas, productos de limpieza y espumas para combatir incendios



Firefighting Foams



Microwave Popcorn Bags



Cosmetics



Waterproof Clothing



Paint

PFAS



Stain Resistant Products



Fast Food Packaging



Personal Care Products



Non-Stick Cookware



Pesticides

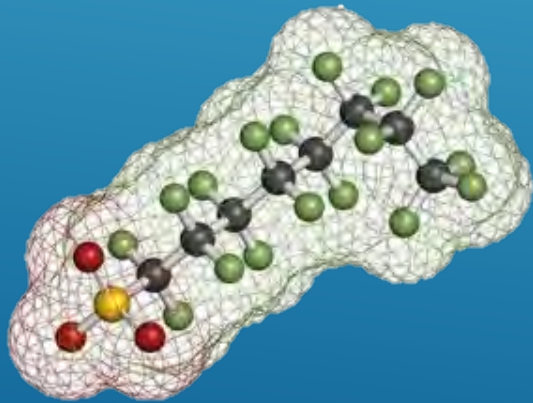
KWR es un instituto independiente de investigación del agua en Países Bajos y es el instituto neerlandés de certificación del agua. Con más de 60 años de investigación y desarrollo para las empresas holandesas del sector del agua potable, KWR está aplicando ahora esta base de conocimientos y capacidad de investigación de manera más amplia para servir a todos los socios en el ciclo del agua.

A banner image showing two scientists in white lab coats working in a laboratory. The scientist on the right is smiling. The text 'About KWR' is overlaid in white serif font. A small blue wavy line is positioned above the text.

About KWR

KWR ha estado estudiando las PFAS en el medio acuático como ningún otro centro de investigación en el mundo y ha encontrado que los riesgos para la salud es motivo de preocupación.

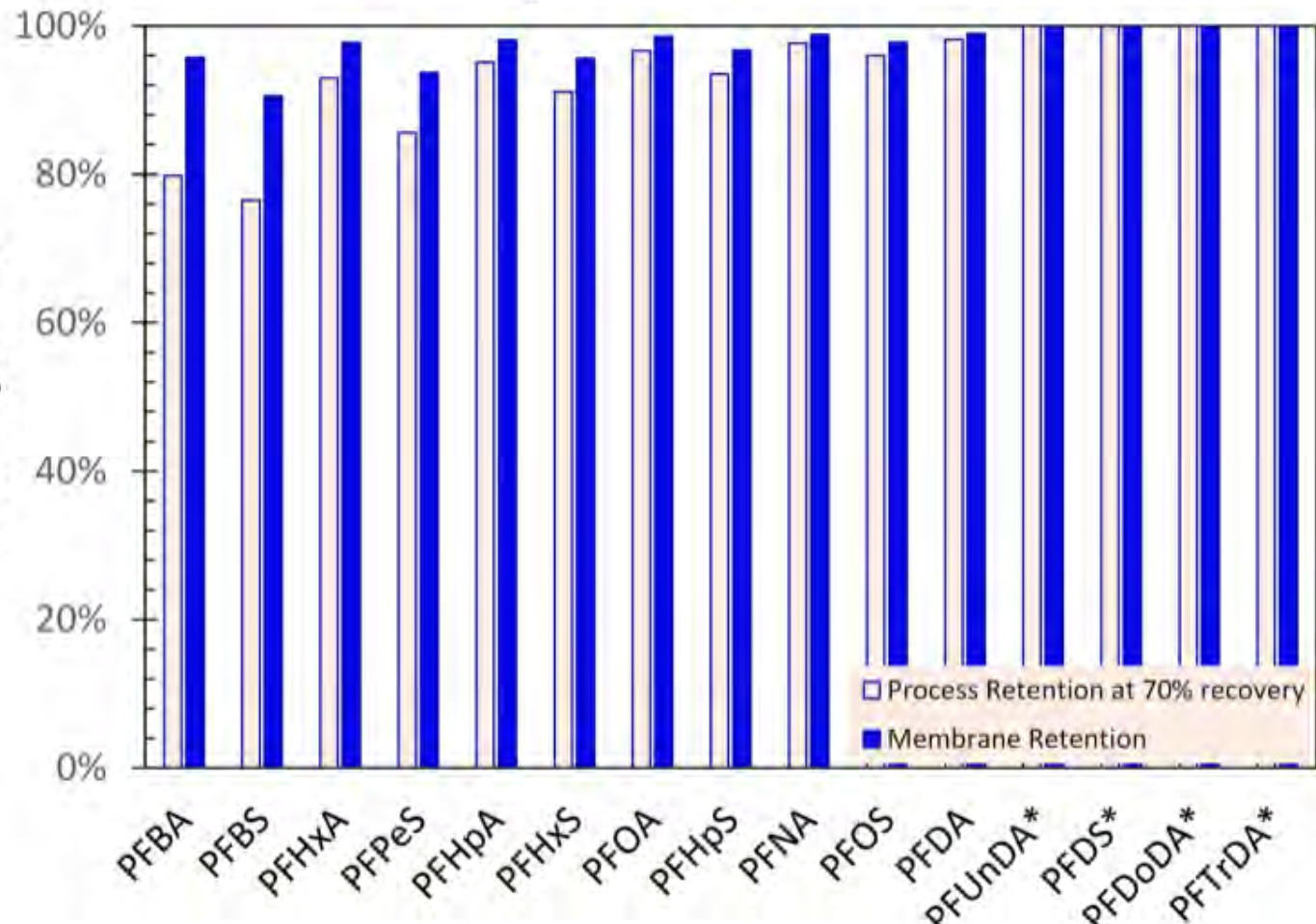
Para sus determinaciones, la espectrometría de masas de alta resolución (LC-HRMS) está disponible en el laboratorio de química de KWR y permite a los investigadores medir una amplia gama de PFAS.



En noviembre de 2023 en el marco de la expoaneas, SAPAL firmo un convenio de colaboración con KWR



En este marco de colaboración KWR llevo a cabo los análisis de laboratorio de las plantas piloto de nanofiltración de la ciudad de León KWR para investigar la retención real de PFAS con las membranas dNF de NX Filtration.



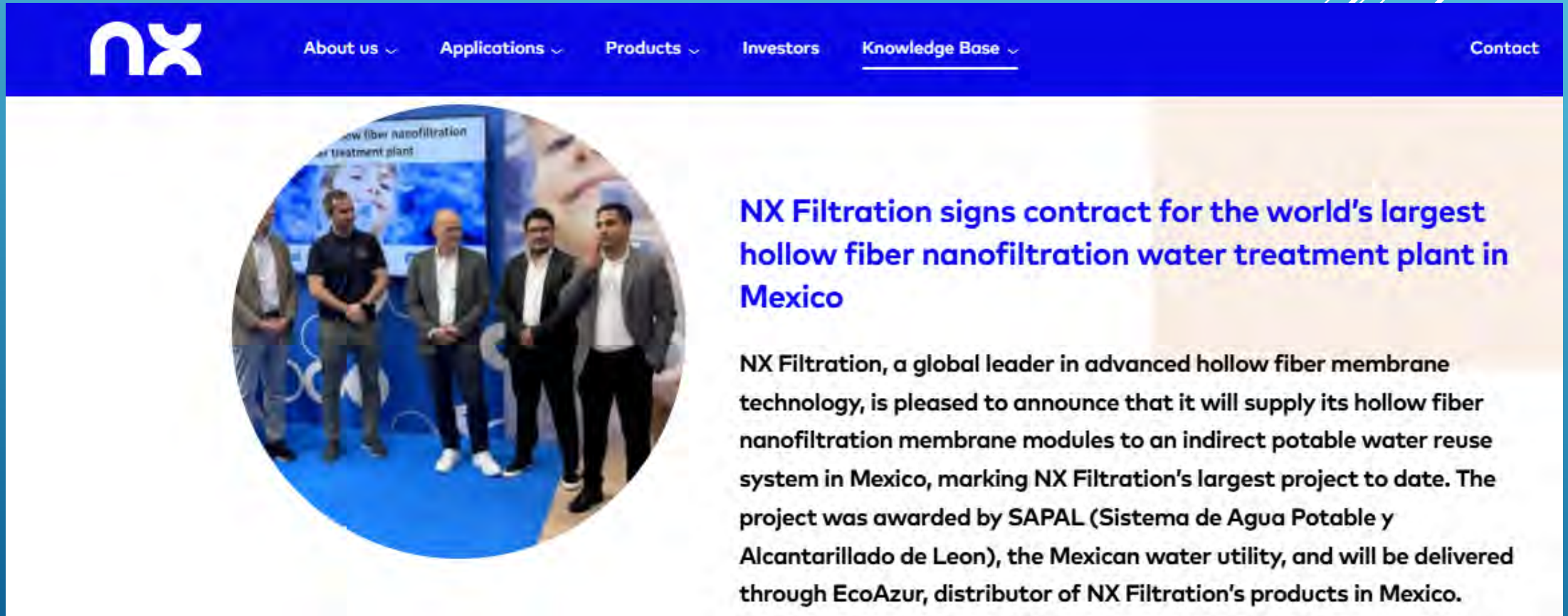
PFAS20 – Un grupo de sustancias en el monitor de la UE que deben ser reguladas. La retención media del proceso de dNF40 para estas moléculas es del 94,7%

PFAS4 – Un grupo de sustancias que, por ejemplo, Suecia utilizará en su legislación. La retención promedio del proceso dNF40 para estas moléculas es de 94.6%

Estos resultados permiten afirmar que la nanofiltración con membranas de fibra hueca proporciona las remociones necesarias para ser consideradas en el proceso de reúso potable como una alternativa de menor costo a la osmosis inversa, lo que constituye también una innovación transformacional importante a favor de SAPAL para el desarrollo de proyecto de reúso.



El proyecto de Reúso Potable Indirecto de la ciudad de León, Guanajuato ha sido calificado por el fabricante neerlandés de membranas NX Filtration como el proyecto de reúso potable indirecto más grande del mundo utilizando membranas de nanofiltración en lugar de membranas de osmosis inversa.

A screenshot of the NX Filtration website. The top navigation bar is dark blue with the NX logo on the left and menu items: "About us", "Applications", "Products", "Investors", "Knowledge Base", and "Contact". The main content area features a circular image of five men in business attire standing in front of a blue backdrop with text. To the right of the image is a blue headline and a black text block.

nx About us Applications Products Investors Knowledge Base Contact

NX Filtration signs contract for the world's largest hollow fiber nanofiltration water treatment plant in Mexico

NX Filtration, a global leader in advanced hollow fiber membrane technology, is pleased to announce that it will supply its hollow fiber nanofiltration membrane modules to an indirect potable water reuse system in Mexico, marking NX Filtration's largest project to date. The project was awarded by SAPAL (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León), the Mexican water utility, and will be delivered through EcoAzur, distributor of NX Filtration's products in Mexico.



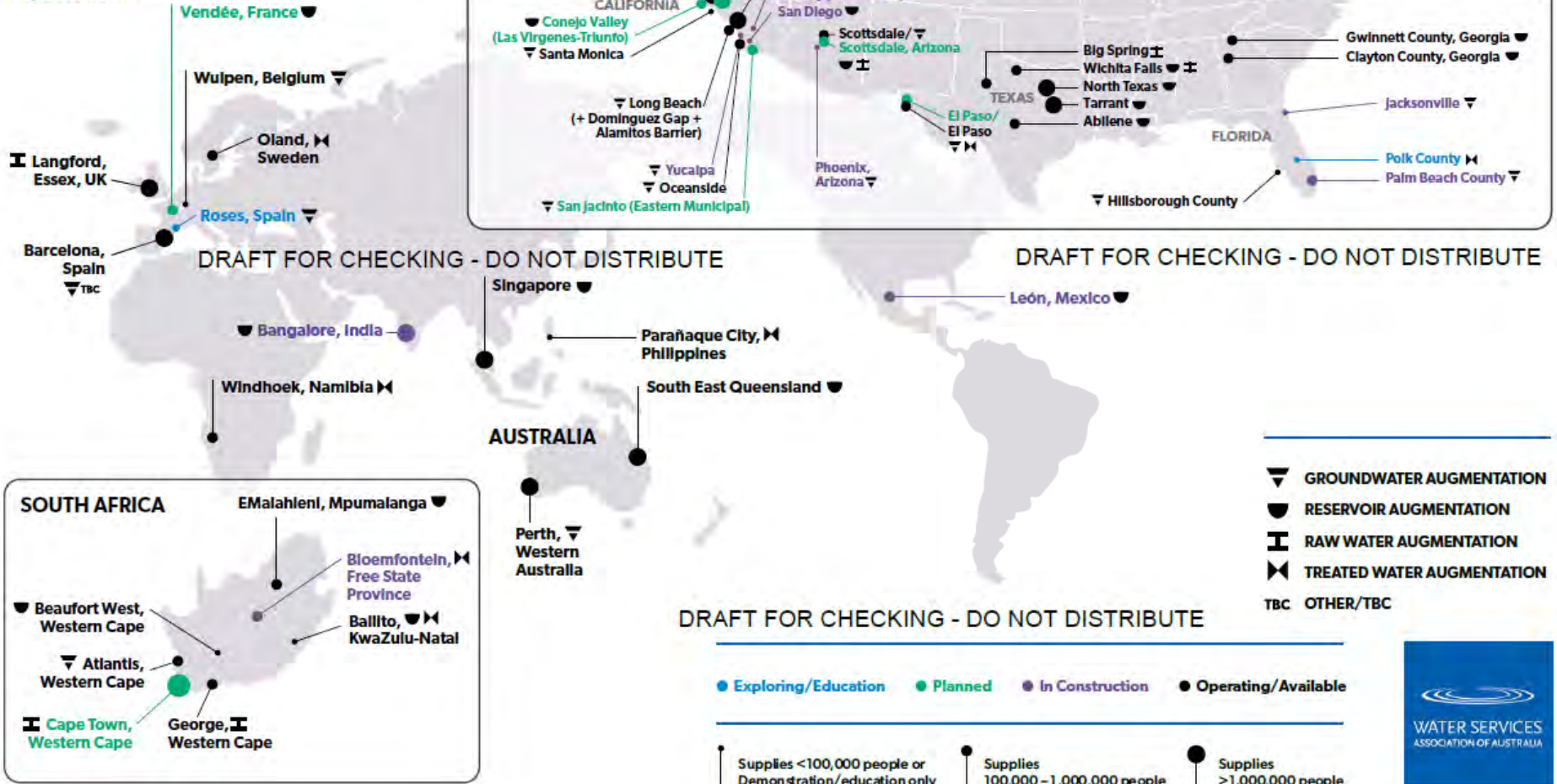
El proyecto de RPI de SAPAL es también el primer proyecto de reúso potable en América Latina registrado y certificado por la iniciativa mundial de water 360.



Global purified recycled water locations

2020s (to 2029)

August 2024 draft



PTAR AVELIN

LA PATIÑA
330 lps / 444 lps

EL MOLIN
100 lps

TANQUE AT EL VENADO
30 lps / 100 lps

300 lps / 400 lps

100 lps / 180 lps

PTAR LAS JOYAS

200 lps / 300 lps

REBOMBEO AMALIA



POTABILIZADORA 400 lps

- Físico químico +
- Flotación aire disuelto *
- Filtración +
- Ozono *
- Carbón activado *
- Luz UV *
- Cloración +

- Nano aireación *
- IA monitoreo *
- Sedimentación +
- Filtración terciaria*
- Ultrafiltración*
- Nanofiltración*
- Ozono*
- Carbón activado*



ERA JOYAS
200 LPS

- Aireación extendida *
- Nitr/Desnitrificación *
- Filtración terciaria *
- Ozono *
- Ultrafiltración*
- Nanofiltración*
- Carbón activado*



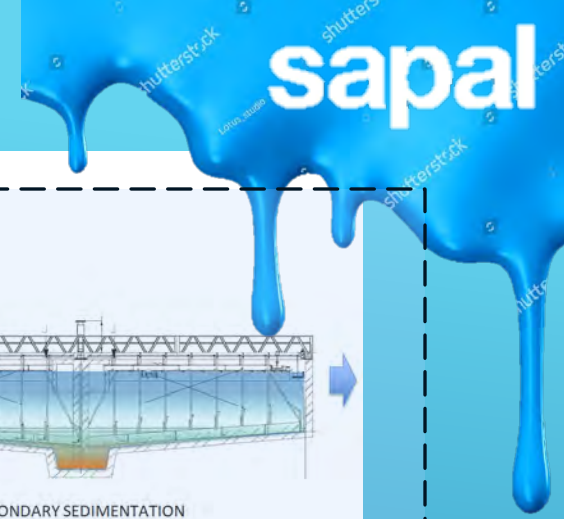
ERA DESBASTE
200 LPS



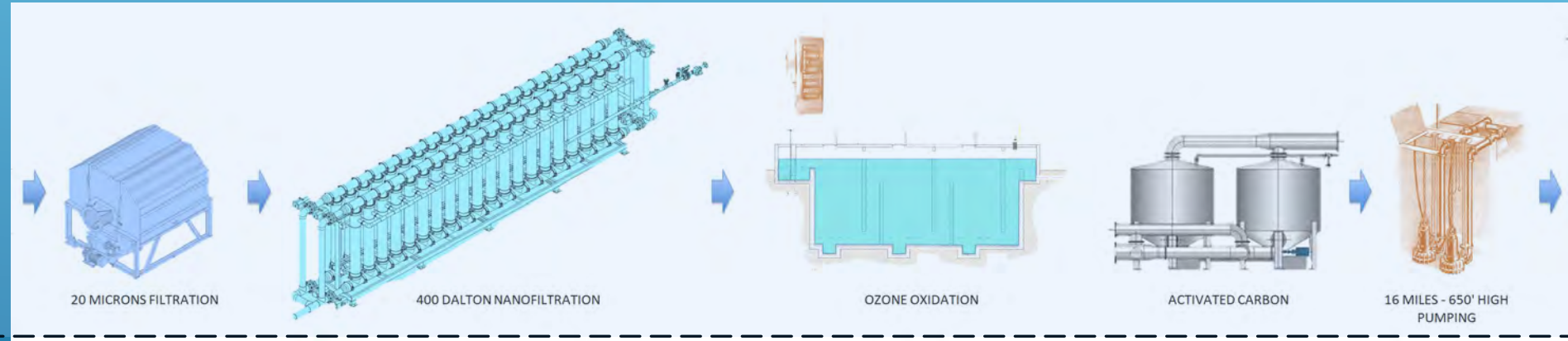
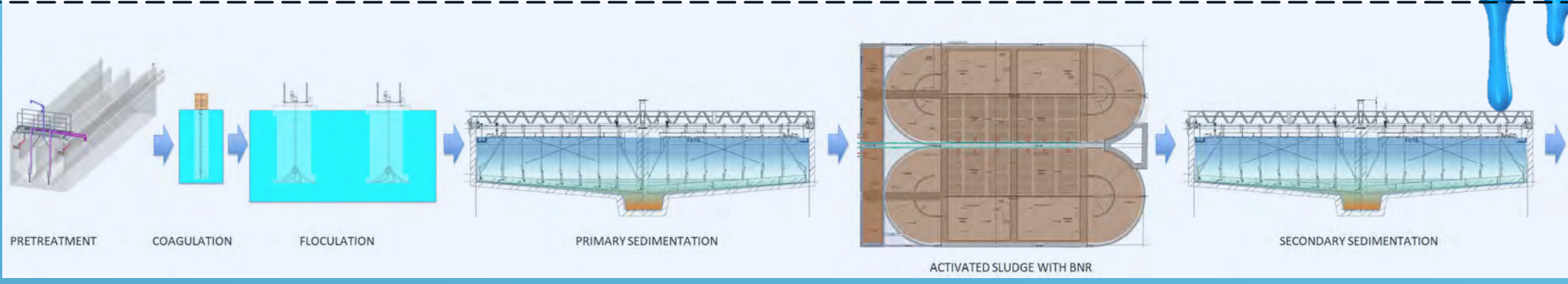
MUNICIPAL
2,500 LPS

- Pretratamiento +
- Físico químico *
- Sedimentación primaria *

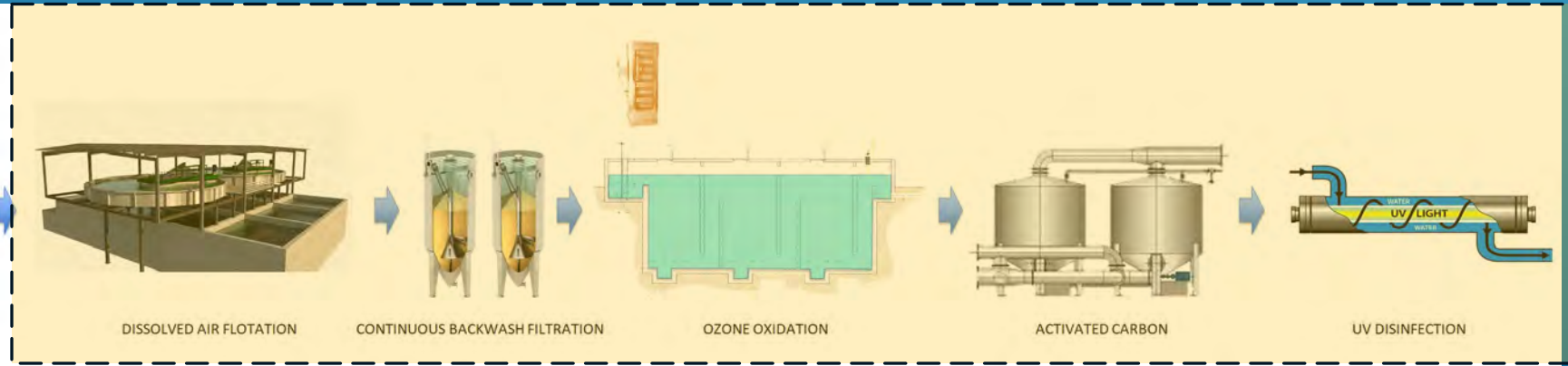
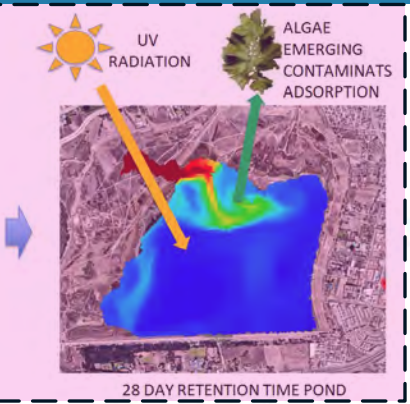
* Se implementa
+ Se modifica



ERA (ESTACION DE REGENERACION DE AGUA) MUNICIPAL



PRESA EL PALOTE



POTABILIZADORA

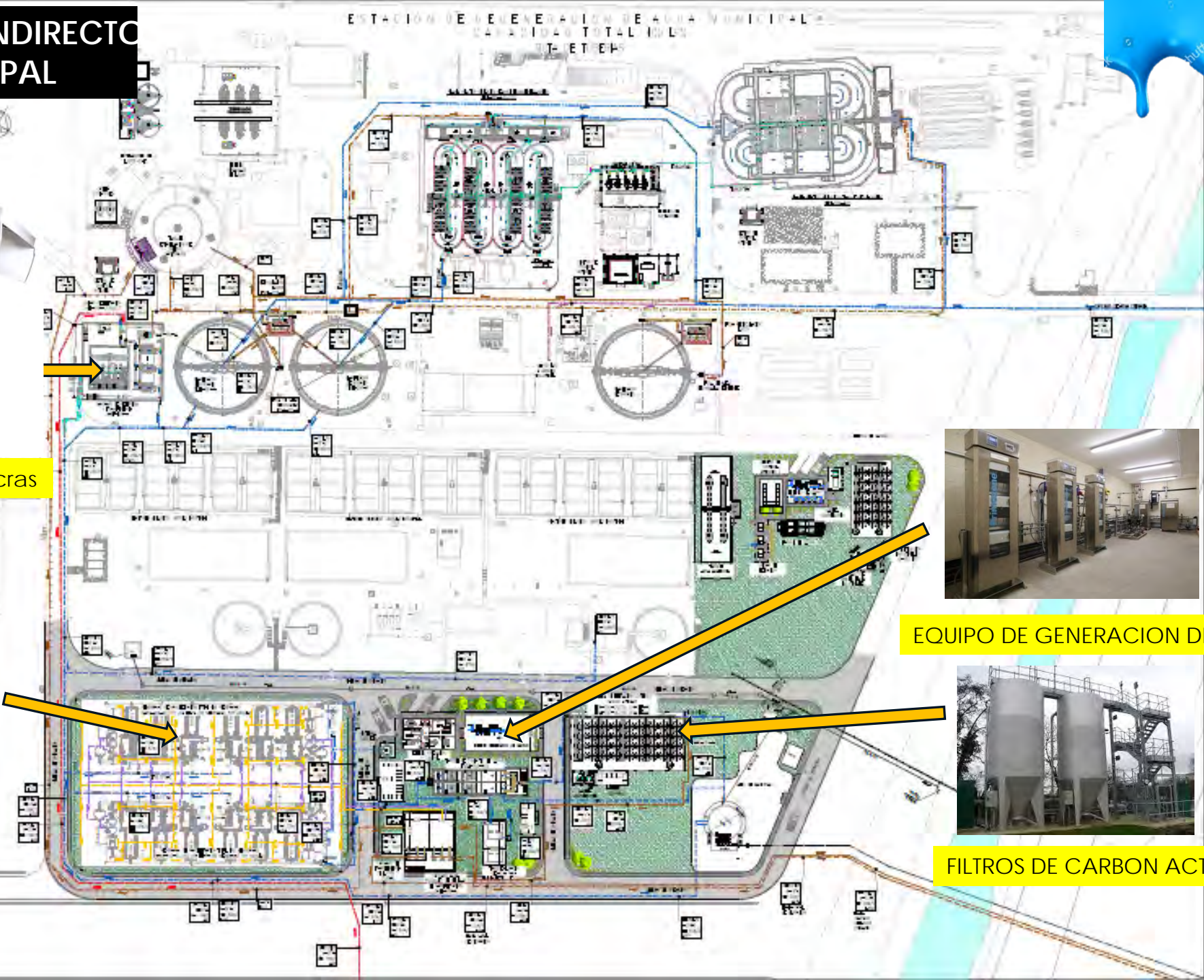
REUSO POTABLE INDIRECTO ERA MUNICIPAL



FILTROS DE MALLA 20 micras



NANOFILTRACION



EQUIPO DE GENERACION DE OZONO



FILTROS DE CARBON ACTIVADO

REUSO POTABLE INDIRECTO POTABILIZADORA



FILTROS DE ARENA



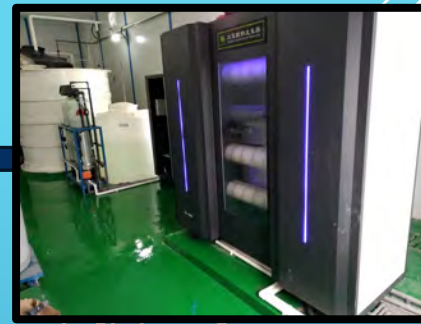
DESINFECCION UV



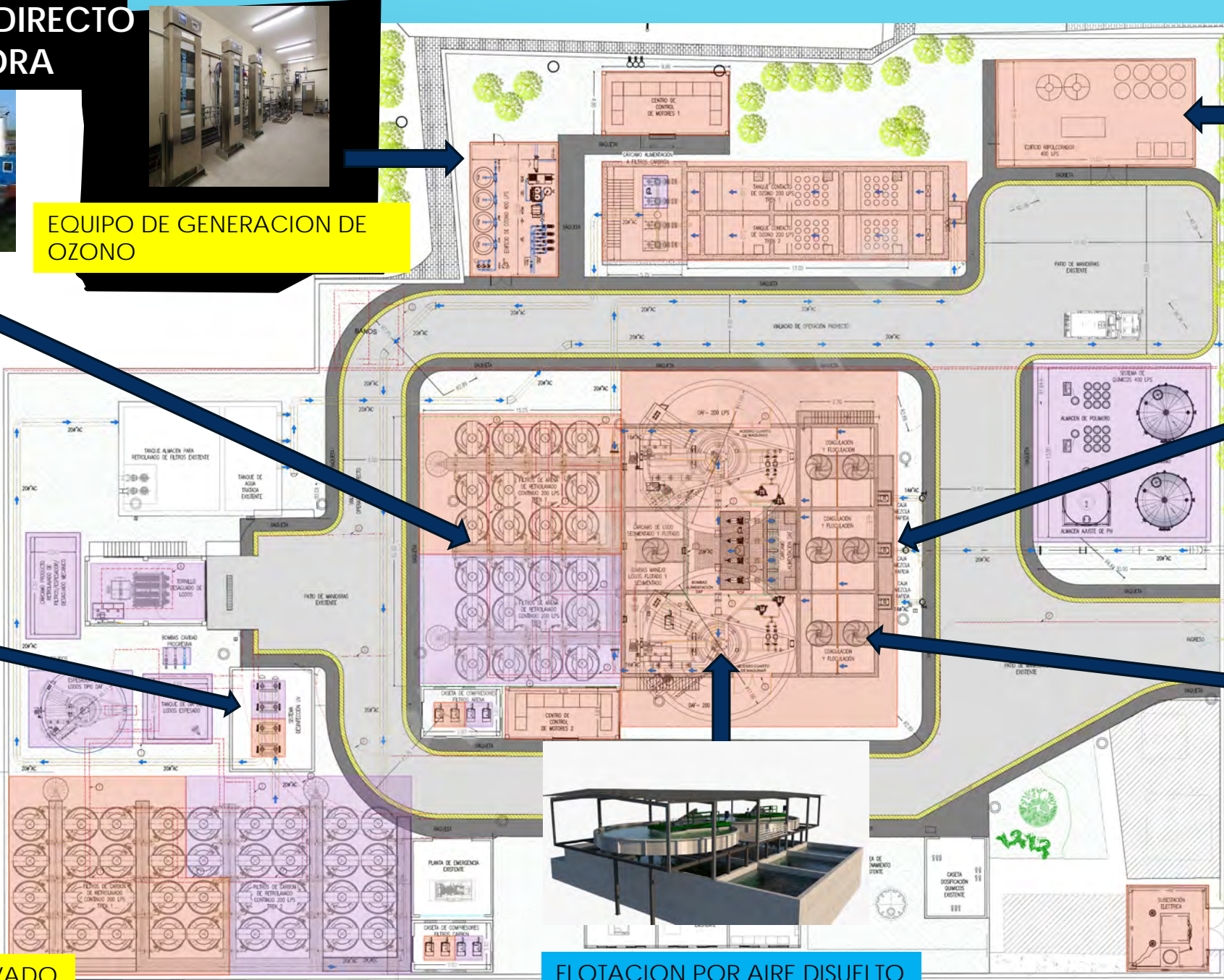
FILTROS DE CARBON ACTIVADO



EQUIPO DE GENERACION DE
OZONO



GENERADOR DE NaClO



FLOTACION POR AIRE DISUELTO



COAGULACION



FLOCULACION

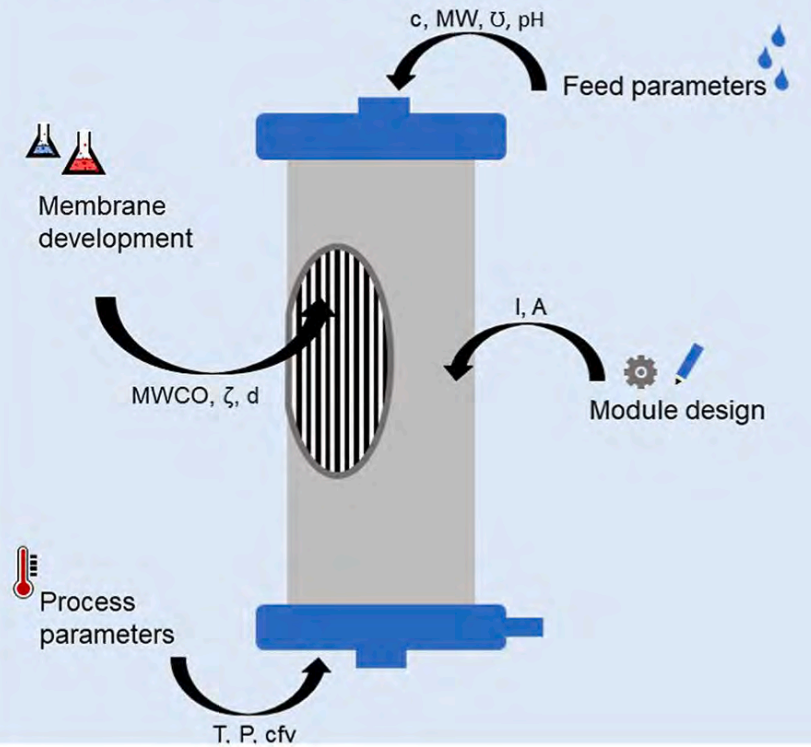


60 lts/seg = 5,184 m³/dia (15% rechazo)





Academic and commercial research on HF NF









GRACIAS

