



# Integración de tecnologías híbridas UHPRO y Evaporación forzada: Una solución innovadora y sostenible para alcanzar la mínima descarga líquida (MLD) en aguas de mina



Alvaro Quinteros Monroy



Project Development Engineer



CONGRESO ALADYR  
CHILE 2025



**Alvaro Quinteros Monroy**



Project Development Engineer



quinterosa@aquatech.com

- ✓ **Ingeniero** con más de 5 años de experiencia en las industrias minera y química
- ✓ **Especialización** en procesos de litio
- ✓ **Desarrollo** de proyectos en la división de minerales críticos de Aquatech
- ✓ **Liderazgo** en elaboración de propuestas técnicas junto a equipos de PWT (Pure Water Treatment) y ICD (Industrial Concentration Desalination)
- ✓ **Soporte técnico** en la puesta en marcha y operación de sistemas de cristalización en plantas de la región

# Sobre Aquatech



✓ Aquatech es un líder global en **soluciones tecnológicas de proceso** para el tratamiento de agua y **minerales críticos**.

✓ Diseñamos **soluciones integrales a gran escala** que respaldan importantes inversiones en infraestructura.

✓ Impulsamos **el valor de los recursos y la viabilidad de los proyectos**, fortaleciendo las cadenas de suministro y la seguridad en minerales estratégicos.



## Soluciones End-To-End

- Desarrollo de procesos
- Pruebas y validación
- Ingeniería de procesos
- Entrega completa de la instalación
- Puesta en marcha y operación
- Gestión integral de O&M y entrega de KPIs



### Algunos clientes:





# Sobre el proyecto - Niobec



## Referencia



**Ubicación:** Quebec, Canadá

**Industria:** Minería

**Solución:** MLD → ZLD

**Usuario Final:** Niobec, Inc

## Desafíos



**Gestión** de aguas de minas con altos TDS (>25,000 ppm)



**Cumplimiento** de estándares ambientales para el agua producida (TDS < 1000 mg/l, Cloruros < 750 mg/l)



**Optimizar** el sistema de evaporación



**Cero** generación de sales



**Acelerados tiempos** para ejecutar el proyecto

## Solución



**Pretratamiento eficiente** para maximizar la recuperación del sistema de RO



**Tecnologías de tratamiento de agua** para remoción de TDS y cloruros (RO)



**Tecnologías de tratamiento de soluciones concentradas** para maximizar la recuperación de agua (UHPRO y Evaporador)



**Soluciones Modularizadas**



# Fuente de Agua – Agua de mina con altos TDS



Caracterización aguas de mina de Niobec	
Flujo a tratar (m <sup>3</sup> /h)	110
Calcio (mg/l)	1794
Magnesio (mg/l)	375
Estroncio (mg/l)	250
Bario (mg/l)	2.8
Alcalinidad (mg/l)	104
Dureza total (mg/l)	6043
Carbonatos (mg/l)	1.2
Sulfatos (mg/l)	393
Sodio (mg/l)	7040
Cloruros (mg/l)	14960
<b>TDS (mg/l)</b>	<b>25735</b>
Turbidez (NTU)	18.8
pH	7.6



Proveniente de infiltraciones naturales de aguas subterráneas con alto contenido de minerales:

- Alto contenido de TDS > 25000 mg/l
- Altas concentraciones de iones incrustantes  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Ba}^{+2}$  y  $\text{Sr}^{+2}$  generan riesgo severo de **formación de sales poco solubles** ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{CaF}_2$ )



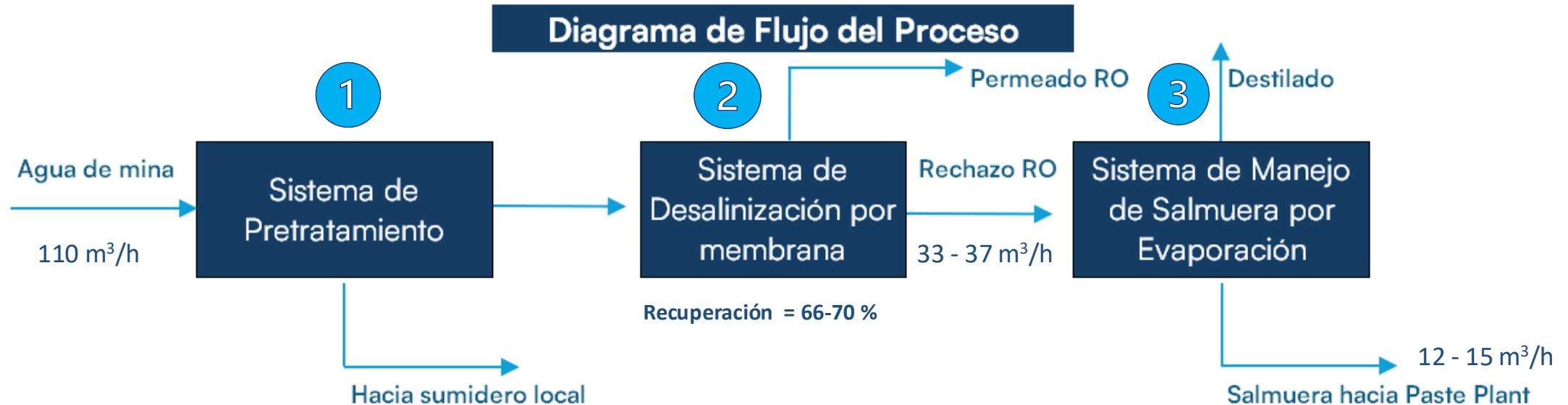
Impacto sobre el proceso de tratamiento de agua

- Sobresaturación → Incrustaciones
- Alta salinidad → Limita la recuperación por RO

# Solución - Estrategia Aquatech



## Solución de Aquatech



### Sistema de Pretratamiento

- Filtros auto limpiantes
- Filtros multimedia
- Ultrafiltración (QUA – Modelo Q-SEP UF)

### Sistema de Desalinización por membrana

- 3 etapas de osmosis inversa (RO)
  - Primera etapa: SWRO
  - Segunda y tercera etapa: UHPRO

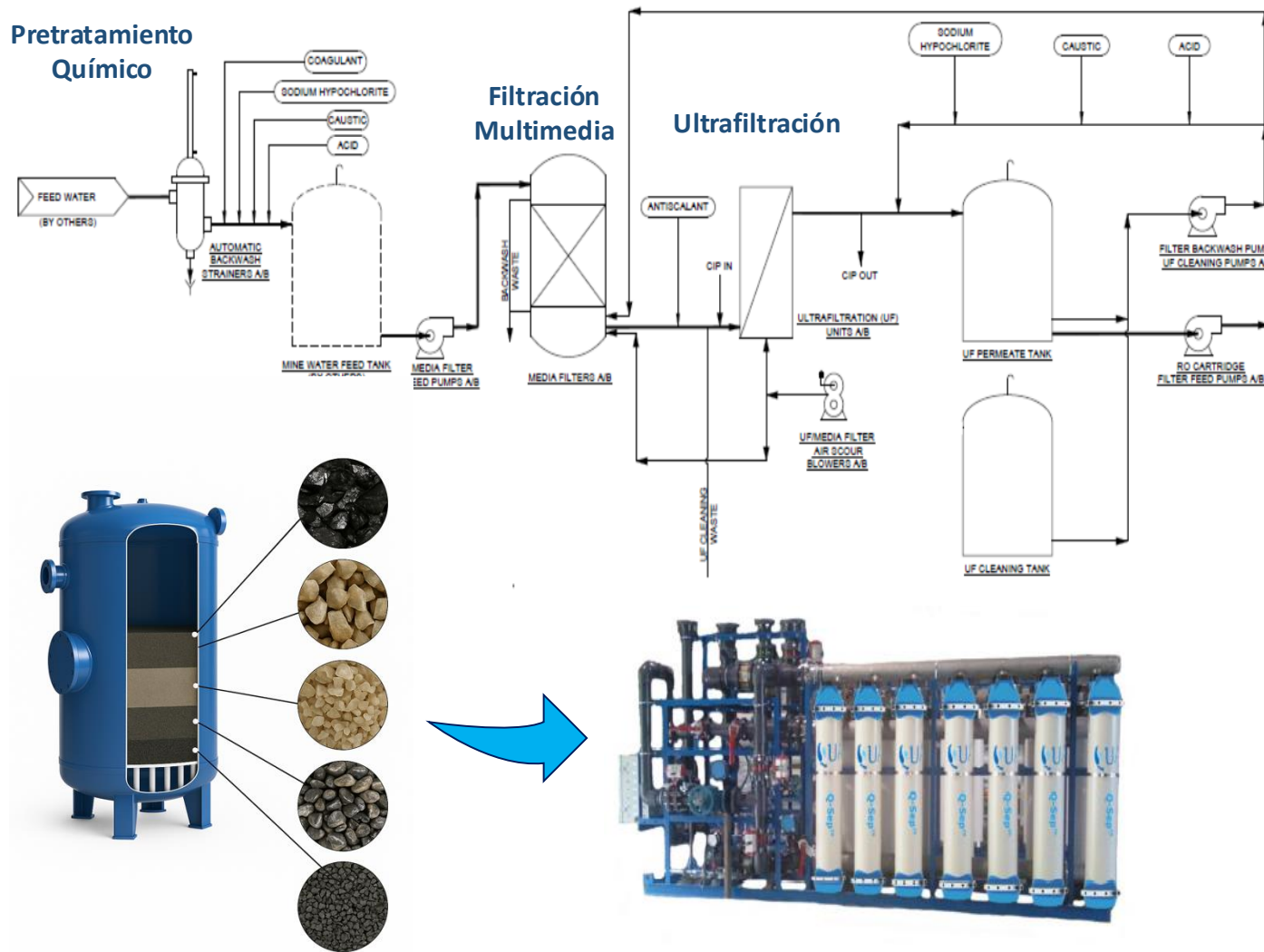
### Sistema de Manejo de salmueras por Evaporación

- 2 Etapas de Evaporadores de recirculación forzada MVR

# Solución - Estrategia Aquatech



## Estrategia de Aquatech – Sistema de Pretratamiento



### ✓ Pretratamiento Químico

- Hipoclorito de sodio
- Acido
- Soda Caustica
- Coagulante

### ✓ Filtración + Ultrafiltración

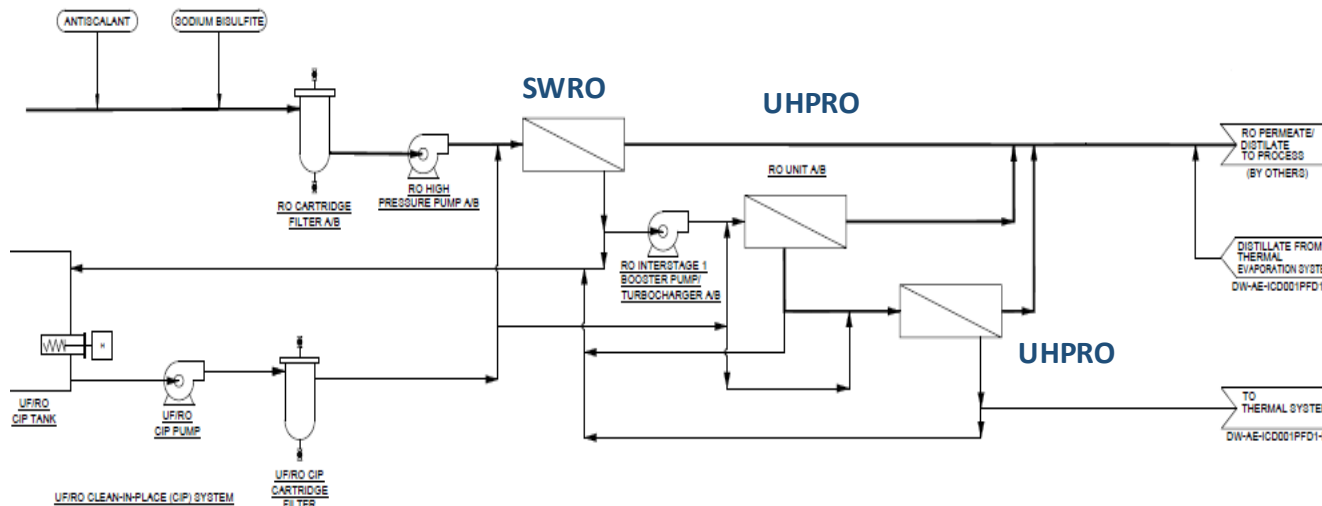
Filtración de SST, flóculos y metales precipitados

- MMF → Mayor tamaño de poro
- UF → Menor tamaño de poro

# Solución - Estrategia Aquatech



## Estrategia de Aquatech – Sistema de Desalinización por Membranas



### Consideraciones

- Sin ablandamiento químico → **CAPEX/OPEX**
- Recuperación del sistema → **66 – 70 %**, por fluctuación en agua alimentación (33-37 m<sup>3</sup>/h de rechazo al sistema de manejo de salmuera)
- SWRO ~ **1200 psig (82 bar)**
- UHPRO ~ **1740 psig (120 bar)**
- Turbocargadores → **ERD y Stage Inter Boost**

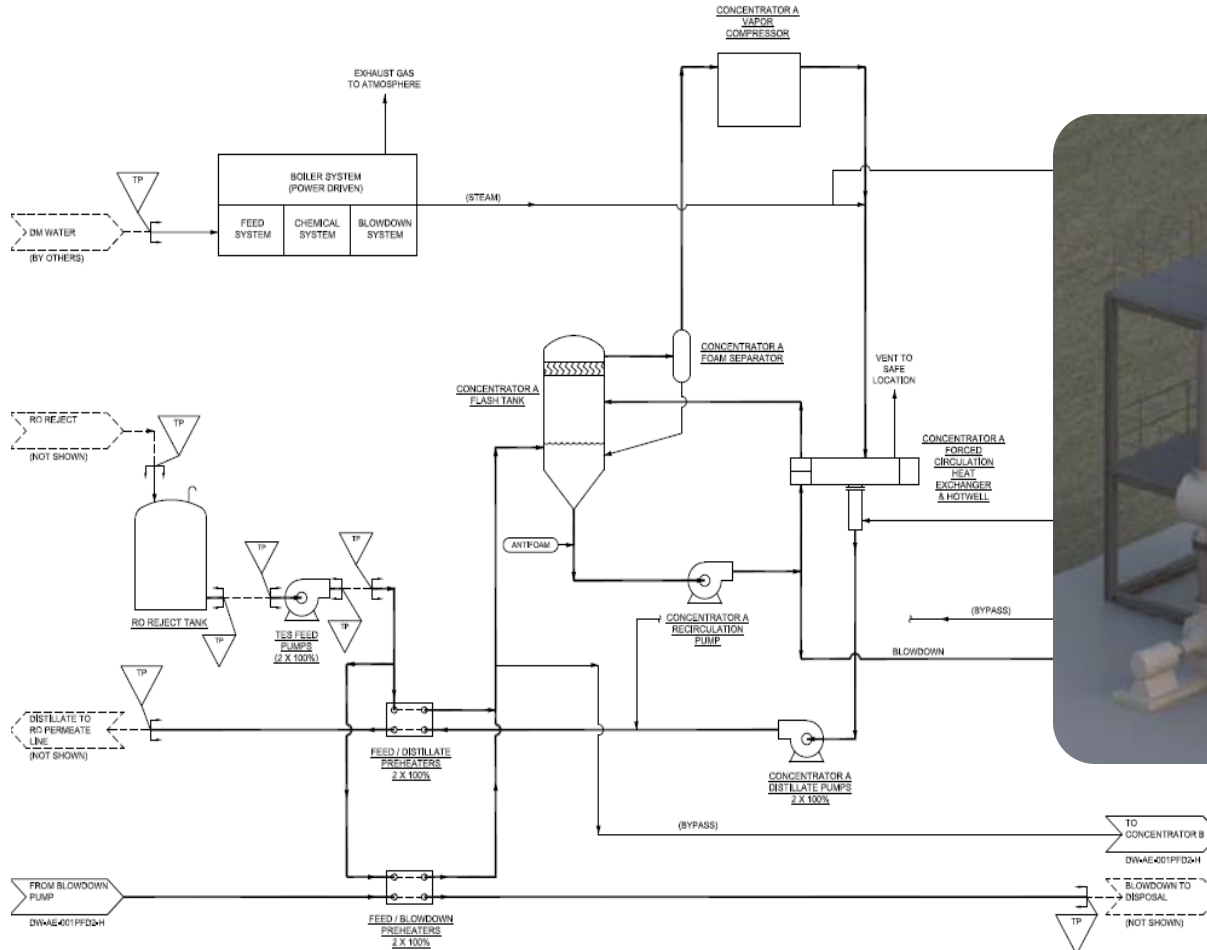




# Solución - Estrategia Aquatech



## Estrategia de Aquatech – Sistema de Manejo de Salmueras por Evaporación



### Consideraciones

- Fuerza Motriz → **MVR**
- **MVR-Driven vs Steam-Driven**
- Factor de concentración ~ **2.5**
- **Producción de destilado de alta calidad**
- Concentración salmuera = **Disminución volumen (12 – 15 m3/h)**
- Sin generación de solidos → **Control saturación NaCl**
- Salmuera concentrada hacia Paste Plant (**MLD → ZLD**)

# Resultados

## ✓ Performance SWRO/UHPRO

Sistema de Desalinización por Membrana	
Flujo alimentación (m <sup>3</sup> /h)	110
Flujo permeado (m <sup>3</sup> /h)	73 – 77
Flujo rechazo (m <sup>3</sup> /h)	33 – 37
Recuperación (%)	66 – 70
Permeado - Calidad	
Cloruros (mg/l)	< 750
TDS (mg/l)	< 1000

## ✓ Impactos SWRO/UHPRO

- **Maximización** de la recuperación de agua a través de membranas UHPRO
- **Disminución** del tamaño del Sistema de evaporación
- **Cumplimiento** de parámetros de calidad

## ✓ Performance Evaporador FC

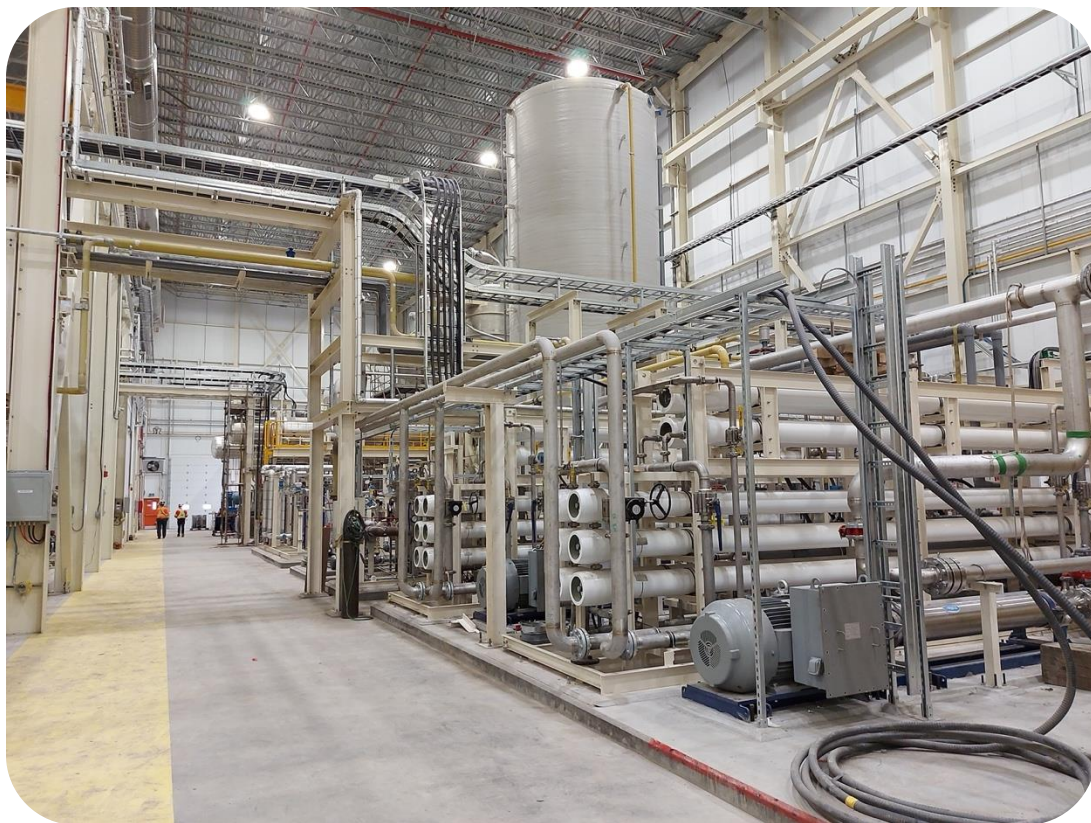
Sistema de Manejo de Salmuera por Evaporación	
Flujo alimentación (m <sup>3</sup> /h)	33 – 37
Flujo salmuera concentrada (m <sup>3</sup> /h)	12 – 15
Factor de concentración	~ 2.5
Reducción concentrado RO (%)	~ 60
Permeado - Calidad	
Cloruros (mg/l)	< 100
TDS (mg/l)	< 200

## ✓ Impactos Evaporador

- **Maximización** de la recuperación de agua por evaporación MVR
- **Reducción** en la generación de salmueras
- **MLD → ZLD**
- **Cumplimiento** de parámetros de calidad



# Proyecto Niobec



**Sistema de Desalinización por Membranas  
RACK SWRO + UHPRO**



**Sistema de Manejo de Salmuera por Evaporación  
MRV-Driven FC Evaporator**



# Proyecto Niobec



**Planta de Tratamiento de Aguas de Mina**



**Sistema de Manejo de Salmuera por Evaporación  
MRV-Driven FC Evaporator**



# Referencias desalinización, aguas residuales y minerales críticos



## United States & Canada

Deer Park Energy\* (54MLD)  
Orascom Iowa\* I & II (24MLD)  
Sabine Pass\* I, II, III, IV (30MLD)  
Salt River Project (83MLD)  
Puerto Rico Electric\* (8MLD)  
Brazos Electric\* Multiple Projects (45MLD)  
MEG Energy\* (17MLD)  
Tenaska\* (34MLD)  
Pastoria (28 MLD)  
Calpine Corp.\* Multiple Projects (274 MLD)  
Kemper (5 MLD)  
Chevron REG (0.4 MLD)  
Fulcrum Sierra Biofuels (1 MLD)  
Oxy 1PointFive Stratos (6 MLD)  
Lithium Americas  
Controlled Thermal Resources

## Europe

ENEL (Italy)\* (11 MLD)  
Ras Laffan Petro\* (23 MLD)  
Spalding Energy (19 MLD)  
Winnington (13 MLD)  
Italsider (11 MLD)  
H2Green Steel (56 MLD)

## China

Shenhua Ningxia Coal\* (66 MLD)  
CNOOC & Shell Petro. (29 MLD)  
China Huadian (29 MLD)  
ChinaCoal Xian\* (19 MLD)  
Inner Mongolia Huineng Coal (6 MLD)

## India

GWIL (270 MLD)  
CGPL\* (25 MLD)  
Nirma-I\* (15 MLD)  
Nirma-II\* (16 MLD)  
CEPL\* (38 MLD)  
HMDA\* (55 MLD)  
RIL\* (186 MLD)  
MIAL\* (10 MLD)  
Tata Steel (25 MLD)  
HPCL Mittal (64 MLD)  
Serum Institute of India\* (5 MLD)

## South America

Bechtel Chile LTDA (142 MLD)  
Petroleum Co. of Trinidad & Tobago (24 MLD)  
Compania Mega SA (2 MLD)  
Continental Gold Buritica (14 MLD)  
Water-en Energiebedrijf (36 MLD)  
Lithium Client - Argentina

## Middle East & Africa

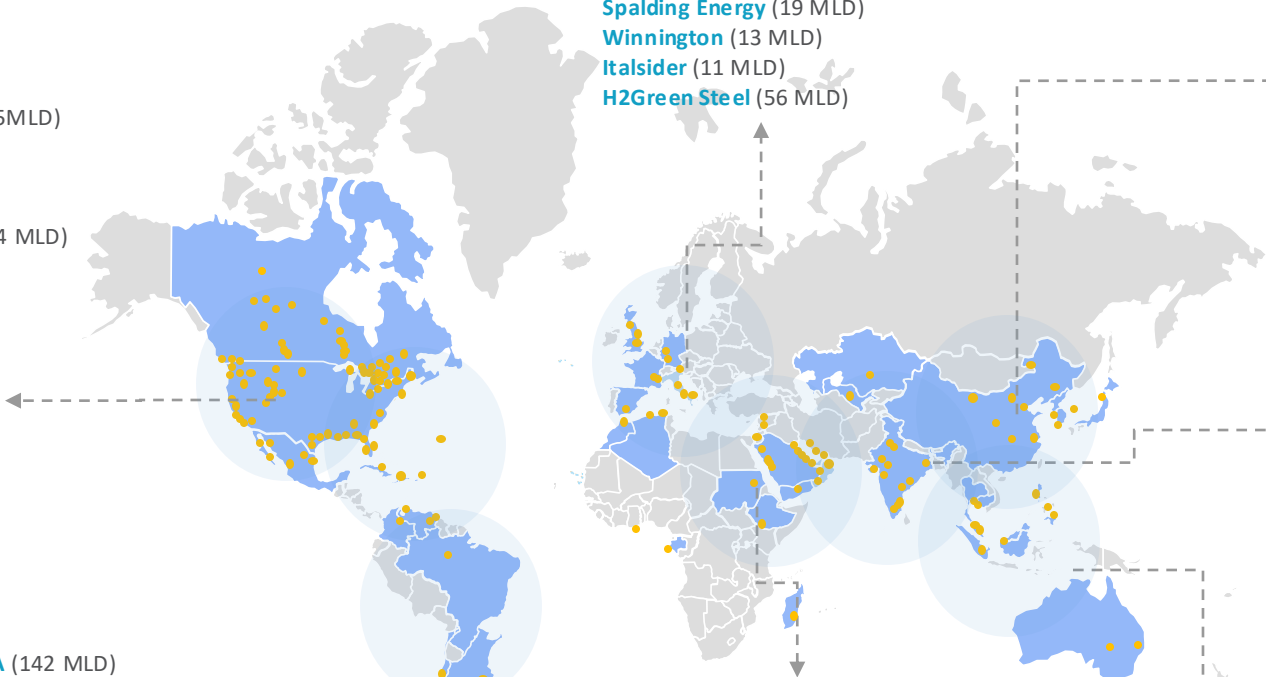
Oman Oil\* (20 MLD)  
Aramco\* (195 MLD)  
KOC Kuwait (32 MLD)  
Mukhaizna Oman (141 MLD)  
Shell (Qatar) (26 MLD)  
FEWA (UAE) (68 MLD)  
Egyptian Ethylene & Derivatives Co.\* (26MLD)

## Middle East & Africa

Sete Energy Saudia (4 MLD)  
SCECO (46 MLD)  
Jeddah Airport (KSA) (45 MLD)  
DMSA Madagascar (85 MLD)  
Aegean Refinery\* (12 MLD)  
Petro Development Oman\* (11 MLD)

## Southeast Asia

Pertamina (99 MLD)  
JEWEL Singapore (30 MLD)  
Shell Thailand (10 MLD)  
LG Electronics Korea (25 MLD)



# Conclusión



- ✓ **Flexibilidad tecnológica** - Integración de ósmosis inversa de ultra alta presión (UHPRO) y evaporación térmica para tratar aguas de mina altamente contaminadas.
- ✓ **Metas cumplidas** - Producción de agua pura dentro de los límites solicitados y cumplimiento de objetivos de sustentabilidad del cliente.
- ✓ **Eficiencia operativa** - Reducción significativa del volumen de salmuera, disminuyendo CAPEX y OPEX del sistema total.
- ✓ **Innovación comprobada** - Primera planta en América del Norte con UHPRO en minería; puesta en marcha exitosa en 2022.

Permeado – Calidad Actuales – 2025 – Sistema de Desalinización por Membranas	
Cloruros (mg/l)	< 300 – 360 <b>Meta &lt; 750</b>
TDS (mg/l)	< 445 - 600 <b>Meta &lt; 1000</b>

Permeado – Calidad Actuales – 2025 – Sistema de Manejo de Salmuera por Evaporación	
Cloruros (mg/l)	< 1 <b>Meta &lt; 100</b>
TDS (mg/l)	< 50 <b>Meta &lt; 200</b>

- ✓ **Sostenibilidad**- Permite alcanzar ZLD/MLD (Descarga Líquida Cero o Mínima), asegurando operación responsable y cumplimiento ambiental.





# Integración de tecnologías híbridas UHPRO y Evaporación forzada: Una solución innovadora y sostenible para alcanzar la mínima descarga líquida (MLD) en aguas de mina



Alvaro Quinteros Monroy



Project Development Engineer



CONGRESO ALADYR  
CHILE 2025