

Consultoría Independiente NF-UHPRO: Experiencia en Selección e Implementación para DLE

⚡ Propuesta de Valor Única: Consultor Independiente con Experiencia Real

- **Experiencia comprobada:** Grandes plantas desaladoras + Proyecto NF-UHPRO Taltal en desarrollo
- **Neutralidad tecnológica:** Evaluación objetiva de TODOS los proveedores del mercado
- **Conocimiento del mercado:** Participé en evaluación de Saltworks, Gradiant, BW Waters y otros
- **Sin conflicto de interés:** No vendo equipos, protejo los intereses del cliente

Evaluación Selección Implementación Optimización



Contexto Crítico de Antofagasta

Agua: Derechos hasta \$68M por L/s | **Permisos:** 985 días promedio EIA | **Solución NF-UHPRO:** 43% recuperación de agua

El Desafío de SQM

Concentrar eluato DLE de 2,000 a 3,510 ppm Li requiere tecnología NF-UHPRO.

¿Cómo seleccionar el proveedor correcto entre múltiples opciones?

La respuesta: Consultoría independiente con experiencia real de evaluación.

UHPRO Global: China y USA Lideran la Implementación Industrial

China: Líder Mundial en Escala y Economía Circular

110,000

Toneladas/año
Capacidad instalada Qinghai

>95%

Plantas usando tecnología
Jiuwu Hi-tech

200,000

m³/día Tianjin Dagang
Simbiosis industrial

Proyectos Emblemáticos Chinos

- **Qinghai Salt Lake Lanke Lithium:** 20,000-30,000 tpa carbonato de litio grado batería
- **Sistema integrado:** Adsorción selectiva + membranas de alta presión
- **Tianjin Dagang:** MED-RO integrado, calor residual + producción de sal
- **CHN Energy Ningxia:** MLD con 95% recuperación antes de ZLD térmico

Estados Unidos: Innovación en DLE y Coproducción

Proyecto	Ubicación	Tecnología	Escala/Estado
Standard Lithium	Arkansas (Smackover)	DLE + concentración	16.4M gal procesados desde 2020
Salton Sea Projects	California	Geotérmico + DLE + UHPRO	600,000 ton/año potencial
BHE Renewables	Imperial Valley, CA	Coproducción Li-energía	35,000 tpa proyectado
Saltworks Instalaciones	California (múltiple)	FusionRO (NF-UHPRO)	Operativo comercial

Proyectos DLE-Membranas Validados Comercialmente (2024-2025)

- **Thacker Pass (Lithium Americas)**: 40,000 tpa Li_2CO_3 - Arcillas con tren de membranas integrado
- **Hell's Kitchen (CTR)**: 27,000 tpa LiOH grado batería - Salmuera geotérmica con DLE
- **Hombre Muerto (Río Tinto)**: Expansión 20,000 tpa LCE - Planta híbrida DLE

Nota: Estos proyectos confirman que DLE→Membranas→Cristalización es el nuevo estándar industrial

Lecciones Clave del Mercado Global

- ✓ **China**: Demuestra viabilidad de UHPRO a escala masiva con integración industrial
- ✓ **USA**: Valida modelo DLE-UHPRO continuo y coproducción con geotermia

- ✓ **Tecnología probada:** No es experimental, es comercialmente operativa
- ✓ **Costos validados:** \$3,500-4,500/t LCE en operación (China)

UHPRO en Sudamérica: Evolución de Pilotos a Escala Industrial

Chile: Madurez en ZLD Minero y Transición a UHPRO

Sistemas ZLD Operativos

- **Codelco (Molibdeno):**
ZLD con RO + cristalizador MVR
Valorización sales para deshielo
- **Molymet:**
Sistema híbrido RO + térmico
Validación con pilotos en sitio

Desarrollos UHPRO

- **Fluence - Planta Piloto:**
UHPRO/HPNF modular
Para Triángulo del Litio
- **Proyecto Taltal:**
Primera UHPRO industrial (no piloto)
En implementación con BW Waters

Investigación y Desarrollo

- **Universidad de Chile - Proyecto LiSa:** Membranas hidrofóbicas, 40% recuperación agua (laboratorio)
- **Desaladora Atacama:** Mayor planta municipal, 1,200 L/s, gestión avanzada salmuera
- **ALADYR:** Fundada en Antofagasta, facilita transferencia tecnológica regional

Argentina: Innovación en DLE

Proyectos DLE con Potencial UHPRO

Lithium Argentina:

- Planta demo 5,000 tpa operativa
- Extracción por solventes
- Reducción 1/3 superficie piscinas

Biometallum:

- Bio-adsorción revolucionaria
- >50% aislamiento Li (lab)
- Prototipo en construcción

Proyecto Confidencial Sudamérica (2024):

- Sistema modularizado completo en implementación
- Concentración de LiCl al 6% con membranas
- Valida viabilidad técnica-económica en la región

Múltiples pilotos DLE activos en el Triángulo del Litio

Posicionamiento Estratégico Regional

"Taltal representa la transición de Sudamérica de pilotos a implementación industrial de UHPRO,

aprovechando la experiencia regional en ZLD y el boom del litio"

Licitación Internacional NF-UHPRO Taltal: Mi Experiencia en Evaluación Competitiva

Proceso de Evaluación de 6 Meses con Líderes Mundiales

6 meses

Proceso técnico-comercial completo

4

Proveedores líderes mundiales evaluados

\$2-4M

Rango de precios sistema 100 m³/h



ACLARACIÓN FUNDAMENTAL: NF-UHPRO es Tecnología de Mercado, NO una Marca

La Tecnología:

- **NF-UHPRO (Nanofiltración + Ultra-High Pressure RO)** es un proceso tecnológico abierto
- Membranas de 120 bar fabricadas por múltiples proveedores (DuPont, LG Chem, etc.)

Los Integradores:

- BW Waters, Saltworks, Gradiant son **integradores de sistemas**
- Compiten en diseño, eficiencia y precio de integración

- Tecnología disponible en el mercado global
- BW Waters ganó Taltal por mejor propuesta integral, no por tecnología exclusiva

Por tanto: Uso datos de BW Waters porque ganaron una licitación competitiva, no por preferencia tecnológica

Evaluación Detallada de Proveedores Globales - Tabla Comparativa Completa

Proveedor	Presión	TDS Máx	Validación Comercial	Estado
Saltworks	120 bar	130,000 mg/L	Refinador Li operando	Evaluado
Gradiant	<80 bar	260,000 mg/L	Pilotos mineros	Evaluado
BW Waters	120 bar	90,000 mg/L	Taltal (2026)	Adjudicado ✓
Fluence	Variable	Variable	Plantas piloto región	No participó

Estrategia del Análisis: Baseline de Costos vs. Robustez Operativa

Para este análisis económico, he utilizado los datos de costos de **BW Waters**. La razón es simple: su propuesta fue la ganadora en una licitación real que supervisé, dándonos una **base de costos conservadora y validada por el mercado**.

Sin embargo, como asesor de SQM, mi prioridad es la **máxima confiabilidad operativa**. Tecnologías como la de **Saltworks**, que ya opera a 130,000 mg/L en una aplicación similar, ofrecen una robustez técnica superior que debe ser considerada.

Mi rol en la FASE 0 será precisamente cuantificar esta relación costo/riesgo: forzar a los proveedores a competir para determinar el costo real de la solución más robusta para el eluato de SQM, asegurando no solo el mejor precio, sino la operación más segura a largo plazo.

BW WATERS - Adjudicado ✓

Tecnología: NF-UHPRO 120 bar | **Experiencia:** Global en desalinización

Fortaleza clave: Mejor propuesta técnico-económica para condiciones Taltal

Datos OPEX validados: Propuesta incluye consumibles detallados

Estado actual: Adjudicación Q4 2025, supervisaré implementación 2026

SALTWORKS - Tecnología Validada Comercialmente

Tecnología: FusionRO (NF-UHPRO híbrido) | **TDS máx:** 130,000 mg/L

VALIDACIÓN CRÍTICA: Operando en refinador de litio líder

Confirma: NF-UHPRO es el estándar de la industria para concentración DLE

GRADIENT - Evaluado

Tecnología: CFRO <80 bar | **TDS máx:** >260,000 mg/L

Fortaleza: Opera a menor presión, menores costos | **Experiencia:** Proyectos mineros

Valor de la Experiencia de Evaluación Competitiva

- Conocimiento de precios reales del mercado (no lista de precios)
- Comprensión de fortalezas/debilidades técnicas de cada sistema
- Capacidad de negociación basada en alternativas reales
- Red de contactos con TODOS los proveedores principales
- Base para análisis:** Costos reales validados, no estimaciones teóricas

Criterios de Evaluación Aplicados

Técnica (40%): Capacidad TDS, presión operación, eficiencia energética

Económica (35%): CAPEX, OPEX, costo ciclo de vida

Experiencia (25%): Referencias similares, soporte local, garantías

**Esta experiencia real evaluando a los líderes mundiales
me permite ofrecer a SQM una selección verdaderamente objetiva e
informada**

Sistema Integrado NF-UHPRO: El Pretratamiento NF es CRÍTICO para DLE



ALERTA TÉCNICA CRÍTICA

RIESGO SIN NF

- Mg^{2+} , Ca^{2+} → Scaling severo
- Sílice → Fouling irreversible
- Cation bridging → Falla catastrófica
- Vida útil membranas: 3-6 meses
- Pérdida total de la inversión

SOLUCIÓN CON NF

- NF remueve 95% divalentes
- Protección contra scaling
- Membranas UHPRO protegidas
- Vida útil: 12-24 meses
- Operación estable y rentable

El pretratamiento NF NO es opcional - es un REQUISITO CRÍTICO PARA LA MISIÓN

VALIDACIÓN COMERCIAL PROBADA

Saltworks FusionRO (NF-UHPRO híbrido)

✓ Operando comercialmente en refinador de litio líder

- ✓ Procesando >130,000 mg/L TDS
- ✓ El estándar de la industria para concentración DLE

Integración en el Proceso DLE de SQM

BALANCE MÁSICO COMPLETO DEL SISTEMA

ENTRADA DLE

**5,150 m³/día @ 2,000 ppm Li
(10,300 kg Li/día)**



NF + 6 MÓDULOS UHPRO

Recuperación: 43% del agua

NF crítico para protección membranas

CONCENTRADO

2,935 m³/día

AGUA LIMPIA

2,215 m³/día

@ 3,510 ppm Li
(10,300 kg Li/día)

Agua para reciclo
(Reciclo a DLE)



MVR REDUCIDO 43%



Benchmark Global: Selectividad DLE y su Impacto en Membranas

Tecnologías DLE Modernas

- Selectividad Li/Mg: >95%
- Rechazo Ca²⁺: >95%
- Concentración Li: 2,000-6,000 ppm

Impacto en NF-UHPRO

- Vida útil membranas: +50% con mejor eluato
- Potencial eliminación precipitación química
- Ahorro adicional: hasta \$500/ton LCE

La calidad del eluato DLE es crítica para la optimización total del sistema

Parámetros Críticos de Diseño NF-UHPRO

120 bar

Presión operación
Validada globalmente

43%

Recuperación agua
Para reciclo DLE

4.71

kWh/m³
SEC con ERDs

\$34M

Ahorro CAPEX
en evaporador

Ahorro en Agua - Valor Crítico en Antofagasta

Sin NF-UHPRO: 1,875,000 m³/año agua nueva requerida para elución DLE

Con NF-UHPRO: 1,067,000 m³/año (43% reciclaje)

Ahorro anual: 808,000 m³/año - Crítico donde derechos de agua cuestan hasta \$68M/L/s

Beneficios de la Asesoría Independiente en NF-UHPRO

- ✓ Selección objetiva entre Saltworks, Gradiant, BW Waters, Fluence u otros
- ✓ Diseño optimizado para características específicas del eluato DLE
- ✓ Integración eficiente con cualquier tecnología DLE seleccionada
- ✓ Flexibilidad para cambiar o mejorar con distintos proveedores

Base de Diseño del Caso de Estudio DLE-NF-UHPRO

Parámetros Técnicos para Análisis Económico

Objetivo de Producción

20,000

tpa LCE

54.8

ton/día LCE

10.3

ton/día Li metal

Tabla Principal de Diseño

Parámetro	Valor
Objetivo Producción	20,000 tpa LCE
Flujo DLE requerido	5,150 m ³ /día
Concentración Li	2,000 ppm

Sistema integrado	NF + UHPRO
Módulos UHPRO	6 (5 operativos + 1 standby)
Factor utilización	73%
TDS máximo (tecnología probada en mercado)	130,000 mg/L*

*Nota: El caso base económico se modela con tecnología de 90,000 mg/L para establecer un baseline de costos conservador. La selección final apuntará a la tecnología más robusta disponible para el eluato de SQM.

Tabla de Sensibilidad

Escenario	Flujo DLE	Li (ppm)	Módulos	CAPEX NF-UHPRO
Conservador	6,200 m ³ /día	1,700	7-8	\$8.5-9.5M
Base	5,150 m³/día	2,000	6	\$7.5M
Optimista	4,300 m ³ /día	2,400	5	\$6.25M
DLE Alta Selectividad	5,150 m ³ /día	2,000 (Ca/Mg <50)	6	\$7.5M*

*Con DLE de alta selectividad (>95% rechazo Ca/Mg), el OPEX puede reducirse hasta \$500/ton LCE adicionales por eliminación de precipitación química, validado en proyectos comerciales recientes.

Especificaciones Módulo NF-UHPRO

Tecnología: BW Waters NF-UHPRO

Capacidad unitaria:

- Input: 36 m³/h (858 m³/día)
- Output concentrado: 20.5 m³/h
- Recuperación: 43% del agua

Presión operación: 120 bar

SEC con ERDs: 4.71 kWh/m³

Configuración del Sistema

Módulos requeridos:

$$5,150 \text{ m}^3/\text{día} \div 858 \text{ m}^3/\text{día} = 6.0$$

Configuración práctica:

6 módulos NF-UHPRO

(5 operativos + 1 standby/redundancia)

Factor de utilización: 73% con redundancia

Balance Másico Detallado por Módulo

ENTRADA

858 m³/día

@ 2,000 ppm Li

1,716 kg Li/día

CONCENTRADO

489 m³/día

@ 3,510 ppm Li

1,716 kg Li/día

AGUA RECUPERADA

369 m³/día

Para reciclo a DLE

43% del input

\$7.5M

CAPEX NF-UHPRO
(6 módulos)

\$2.94M/año

OPEX NF-UHPRO
Validado BW Waters

43%

Reducción flujo
a evaporador

\$34M

Ahorro CAPEX
en MVR

Justificación del Caso Base

El caso base de 5,150 m³/día @ 2,000 ppm Li representa un escenario conservador-medio basado en experiencias reales de DLE en Smackover y proyectos sudamericanos.
Los ahorros calculados son robustos dentro del rango de variación esperado.

Por Qué un Consultor Independiente es Crítico para el Éxito NF-UHPRO

Ventajas sobre Proveedores Directos

- **Sin sesgo tecnológico:** Recomiendo lo mejor, no lo que vendo
- **Evaluación multi-proveedor:** Comparación real, no teórica
- **Protección del cliente:** Superviso cumplimiento de garantías
- **Flexibilidad total:** Puedo cambiar estrategia si es necesario

Conocimiento del Mercado Real

- **Precios reales:** De licitación Taltal, no de lista
- **Performance real:** Qué prometen vs qué entregan
- **Riesgos ocultos:** Problemas que no mencionan
- **Benchmarking:** Comparación continua entre tecnologías

Matriz de Evaluación de Proveedores NF-UHPRO

Criterio

Saltworks

Gradiant

BW Waters

Fluence

Sistema/Integración	Integrador FusionRO (NF + UHPRO)	Integrador CFRO (Membranas <80 bar)	Integrador NF-UHPRO (Membranas 120 bar)	Modular UHPRO/HPNF (Piloto)
TDS máximo	130,000 mg/L	>260,000 mg/L	90,000 mg/L	Variable
Experiencia regional	Plantas piloto	Proyectos mineros	Taltal (nuevo)	Triángulo del Litio
Rango OPEX anual	\$2.5-3M/año (est.)	\$2.2-2.8M/año (menor presión)	\$2.94M/año (validado)	Variable
Evaluación Taltal	Participó ✓	Participó ✓	Adjudicado ✓✓	No participó

Mi Valor Diferencial

"Conozco las fortalezas y debilidades REALES de cada proveedor porque los evalué todos. Puedo negociar mejor porque ellos saben que conozco las alternativas. Protejo los intereses de SQM, no los del proveedor."

Servicios de Consultoría Independiente para Implementación NF-UHPRO

FASE 1: SELECCIÓN TECNOLOGÍA ÓPTIMA (Mes 1-2)

- Caracterización detallada del eluato DLE de SQM
- RFP técnico basado en experiencia real de Taltal
- Evaluación objetiva de propuestas (Saltworks, Gradiant, BW Waters, otros)
- **Análisis OPEX detallado con datos reales de proveedores (no estimaciones)**
- Análisis TCO (Total Cost of Ownership) real, no teórico
- **Validación crítica del pretratamiento NF para prevenir cation bridging**
- **Evaluación de tecnologías ERD: Isobáricos vs Turbochargers**
- **Análisis vida útil membranas con química específica del eluato**
- Benchmark de selectividad del DLE actual vs mejores prácticas globales (>95%)
- Análisis de potencial eliminación de precipitación química (hasta -\$500/ton LCE)
- **Evaluación de configuraciones alternativas: IX-NF vs NF-UHPRO directo**
- **Cuantificación del valor real del agua de elución recuperada en contexto local**
- Negociación con poder - los proveedores saben que conozco alternativas

Entregable: Recomendación objetiva del mejor proveedor para SQM

FASE 2: GESTIÓN DE IMPLEMENTACIÓN (Mes 3-8)

- Supervisión independiente del proveedor seleccionado
- Revisión crítica de ingeniería de detalle
- Control de cumplimiento de especificaciones y garantías
- Coordinación con proveedor DLE para integración óptima

- Gestión de cambios sin conflicto de interés

Entregable: Sistema NF-UHPRO instalado cumpliendo especificaciones

FASE 3: OPTIMIZACIÓN Y TROUBLESHOOTING (Mes 9-12)

- Commissioning con experiencia multi-tecnología
- Benchmarking con otras instalaciones globales
- Plan B con proveedores alternativos si hay problemas
- Optimización basada en mejores prácticas de todos los proveedores
- Transferencia de conocimiento al equipo SQM

Entregable: Sistema optimizado y equipo capacitado

Mi Independencia Total: Sin Ataduras Tecnológicas

"Como consultor independiente, puedo trabajar con CUALQUIER integrador NF-UHPRO.

Hoy presento datos de BW Waters porque ganaron competitivamente en Taltal.

Mañana puedo recomendar Saltworks, Grariant o cualquier otro si es mejor para SQM.

Mi éxito = El mejor resultado para SQM, no la selección de un proveedor específico."

Modelo de Colaboración Flexible

Consultoría Completa
Desde selección hasta
optimización

Solo Selección
Evaluación y recomendación
Fee fijo por entregable

Supervisión Técnica
Oversight de implementación
Protección de intereses

Fee mensual + success fee
Máxima protección para SQM

SQM gestiona implementación

Fee por milestone

Red de Contactos Establecida

Saltworks: Relación desde licitación Taltal | **Gradiant:** Conocimiento de su tecnología CFRO | **BW Waters:** Trabajando actualmente | **Fluence:** Acceso a plantas piloto | **Energy Recovery:** ERDs críticos | **DuPont/LG:** Membranas especializadas

Metodología y Supuestos del Análisis Económico

Justificación del CAPEX del Evaporador MVR

Factores de Costo MVR en Chile - Base \$95M

Factor	Impacto	Justificación
Base Equipment (FOB)	\$60M	Evaporador estándar para 5,150 m ³ /día
Impuestos Importación Chile	+\$15M (+25%)	6% arancel + 19% IVA sobre CIF
Factor Complejidad Salmuera DLE	+\$12M	Alto BPE por Mg/Ca requiere diseño especial
Riesgo País/Cronograma	+\$8M	40% sobrecosto promedio en minería chilena
TOTAL ESTIMADO	\$95M	Clase 5 AACE (-30%/+50%)

Rango real: \$65M - \$140M

Sin caracterización precisa del eluato, el riesgo de error es enorme

Clasificación de Estimados según AACE International

Este análisis utiliza los estándares de la **Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE)**

para transparentar el nivel de precisión de cada estimado de costos

Elemento	Clase AACE	Precisión	Base
Sistema NF-UHPRO	Clase 4	-15% a +30%	Cotizaciones Taltal + Validación comercial
Evaporador MVR Grande	Clase 5	-30% a +50%	Justificado arriba
Evaporador MVR Chico	Clase 5	-30% a +50%	Factor escala 0.6
OPEX NF-UHPRO	Clase 3-4	-10% a +20%	Datos validados BW Waters Incluye pretratamiento NF

Validación del CAPEX \$95M - Múltiples Fuentes

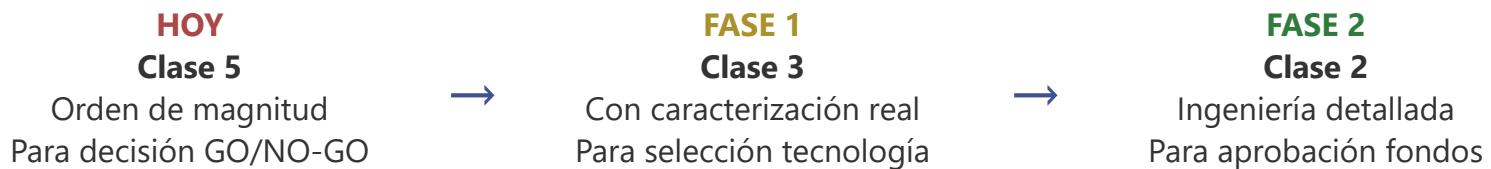
Fuente/Método

Valor Estimado

Base de Cálculo

Benchmark Industrial Global	\$86-107M	$\$20k/m^3/\text{día} \times 5,150 \times \text{factor Chile } 1.58$
Escalamiento desde Planta Existente	\$92M	Planta 100 m ³ /h en USA \$30M × (5.15) ^{0.6} × 1.58
Base de Datos Richardson	\$88-110M	MVR 215 ton/h, materiales SS316L, Chile
CONSENSO	\$95M ± 30%	Promedio ponderado Clase 5 AACE

Mi Valor Como Consultor: Evolución de la Precisión



Sensibilidad al BPE (Boiling Point Elevation)

El BPE del eluato DLE puede variar dramáticamente según concentraciones de Mg²⁺ y Ca²⁺

Cada 1°C de BPE adicional = +5-10% en CAPEX del evaporador

Sin caracterización precisa, el diseño podría estar subdimensionado o sobredimensionado

Conclusión del Análisis de Orden de Magnitud

Incluso con la máxima incertidumbre (+50% en MVR, -30% en ahorros), el caso NF-UHPRO mantiene un ahorro mínimo de \$12M en CAPEX. Esto justifica plenamente invertir en un estudio detallado (Fase 1).

Análisis Económico: ROI de la Consultoría Independiente

COMPARACIÓN DE ESCENARIOS DLE (20,000 tpa LCE) - COSTOS TOTALES TRANSPARENTES

Concepto	DLE → MVR Grande	DLE → NF-UHPRO → MVR Chico	Ahorro
CAPEX			
Sistema UHPRO base	\$0	\$6.75M	-
Pretratamiento NF	\$0	\$0.75M	-
Total Sistema NF-UHPRO	\$0	\$7.5M	-
Evaporador MVR	\$95M	\$61M	-
CAPEX Total	\$95M	\$68.5M	-\$26.5M (-28%)
OPEX ANUAL			
UHPRO operación	\$0	\$2.79M	-

NF pretratamiento	\$0	\$0.15M	-
Total NF-UHPRO	\$0	\$2.94M	-
MVR	\$20.85M	\$11.83M	-
OPEX Total	\$20.85M	\$14.77M	-\$6.08M/año (-29%)
TOTAL 10 AÑOS	\$320M	\$226M	-\$94M (-29%)

Nota de Transparencia: Costos incluyen sistema NF completo - No hay costos ocultos

COMPARACIÓN VISUAL DE ESCENARIOS

SIN NF-UHPRO

DLE: 5,150 m³/día



MVR GRANDE
\$95M CAPEX
\$20.85M/año

CON NF-UHPRO

DLE: 5,150 m³/día



NF-UHPRO: \$2.94M/año
Recupera 43% agua
Incluye NF crítico





TOTAL: \$320M/10años

MVR CHICO

\$61M CAPEX

\$11.83M/año



TOTAL: \$226M/10años

AHORRO: \$94M (29%)

Análisis de OPEX: Desglose Detallado y Comparativo

OPEX NF-UHPRO (6 módulos @ \$490k/módulo) - INCLUYE PRETRATAMIENTO

Distribución de Costos

Energía: \$624k/año (21%)

Membranas UHPRO: \$342k/año (12%)

Sistema NF (pretratamiento): \$150k/año (5%)

Químicos NF: \$35k/año (1%)

Mantenimiento: \$180k/año (6%)

Mano obra: \$1,609k/año (55%)

Métricas Clave

TOTAL: \$2.94M/año

Por ton LCE: \$147/t

Por m³ procesado: \$1.56/m³

✓ Incluye NF crítico

OPEX MVR Actualizado

Concepto	Sin NF-UHPRO (5,150 m ³ /día)	Con NF-UHPRO (2,935 m ³ /día)	Ahorro
Energía (80 kWh/m ³)	\$18.0M/año	\$10.3M/año	-\$7.7M
Mantenimiento (3% CAPEX)	\$2.85M/año	\$1.83M/año	-\$1.02M
TOTAL MVR	\$20.85M/año	\$11.83M/año	-\$9.02M/año

Comparación Total del Sistema

Sin NF-UHPRO: MVR Grande = \$20.85M/año

Con NF-UHPRO: NF-UHPRO (\$2.94M) + MVR Chico (\$11.83M) = \$14.77M/año

Ahorro neto OPEX: \$6.08M/año (29%)



Potencial de Optimización con DLE de Alta Selectividad

Caso Base Presentado

\$2.94M/año

OPEX NF-UHPRO estándar
Incluye precipitación química

Con DLE >95% Selectividad

\$2.44M/año

Eliminación precipitación: -\$500/ton
Menor fouling membranas: -\$150k/año
17% reducción adicional

Nota: Optimización validada en proyectos comerciales 2024-2025

Análisis de Sensibilidad: Robustez del Caso NF-UHPRO

Sensibilidad Vida Útil Membranas - IMPACTO DEL PRETRATAMIENTO NF

Condición	Vida Útil	Impacto OPEX	Riesgo Operacional
Con NF óptima	12-24 meses	Base	Operación estable
NF subóptima	9 meses	+\$19k/año	Riesgo medio
Sin NF	3-6 meses	+\$342k/año	FALLA CATASTRÓFICA

**Sin pretratamiento NF, el cation bridging destruye las membranas UHPRO
El sistema se vuelve INVIABLE económica y operacionalmente**

Impacto de la Calidad del Eluato DLE en Costos

Calidad Eluato	Ca/Mg (ppm)	Tratamiento Requerido	Impacto OPEX
----------------	-------------	-----------------------	--------------

Estándar	500-1,000	Precipitación completa	Base
Mejorado	100-500	NF simple + química parcial	-\$200/ton LCE
Alta Selectividad	<50	Directo a NF-UHPRO	-\$500/ton LCE

Fuente: Validación en proyectos comerciales DLE-Membranas 2024

Sensibilidad al Precio de Electricidad

Precio \$/MWh	OPEX NF-UHPRO	OPEX MVR	Diferencial
\$90	\$2.47M	\$16.9M	\$14.4M
\$120	\$2.94M	\$20.85M	\$17.9M
\$150	\$3.41M	\$26.1M	\$22.7M

Robustez del Caso Económico

¿Qué pasa si el MVR cuesta menos?

MVR = \$65M

Ahorro: \$12M

ROI: 2,400%

MVR = \$95M (base)

Ahorro: \$26.5M

ROI: 5,300%

MVR = \$125M

Ahorro: \$41M

ROI: 8,200%

Conclusión: Rentable en TODOS los escenarios posibles

Zona de Decisión - Break-Even Analysis

Conclusión: No existe escenario realista donde MVR sea más económico que NF-UHPRO

Justificación Técnica: Cálculos de Ingeniería Validados

Cálculo Ahorro Evaporador

Sin NF-UHPRO: 5,150 m³/día → CAPEX = \$95M

Con NF-UHPRO: 2,935 m³/día (43% menos)

CAPEX = \$95M × (2,935/5,150)^{0.6} = \$61M

Ahorro CAPEX: \$34M



Validación Global de la Arquitectura DLE-Membranas

40,000

tpa en construcción
(Thacker Pass)

27,000

tpa en desarrollo
(Hell's Kitchen)

20,000

tpa en expansión
(Hombre Muerto)

87,000 tpa totales validan: DLE → Membranas → Cristalización mínima

Decisiones de Ingeniería Críticas

Tecnología ERD (Recuperación de Energía) - Decisión Clave

OPCIÓN A: Recuperadores Isobáricos

- Eficiencia: >97%
- Complejidad: Alta (requiere booster pump)
- Ideal si: Costo energía es crítico largo plazo

OPCIÓN B: Turbochargers

- Eficiencia: 92-94%
- Complejidad: Baja
- Ideal si: Simplicidad operativa prioritaria

Mi valor: Análisis TCO completo para determinar la mejor opción para SQM

Balance de Agua

Sin NF-UHPRO: 1,875,000 m³/año agua nueva

Con NF-UHPRO: 1,067,000 m³/año (43% reciclaje)

Ahorro: 808,000 m³/año

Valor en Antofagasta: Crítico (hasta \$68M/L/s)

Validación Comercial

**Tecnología validada: Saltworks FusionRO (NF-UHPRO híbrido)
operando comercialmente en refinador de litio líder,
alcanzando >130,000 mg/L TDS con pretratamiento NF integrado**

Consumo Energético

NF-UHPRO con ERDs

Consumo específico: 4.71 kWh/m³
Volumen anual: 1,879,750 m³/año
Energía total: 8,853,623 kWh/año
Con ERDs: 43% recuperación agua

Evaporador MVR

Consumo específico: 80 kWh/m³
Sin NF-UHPRO: 150,375,000 kWh/año
Con NF-UHPRO: 85,693,000 kWh/año
Reducción: 43% menos energía

Alineación con Objetivos Estratégicos de SQM

Sostenibilidad y ESG

NF-UHPRO + MVR Eléctrico vs MEE Térmico

Beneficios Ambientales

- ✓ Reducción huella carbono: -40%
- ✓ Independencia de combustibles fósiles
- ✓ Alineado con matriz renovable Chile
- ✓ Menor consumo de agua (-43%)

Cumplimiento Regulatorio

- ✓ Anticipación a regulaciones futuras
- ✓ Mejora score ESG corporativo
- ✓ Acceso a financiamiento verde
- ✓ Licencia social fortalecida

Resiliencia Operacional

-43%

Menor dependencia
de agua fresca

4

Proveedores validados
Sin lock-in tecnológico

100%

Tecnología probada
comercialmente

-40%

Reducción
huella carbono

Flexibilidad ante Cambios del Mercado

Múltiples proveedores: Saltworks, Grariant, BW Waters, otros

Sin dependencia: Puedo cambiar o mejorar con distintos proveedores

Evolución continua: Incorporación de mejoras tecnológicas futuras

Inversión en el Futuro

**NF-UHPRO no es solo una solución técnica,
es una inversión estratégica en sostenibilidad,
resiliencia y liderazgo tecnológico en la industria del litio**

Sincronización de Proyectos: Taltal Real y Caso Hipotético SQM

Proyecto Taltal NF-UHPRO - Cronograma Real en Desarrollo

Proyecto Taltal (BW Waters) - En Curso

Q4 2025:

- Adjudicación
- Inicio de proyecto
- Kick-off meeting

Q1 2026:

- Ingeniería completa
- Especificaciones finales
- Orden de equipos

Q3 2026:

- Fabricación completa
- FAT completado
- Envío a sitio

Q4 2026:

OPERATIVO
Commissioning completo
Datos reales disponibles

Caso Hipotético: Si SQM Decidiera Implementar NF-UHPRO

Aprovechando la experiencia y datos reales de Taltal

Q4 2026 - Q1 2027:**EVALUACIÓN CON DATOS REALES**

- Análisis resultados Taltal
- RFP optimizado
- Selección informada

Q2-Q3 2027:**IMPLEMENTACIÓN ACELERADA**

- Diseño validado
- Fabricación e instalación
- Menos riesgo técnico

Q4 2027 - Q1 2028:**PUESTA EN MARCHA**

Commissioning optimizado
Basado en lecciones Taltal

Ventaja Estratégica de la Sincronización

"Esperar los resultados de Taltal Q4 2026 permite a SQM tomar una decisión completamente informada con datos operacionales reales, no proyecciones"

Reducción de Tiempos con Experiencia Validada

Sin experiencia Taltal

18-24 meses típicos

**Con datos Taltal**

12-15 meses posibles

Conclusiones: El Valor de la Consultoría Independiente NF-UHPRO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMPACTO

SIN CONSULTORÍA INDEPENDIENTE

- Selección sin competencia real
- Riesgo de sobredimensionamiento
- Atado a un solo proveedor
- Sin validación de garantías

Riesgo: +30-50% sobrecosto

CON EVALUACIÓN COMPETITIVA

- 4+ proveedores evaluados
- Diseño optimizado para DLE
- Flexibilidad tecnológica
- Supervisión independiente

Beneficio: \$94M ahorro validado

La diferencia: Experiencia real en evaluación competitiva NF-UHPRO

Valor Diferencial Comprobado

"Experiencia real evaluando Saltworks, Gradiant, BW Waters y otros
Conocimiento de precios reales de licitación, no de lista
Independencia total para recomendar la mejor solución para SQM"

Garantías ✓

- ✓ Evaluación objetiva de TODOS los proveedores
- ✓ Precios negociados, no de lista
- ✓ Supervisión independiente sin conflictos
- ✓ Flexibilidad para cambiar si es necesario
- ✓ Transferencia de conocimiento real
- ✓ Ahorro verificable de \$94M en TCO

Riesgos Mitigados X

- X Quedar atado a una tecnología inadecuada
- X Pagar sobreprecios por falta de alternativas
- X Descubrir problemas sin poder cambiar
- X Depender de un solo proveedor
- X Perder garantías por falta de supervisión
- X Falla catastrófica por no usar NF

Mensaje Técnico Crítico

- ✓ **El pretratamiento NF NO es opcional:** Es un requisito crítico validado comercialmente
- ✓ **Saltworks FusionRO lo confirma:** NF-UHPRO híbrido operando en refinador líder
- ✓ **Sin NF = Falla catastrófica:** Cation bridging destruye membranas en 3-6 meses

✓ **Mi valor:** Garantizo la implementación correcta del sistema completo

Mi Compromiso

Los datos presentados son reales y validados.

En la Fase 1 de consultoría, obtendré cotizaciones actualizadas de TODOS los proveedores específicamente para las condiciones de SQM, garantizando una evaluación 100% objetiva.

Mi éxito se mide por el éxito de SQM, no por la selección de un proveedor específico.

Experiencia + Validación

Desalinización

Grandes plantas
SWRO operativas

Licitación Taltal

Evaluación
competitiva
real de NF-UHPRO

Implementación

Supervisión actual
proyecto BW Waters

Validación

Saltworks FusionRO
operando
comercialmente

Tendencia Global

100,000+ tpa
validados en
DLE+Membranas

La arquitectura DLE→NF-UHPRO→MVR no es experimental:

Es el estándar validado por >100,000 tpa en proyectos comerciales 2024-2025.

Mi rol es garantizar que SQM implemente la mejor versión de este estándar.

Próximos Pasos

1. FASE 0: Validación

Caracterizar SU eluato DLE
Pruebas con múltiples
membranas

**Piloto 3-6 meses = Certeza
total**

2. Propuesta Detallada

Alcance de servicios
Cronograma implementación
Estructura de fees

3. Inicio Q1 2025

RFP a proveedores
Evaluación competitiva
Selección óptima

CONTACTO | Consultoría Independiente NF-UHPRO con Experiencia Real

Nota: Esta propuesta se basa en experiencia real de evaluación competitiva en la licitación del proyecto NF-UHPRO Taltal, donde participaron los principales proveedores globales. Los datos de OPEX están validados con la propuesta técnica de BW Waters e incluyen el sistema de pretratamiento NF crítico. La tecnología NF-UHPRO está validada comercialmente por Saltworks FusionRO operando en refinador de litio líder alcanzando >130,000 mg/L TDS. Como consultor independiente, mantengo relaciones profesionales con todos los proveedores y puedo trabajar objetivamente con cualquiera de ellos según las necesidades específicas del cliente.

