

Seminario Water Security for Mining Industry 2026

Cada m^3 cuenta...
Cómo el control de polvo libera agua para el futuro
de la minería.

Preparado por: Lisandro Palma G.
VEOLIA WTS
Septiembre 2026

Soluciones de ingeniería química para una
minería sin emisiones y eficiente en agua.



FOCOS DE GENERACIÓN DE POLVO EN LA

Mapeo de la vulnerabilidad operacional ante el polvo

El polvo fugitivo y el derroche de agua no ocurren en un solo lugar. Afectan toda la cadena de valor de la mina.



La Anatomía de las Emisiones Mineras

Airflect airflow

Chemical intervention map

**Estudio de Mejores Prácticas (Australia)
de Administración Ambiental en Minería**

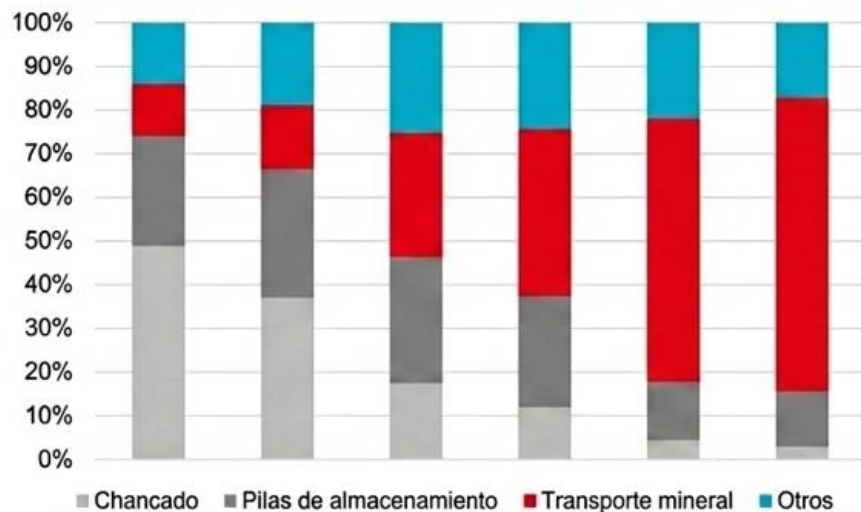
**Sistemas de Correas
Transportadoras: 0 a 60%**

Pilas de Almacenamiento: 10 a 30%

Chancado: 1 a 15%

Caminos Mineros: 10 a 20%

Contribución % a MP10 Total - Minas Chilenas



(*) Estudio del Servicio Evaluación Ambiental de Chile.

El polvo fugitivo no se queda en la planta. Las partículas menores a 10 micras escapan fácilmente de las instalaciones, convirtiendo el transporte de mineral en el principal campo de batalla.

TECNOLOGÍA QUÍMICA VEOLIA COMO ACELERADOR

La tecnología como acelerador del camino

Nuestro objetivo estratégico es transformar la gestión del polvo de un gasto operativo a una inversión en eficiencia hídrica.

Objetivos

- Optimizar el uso de agua en correas transportadoras
- Aumentar eficiencia mediante tecnología, equipos y aplicación
- Controlar y reducir polución

VEOLIA
Tecnología
Química Veolia



Beneficios al Proceso

- Reducir uso de agua en transporte de mineral y caminos
- Control de contaminación por sílice fugitiva
- Mayor contención de emisión en diques de cola y pretilos
- Seguridad en terreno

La Paradoja del Status Quo: Fuerza Bruta vs. Eficiencia



¿Cómo logramos cero polvo fugitivo utilizando solo una fracción del agua?

La Física del Polvo: Tres Palancas de Control

$$\text{Polvo Generado} \propto \frac{\text{Velocidad del Aire}}{(\text{Tamaño de las partículas} \times \text{Cohesión})}$$



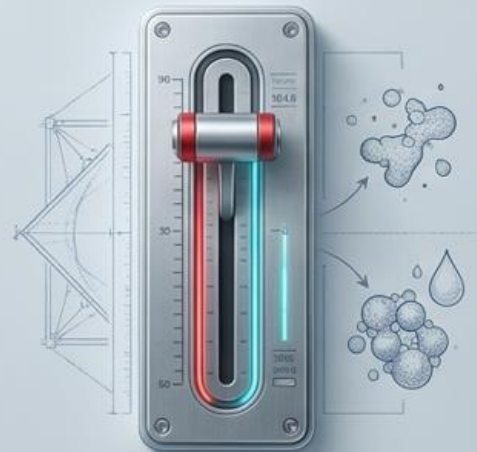
Palanca 1: Reducir Velocidad del Aire

Limitar la corriente de aire que arrastra las partículas finas fuera del flujo principal.



Palanca 2: Aumentar el Tamaño

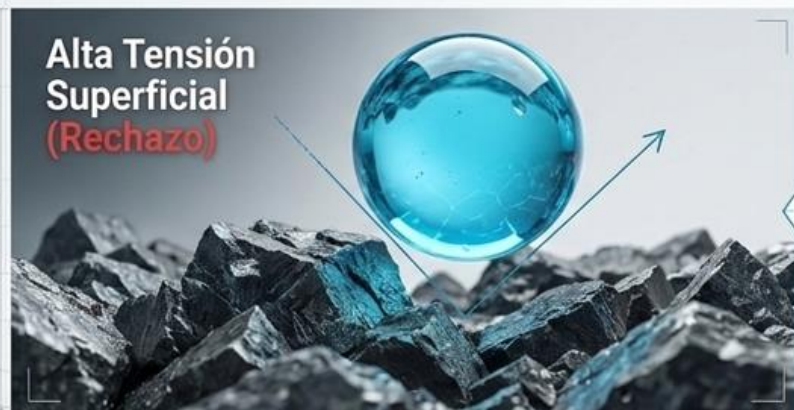
Aglomerar partículas. El polvo respirable (<10 micras) debe ganar masa para caer por gravedad.



Palanca 3: Aumentar la Cohesión

Lograr que las partículas se adhieran entre sí o a gotas de humedad para retornar al flujo de mineral.

El Enemigo Invisible: La Hidrofobicidad



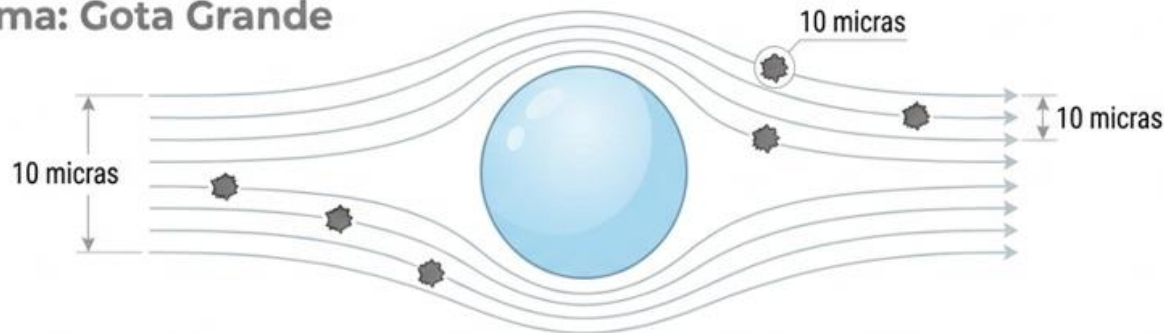
Los minerales sulfurados son naturalmente hidrofóbicos; repelen el agua.

La Revelación Científica:

Rociar agua pura es científicamente ineficiente: el agua y el polvo simplemente no se mezclan. Para capturar el polvo sin inundar la correa, debemos alterar el agua mediante química avanzada o alterar su aerodinámica mediante la física.

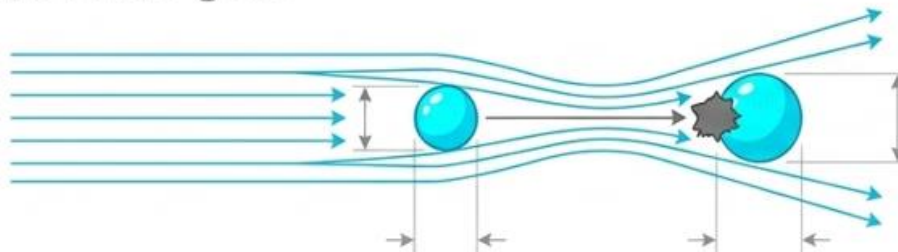
Aerodinámica de Captura: El Efecto Slipstream

El Problema: Gota Grande



Las corrientes de aire actúan como escudo. El polvo de 10 micras simplemente 'patina' alrededor de la gota.

La Solución Veolia: Micro-gota



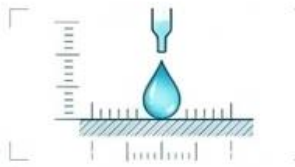
Las partículas de polvo solo se unen a gotas de tamaño similar. Al atomizar el agua, las colisiones son matemáticamente inevitables.

Ingeniería Química: Modificando la Naturaleza del Mineral



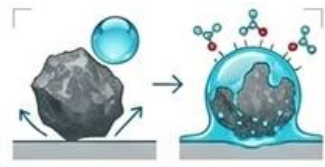
Intervención Estratégica

Dosificación precisa de químicos supresores DUSTREAT que actúan como surfactantes avanzados.



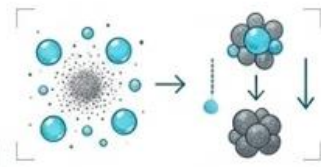
Mecanismo de Acción

Rompe instantáneamente la barrera hidrofóbica del mineral, convirtiendo la superficie en hidrofílica.



Aglomeración con Mínima Humedad

Permite que una fracción del agua tradicional aglomere el polvo y aumente su masa para que caiga por gravedad.



Garantía Operacional Veolia:

Realizamos exhaustivas pruebas de flotación aguas abajo con y sin supresor.
Garantizamos cero impacto negativo en la recuperación metalúrgica.

Matriz diagnóstica de supresión de polvo

Humectantes



Aplicación ideal: Correas transportadoras, zonas de alta fricción.

Mecanismo: Reduce la tensión superficial del agua para capturar el polvo fino.

Espuma



Aplicación ideal: Chancado, transferencia de mineral.

Mecanismo: Expande el volumen del agua, creando una barrera física de microburbujas con mínima humedad.



Enlazantes



Aplicación ideal: Caminos de acarreo.

Mecanismo: Aglomera partículas finas, creando una superficie compacta y resistente al tráfico pesado.

Formadores de Costra



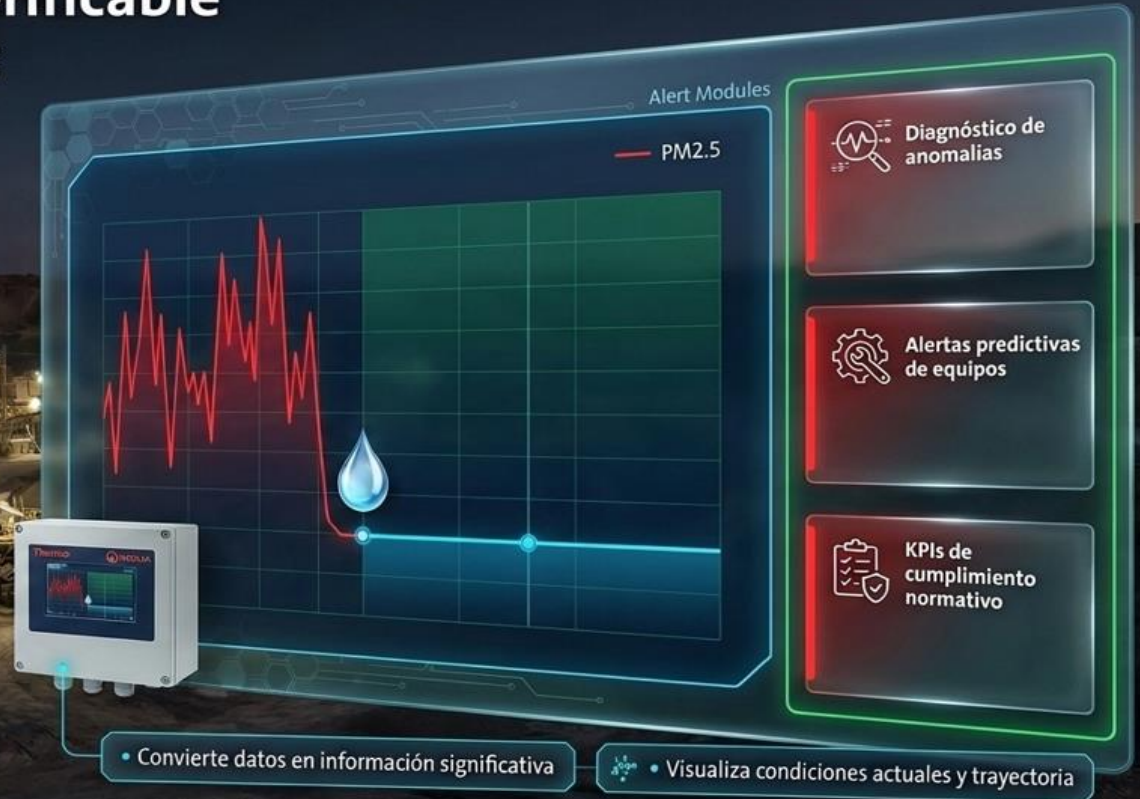
Aplicación ideal: Tranques de relaves, acopios estáticos.

Mecanismo: Sella la superficie con una capa polimérica resistente a la erosión eólica.

MINITOREO EN TIEMPO REAL Y CONTROL AUTOMATICO.

Control activo y verificable a través de InSight

Monitoreo ambiental en tiempo real del polvo en su fracción respirable para reportabilidad y diagnóstico proactivo.





CASOS DE ESTUDIO EFICIENCIA HUELLA HÍDRICA Y CONTROL DE POLUCIÓN

Ingeniería de precisión y química avanzada para el control de emisiones en la cadena de valor.

Optimización de infraestructura crítica: Empresa de la Gran Minería en Calama, Chile

Desafío: Uso ineficiente del recurso hídrico en la supresión de polvo en correas transportadoras de alto flujo.



REDUCCIÓN DE POLVO Y HUELLA HÍDRICA CAMINOS DE SERVICIO MINERO EN LA REGIÓN DE CALAMA.

Control de Polvo: Caminos de Servicio y Reducción de Huella Hídrica



CAMINOS CH1

ÁREA: 25.200 m²

— RUTA DE RIEGO

85% - 90%

Polución Ambiental:
Disminución vs. línea base

50%

Huella Hídrica:
Reducción en riego de caminos

16.200 m³/año

Ahorro de Agua vs.
riego tradicional con agua

Al sustituir el riego tradicional por tecnología de supresión Veolia, transformamos un gasto constante de agua en una superficie estabilizada y segura.

CONTROL DE POLVO EN FRENTES DE CARGUÍO MINA OPERACION MINERA EN CALAMA.

Desafío:

- 1.- Disminución de Polución Ambiental en el frente de carguío de mina.
- 2.- Mejorar Riesgo Crítico de Visibilidad durante el carguío de CAEX.
- 3.- Incrementar el rendimiento de los equipos de carguío.

Resultados:

- 1.- Aumento del 80% en la visibilidad al frente de carguío.
- 2.- El incremento del rendimiento en las Pala 203 y Pala 205 fue de 7,3% y 28,2% respectivamente, con una productividad superior al 80% para ambas palas.
- 3.- Recurso hídrico aportado 0.7% de humedad agregada al material tronado. Reducción de recurso hídrico 60% v/s Situación Base.



Frente de Carguío no tratado.



Frente de Carguío Monitoreado



Frente de Carguío tratado.

CONTROL DE POLVO EN FRENTES DE CARGUÍO MINA.

Impacto Operacional: La Visibilidad es Productividad



El control de polvo no es solo cumplimiento ambiental; es un catalizador directo para la eficiencia de extracción de los equipos pesados (CAEX/Palas).

MATRIZ DE VALOR INTEGRADO EN UNA OPERACIÓN MINERA DE LA REGIÓN DE CALAMA

Matriz de Valor Integrado: Minería de Alto Rendimiento

Nodo Operacional	Impacto Ambiental	Impacto Operacional (Productividad)
Caminos de Servicio	-50% huella hídrica (16.200 m³/año ahorrados)	Superficies estabilizadas, 90% menos polvo ambiental
Frentes de Carguío	Riesgo de baja visibilidad eliminado (+80% claridad)	Hasta +28.2% incremento directo en rendimiento de palas
Sistema de Transporte de Mineral	1 Millón m³/año de agua fresca conservada	-90% Material Particulado, menos alertas térmicas en polines, alta disponibilidad

**“EL CONTROL DE POLVO NO ES UN GASTO DE CUMPLIMIENTO;
ES UN MOTOR DE RENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD CRÍTICA.”**

REDUCCIÓN RECURSO HÍDRICO Y EMISIONES DE POLVO

Resiliencia en el desierto más árido del mundo: Kinross Mina La Coipa

Desafío: Polución extrema en caminos de acarreo en la región de Atacama, escasez hídrica crítica.

El Desafío (Sin Tratamiento)



La Solución (Ingeniería Veolia)



Reducción del 50% de material PM2.5 (vs. línea base).

Ahorro de 12 Millones de galones de agua anuales
en una de las zonas más áridas del mundo.

Escala de impacto en Nevada: Newmont Mina Leeville

Desafío: Alta polución en caminos de servicio, consumo hídrico insostenible y condiciones de conducción inseguras.

Área tratada: **23.5** km de longitud
(235,453 m²)

Agua ahorrada:



111.72 Millones de galones/año

Reducción CO₂:

472 Toneladas/año

Combustible ahorrado:

48,412 galones/año
(asociado a riego)

Ahorro Operacional: **\$378,000** USD/año

NUEVOS DESAFÍOS EN DISMINUCIÓN HUELLA HÍDRICA Y POLUCIÓN

El Siguiente Nivel: Proyectos de Expansión Estratégica (2026)

[01]

Calles de Servicio Mina Subterránea:

Replicar el éxito de reducción de huella hídrica en el interior de la mina.

[02]

Correa Colectora Norte:

Expansión del control automatizado para mitigación total de PM en nuevas infraestructuras.

[03]

Recuperación de Polvo Estático:

Integración de nuevas tecnologías de recuperación de polvo volátil perdido del Sistema de Transporte Principal de Mina Subterránea.

Posicionados en el centro del nexo energía-agua, Veolia y las Operaciones de la Gran Minera en Calama están definiendo el estándar global para la minería sostenible del futuro.

An aerial photograph of a water treatment plant situated in a dry, hilly landscape. The plant features several large circular and rectangular tanks, some with blue water. Winding dirt roads are visible across the terrain. In the background, a range of rugged, brown mountains stretches across the horizon under a clear blue sky with scattered white clouds.

VEOLIA se ha transformado a si misma... en la mas formidable compañía de Agua Industrial y de Procesos, posicionandose en el centro del nexo agua-energía.

Gracias por su
atención

Integrando tratamientos sostenibles para efluentes mineros: Recuperación de aguas y minerales con valor económico.

SEMINARIO 2026

**Alejandro Villagran
Alejandro Zuluaga
Water Tech Latam**



INDEX

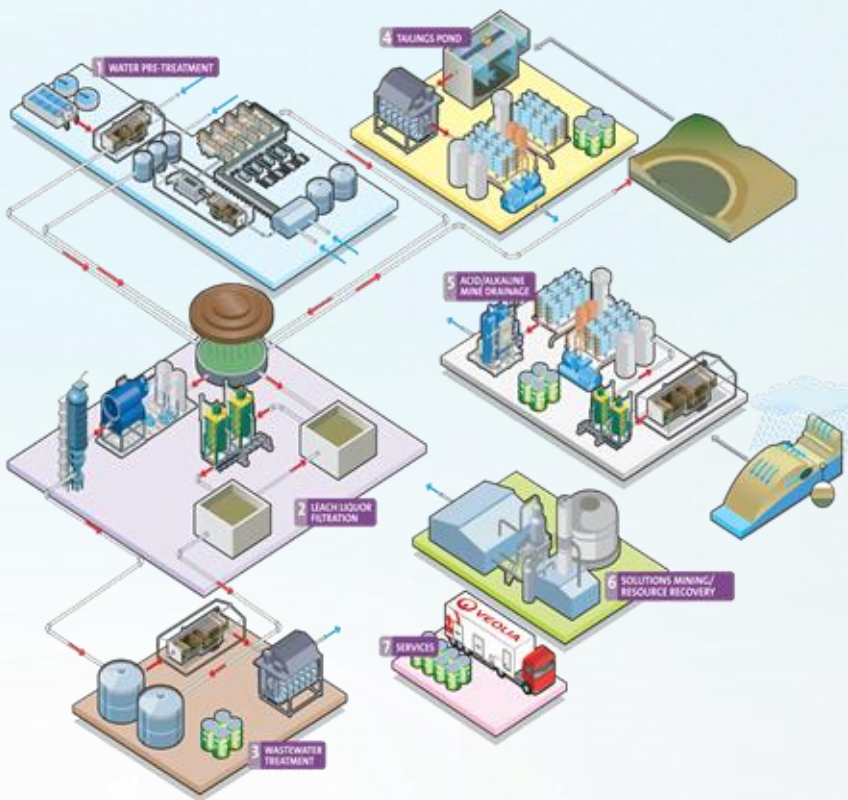
- 1** Mining Overview
- 2** Water Pretreatment
- 3** Wastewater Treatment
- 4** Process Treatment
- 5** Mineral Recovery
- 6** One Veolia Examples

Mining Overview

Water & Mining Process



Experienced in Every Aspect of Mine Water Treatment



Pre-treatment

Groundwater, surface water, grey water
Seawater desalination
Process water treatment

Acid / Alkaline Mine Drainage

Mine water control
Positive water balance control
Groundwater reclamation

Leach Liquor Filtration

Recovery of precious metals from
leach stream

Wastewater

Removal of contaminants: suspended
solids, heavy metals, cyanide, arsenic,
selenium, iron, manganese, chromium

Solutions Mining / Resource Recovery

Water reuse
Product recovery
Production systems

Tailings Pond

Dewatering and drying
Water recovery and reuse
Discharge compliance
Positive water balance control

Services

Mobile and temporary solutions
Water treatment chemicals
Digital monitoring
Spare parts and consumables
Operations

Experienced in Every Aspect of Mine Water Treatment



Pre-treatment

Groundwater, surface water, grey water
Seawater desalination
Process water treatment

Leach Liquor Filtration

Recovery of precious metals from
leach stream

Tailings Pond

Dewatering and drying
Water recovery and reuse
Discharge compliance
Positive water balance control

Acid / Alkaline Mine Drainage

Mine water control
Positive water balance control
Groundwater reclamation

Wastewater

Removal of contaminants: suspended
solids, heavy metals, cyanide, arsenic,
selenium, iron, manganese, chromium

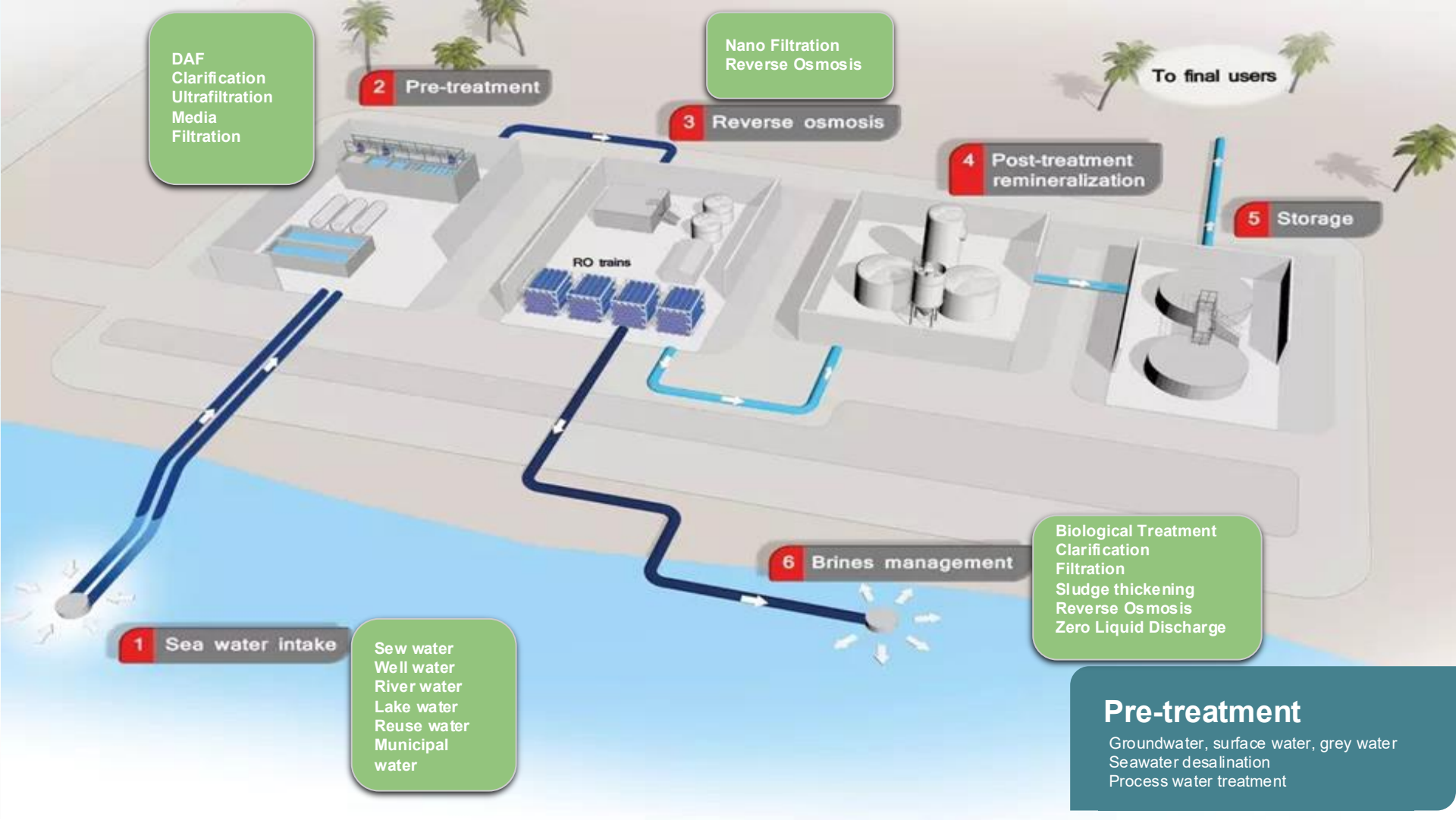
Solutions Mining / Resource Recovery

Water reuse
Product recovery
Production systems

Water Pretreatment

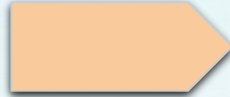


Water & Mining Process

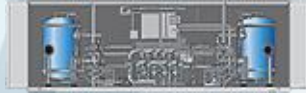


PRETREATMENT

Sew water
Well water
River water
Lake water
Reuse water
Municipal water



Filtration



Filtration

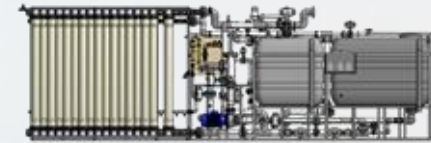
Ultrafiltration

Clarification - Filtration / Ultrafiltration



Clarification

Flotation - Clarification - Filtration / Ultrafiltration



Ultrafiltration

Flotation - Clarification - Filtration / Ultrafiltration - Membrane treatment

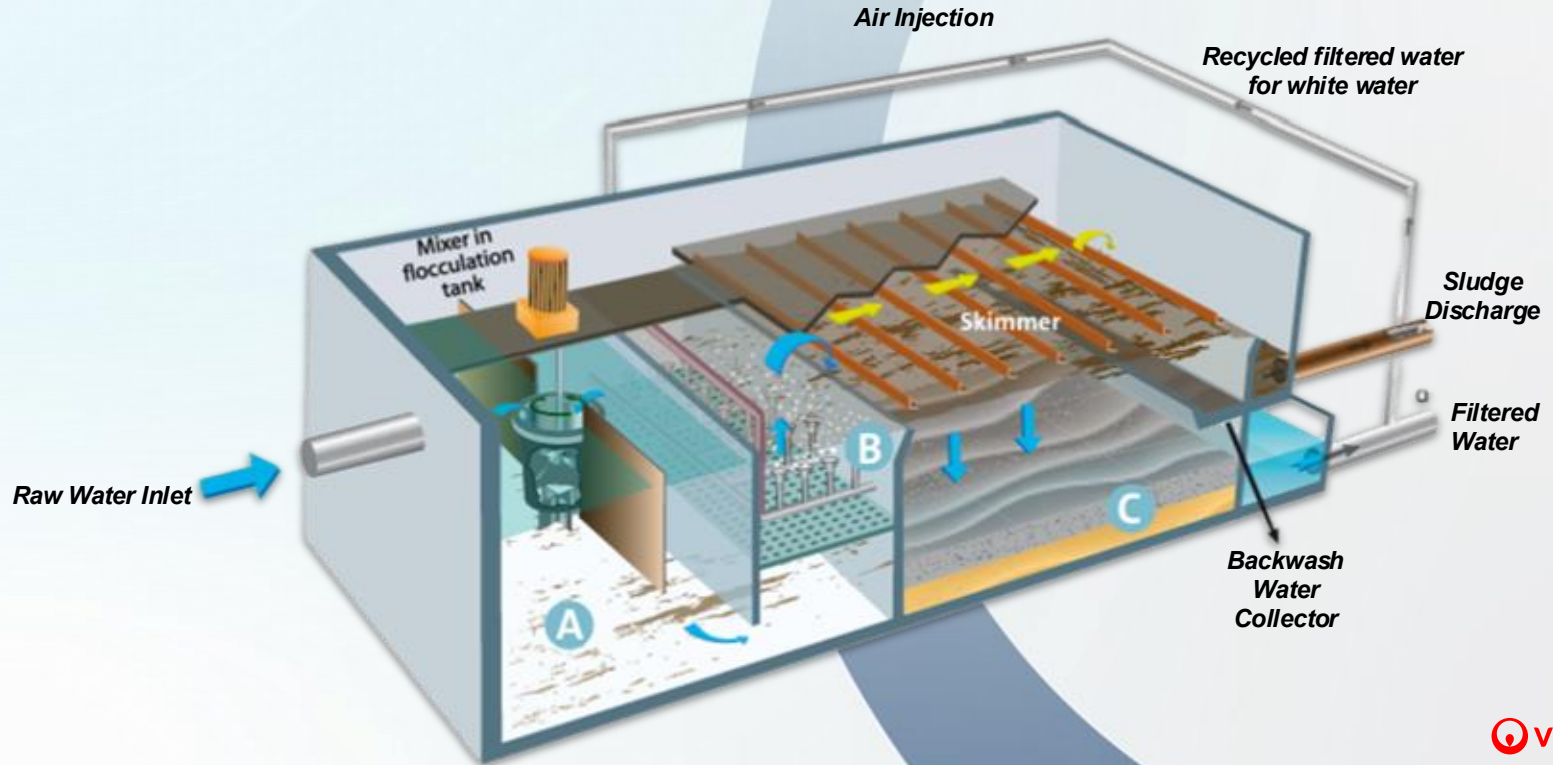


Reverse Osmosis/
Nano Filtration



Design concepts: Water source / TSS Level / Presence of algae / Filtration Rate / FLux / Recovery

DAF FILTER: Example of pretreatment for SWRO desalination with algae and/or O&G risk



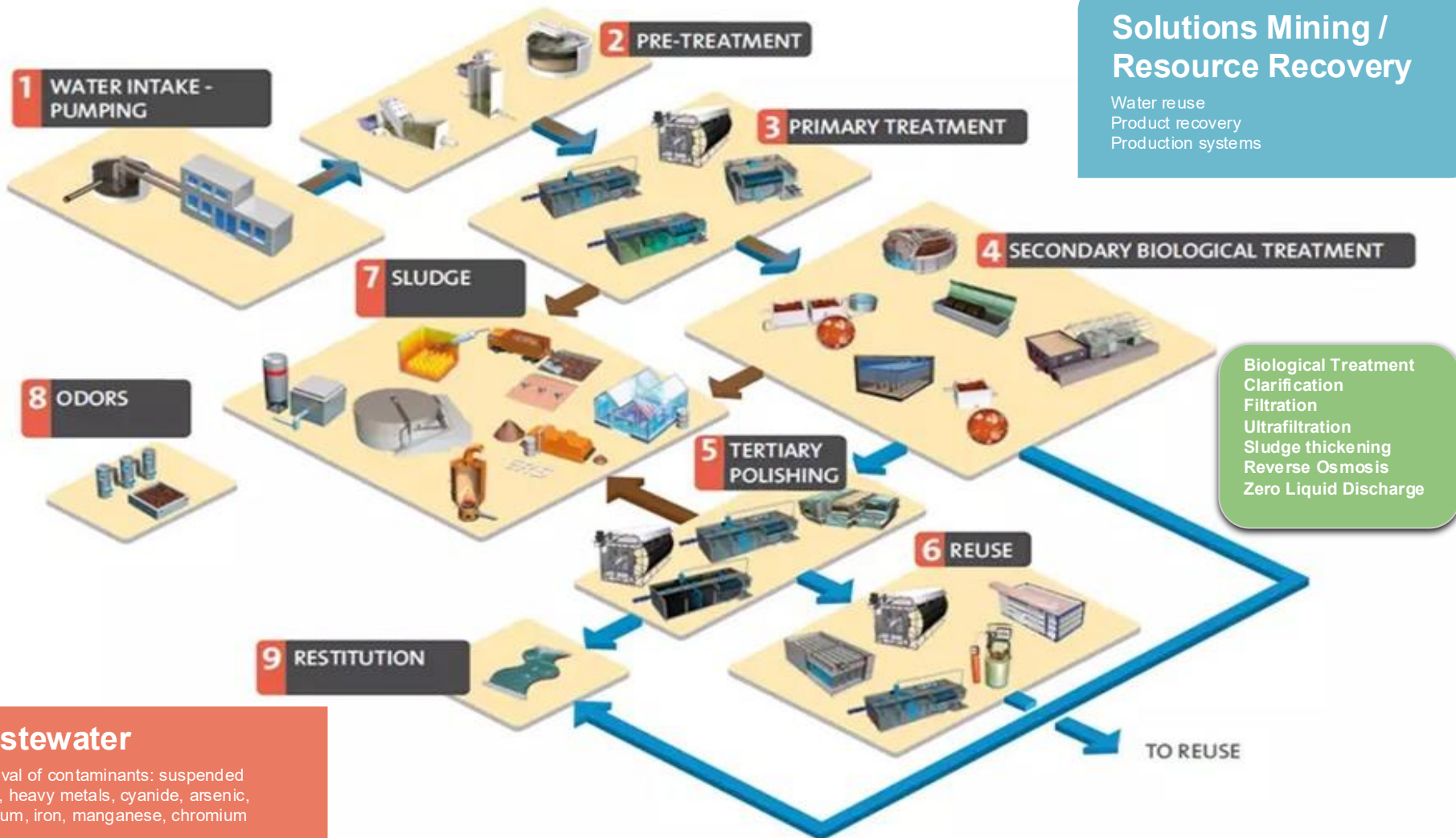
Wastewater Treatment

Water & Mining Process



Solutions Mining / Resource Recovery

Water reuse
Product recovery
Production systems

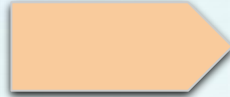


Wastewater

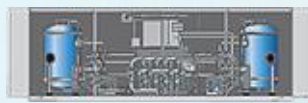
Removal of contaminants: suspended solids, heavy metals, cyanide, arsenic, selenium, iron, manganese, chromium

EFFLUENT TREATMENT

Discharge points
Local norms
Reuse
Water scarcity
Water costs
Environmental restrictions



Filtration



Filtration

Ultrafiltration

Clarification - Filtration / Ultrafiltration

Flotation - Clarification - Filtration / Ultrafiltration

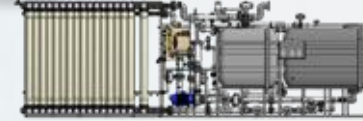
Flotation - Clarification - Filtration / Ultrafiltration - Membrane treatment

Flotation - Clarification - Biological treatment - Filtration / Ultrafiltration - Membrane treatment

Flotation - Clarification - Biological treatment - Filtration / Ultrafiltration - Membrane treatment - ZLD



Clarification



Ultrafiltration



MBR/MBBR



Reverse Osmosis/
Nano Filtration

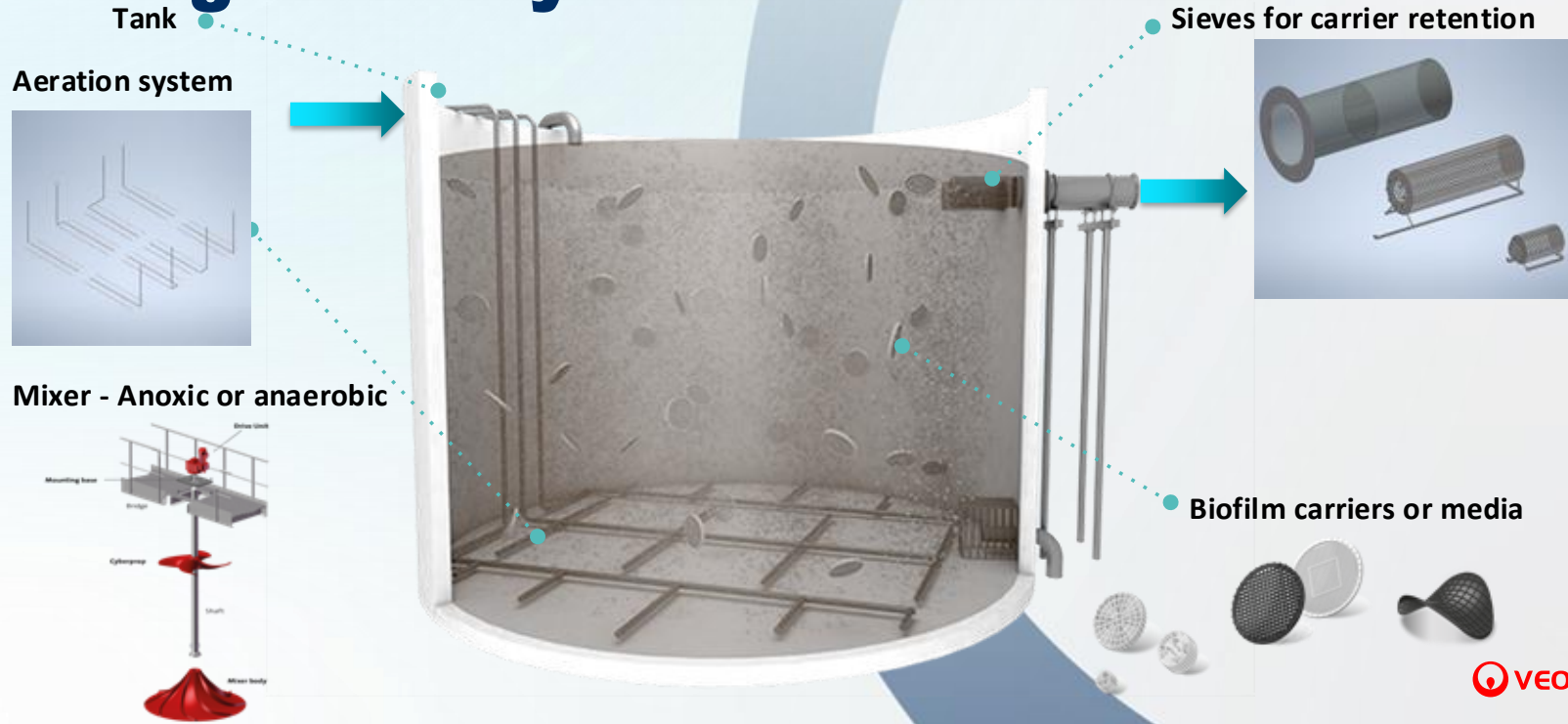


ZLD



Design concepts: Water source / TSS Level / Presence of O&G; BOD; COD / Filtration Rate / FLux / Recovery

Anoxic Moving Bed Bio Reactor (MBBR): Example of biological treatment for effluents with high toxicity



Process Treatment



Water & Mining Process



CLARIFICATION

NANOFILTRATION

REVERSE OSMOSIS

EVAPORATION

CRYSTALLIZATION

Acid / Alkaline Mine Drainage

Mine water control
Positive water balance control
Groundwater reclamation

Solutions Mining / Resource Recovery

Water reuse
Product recovery
Production systems

Leach Liquor Filtration

Recovery of precious metals from leach stream

Tailings Pond

Dewatering and drying
Water recovery and reuse
Discharge compliance
Positive water balance control

Process Treatment - Veolia's Core Mine Water Treatment Technologies for Mine Impacted Water



Actiflo® Densator®
High-Rate Clarifiers



AnoxKaldnes®
Moving Bed Biofilm Reactor



Hydrotech
Discfilter



Membranes
UF, RO, NF



Applications

Metals Precipitation
Organics
TDS
Sulfate



Applications

Organics
Nitrogen
Selenium
Sulfate



Applications

Metals
TSS
Tertiary Polishing



Applications

Organics
TDS / TSS
Selenium
Sulfate
Metals

Mineral Recovery

Water & Mining Process

Process Treatment - Special Applications

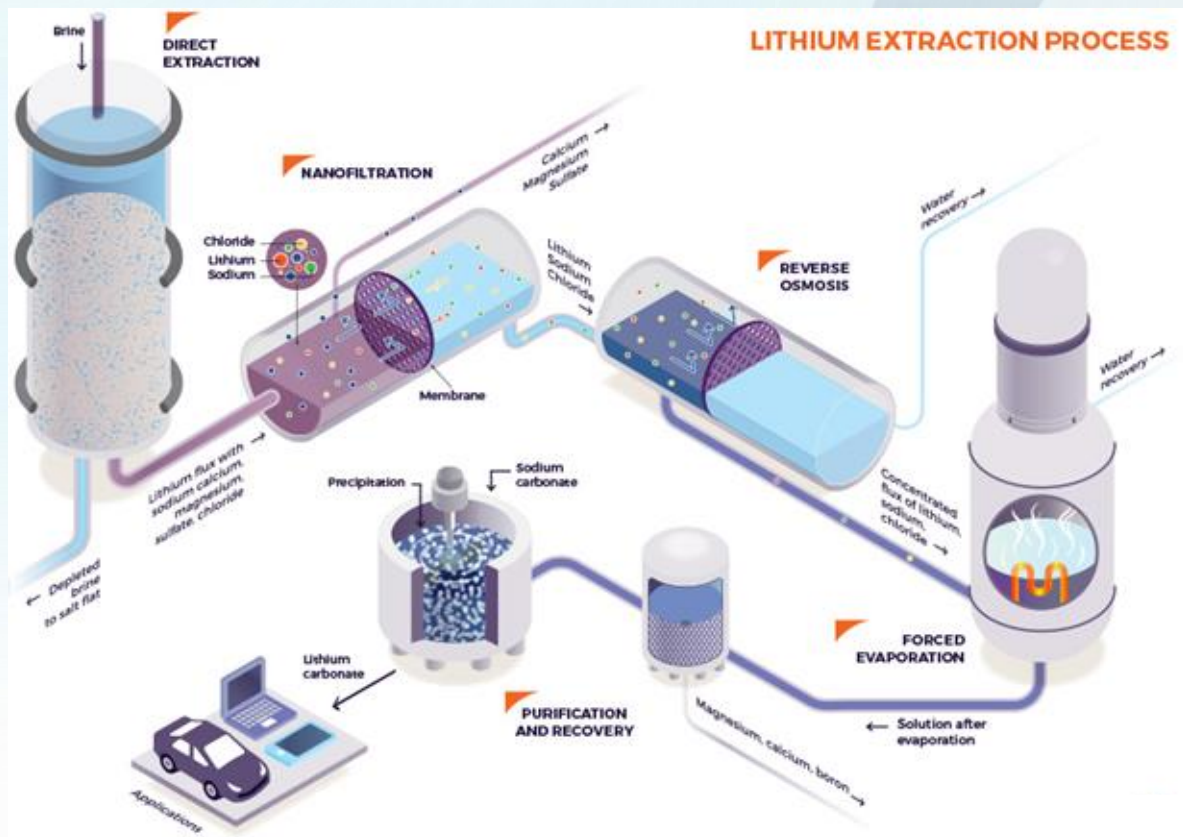


17 RARE EARTH ELEMENTS

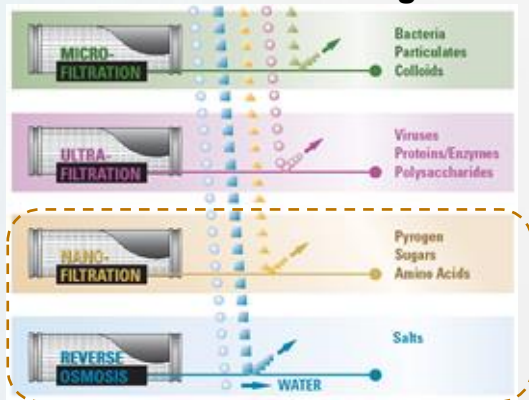
57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium
62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium
67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
72 Sc Scandium	73 Y Yttrium			



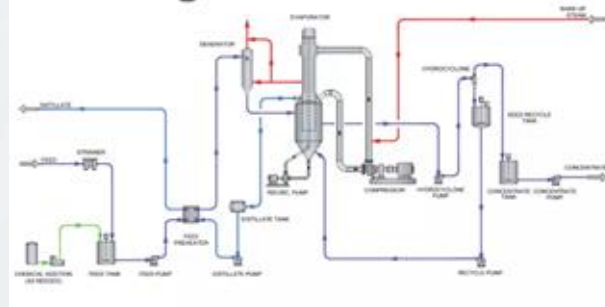
Lithium Extraction



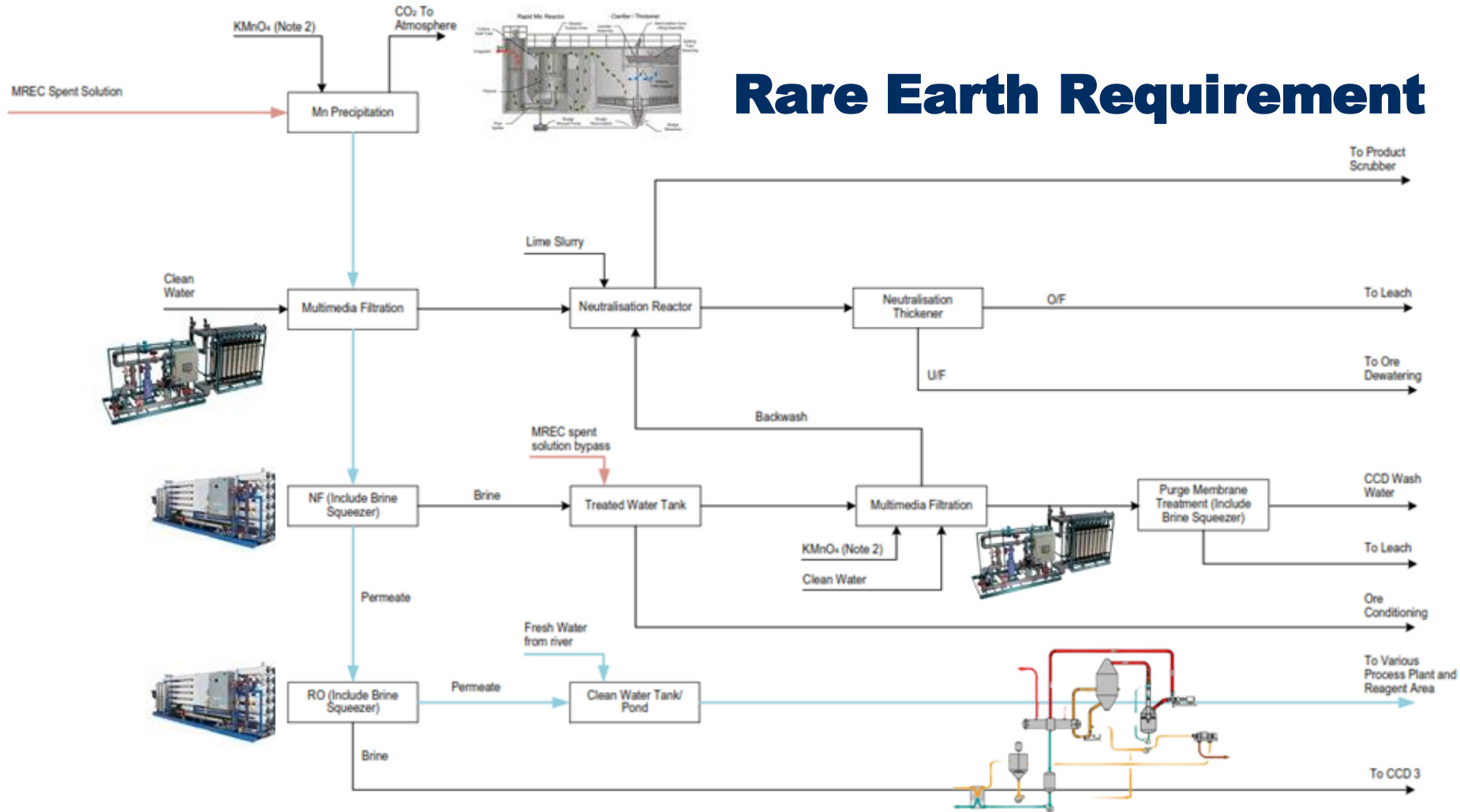
Membrane Technologies



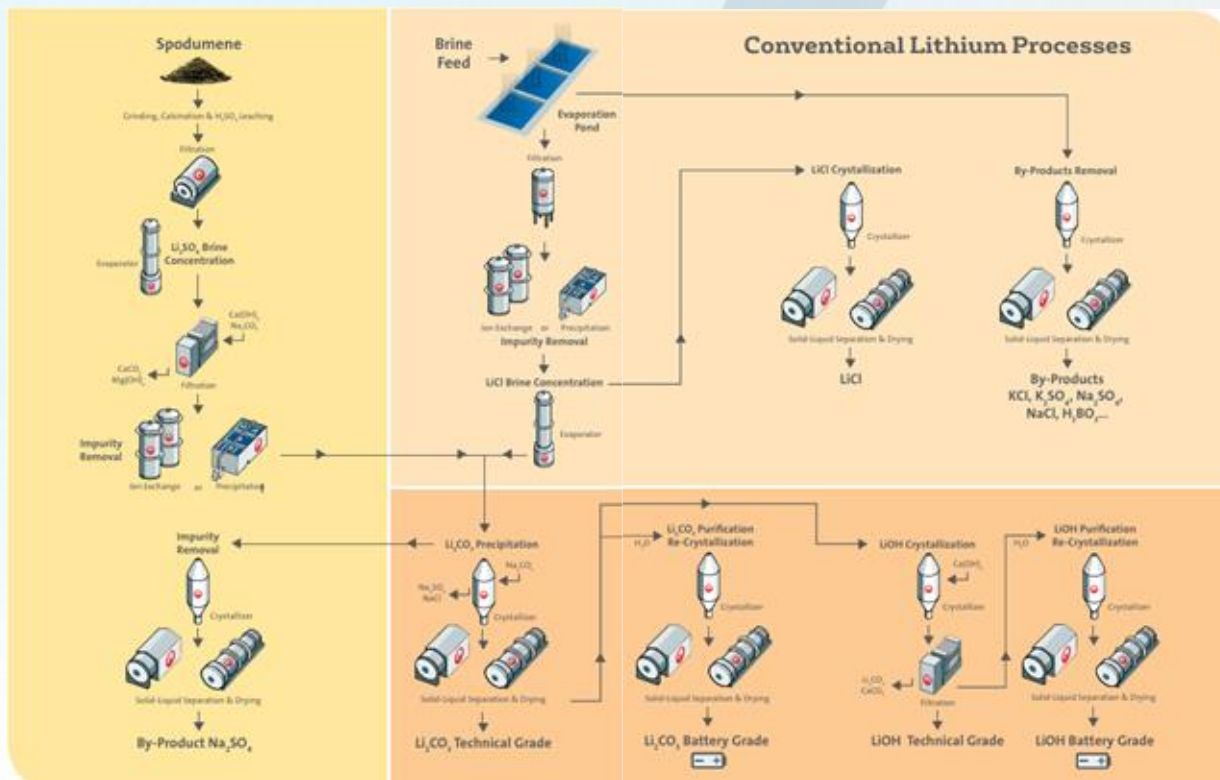
Simplified Flow Diagram



Rare Earth Requirement



Concentration & Crystallization



ONE VEOLIA EXAMPLES



Water & Mining Process

Newmont Eleonore Mine

- Gold mine. Two-step treatment project with Actiflo heavy metals and arsenic removal with followed by biological toxicity removal
- Metals and arsenic Removal, Toxic species removal with MBBR (ammonia, thiocyanates, cyanates)



Actiflo and Moving Bed Bioreactors

	Conventional – w/o lamella	Conventional – with lamella	High Density Sludge (HDS)	MULTIFLO	ACTIFLO
Rise rate ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)	1	1	1	15	65
Sludge density (%)	3 – 5	3 – 5	30 – 45	1 – 2	1 – 2
Footprint					

Newmont Eleonore Mine: Project Context

- Goldcorp (now Newmont) is a major gold producer.
- VEOLIA Canada has extensive experience working on projects with Goldcorp, including the construction of the original plant at the Éléonore mine in 2013.
- The original plant was designed to remove metals.
- However, the effluent remained toxic after treatment.
- In early 2016, the mine received a federal directive to resolve the toxicity issue or face closure.

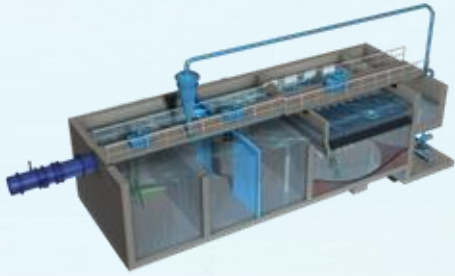


Newmont Eleonore Mine: Project drivers

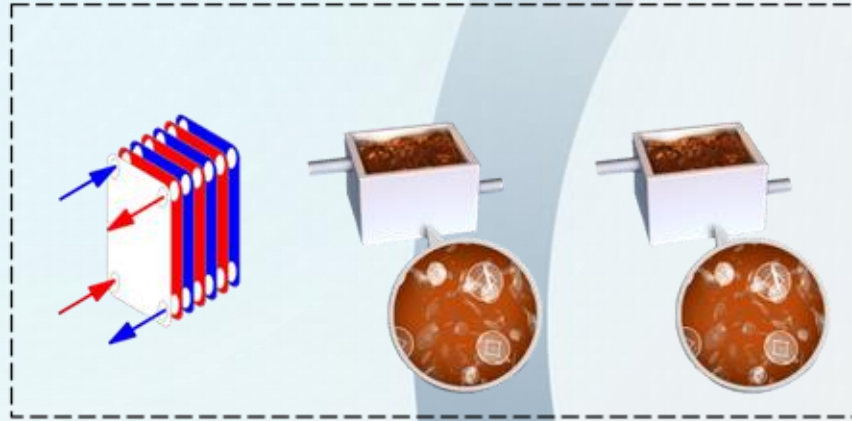
- Government regulation
- Constituents that are controlled
 - TSS
 - pH
 - Metals
 - Cyanide
 - Unionized ammonia
- Discharge must be non acutely lethal
 - Rainbow trout
 - *Daphnia magna*
- Regulations amendments
 - Increasingly more stringent
 - Site specific



Newmont Eleonore Mine: Solution



High pH metals precipitation



2 plate heat exchangers

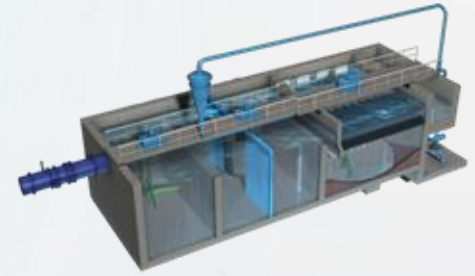
- 1 from boiler
- 1 heat recovery

520 m³ MBBR

- SCN, CNO
- K5: 170 m³
- 33% fill

2085 m³ MBBR

- Nitrification
- K5: 1250 m³
- 62% fill

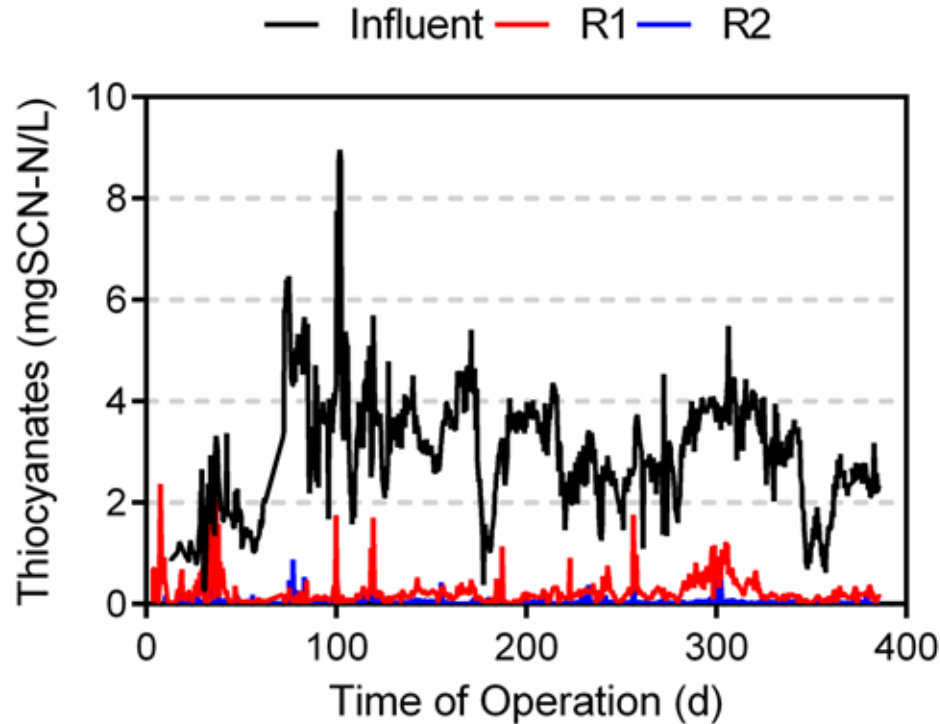


Neutral pH metals precipitation



GeoTube Dewatering

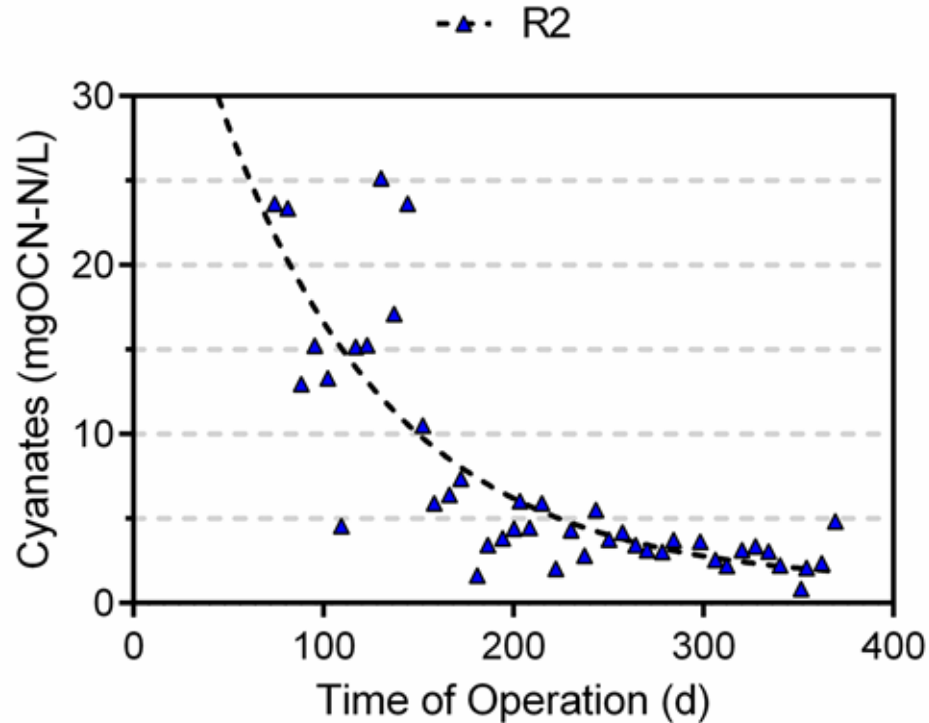
Newmont Eleonore Mine: Results



Fast start-up

Robust treatment to changing loads

Newmont Eleonore Mine: Results

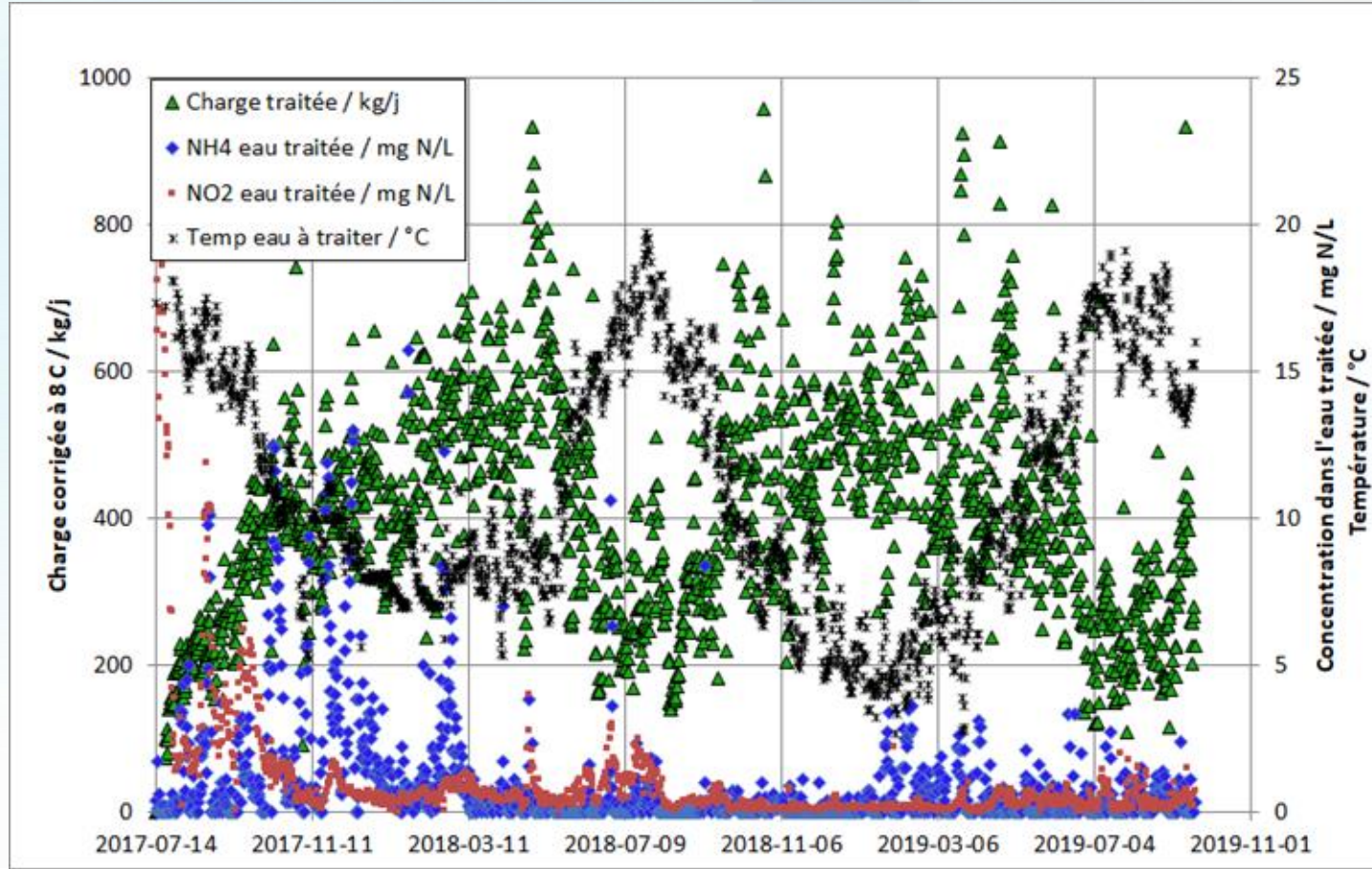


- Difficult to measure (external lab required) so less data

- Cyanates hydrolyze at low pH
 - Caution when sending to external lab
 - Preservative will lower value and increase ammonia

- Cyanates are hydrolyzed
 - Cyanase enzyme
 - Very slow start-up
 - Still improving after 380 days of operation
 - 200 days of operation to achieve less than 5 mgN/L

Newmont Eleonore Mine: Results



Pinal Creek (USA) - Metals removal

- Pinal Creek, Acid Mine Drainage
- Arizona, USA
- Application: Clarification/ Heavy Metals

Removal

- Flow: 6500 GPM ($\sim 1480 \text{ m}^3/\text{h}$)
contaminated ground water
- Size: 3 x 45 ft ($\sim 14 \text{ m}$) diam.
Clarifier/thickeners
- Two step metals precipitation using

Densators

- First stage pH 6.5 for aluminum removal
- Second stage pH 9.5 for copper, manganese



Pinal Creek (USA)

Situation / Background

A consortium of mining companies, now under the blanket of BHP Billiton, were required to remediate several underground plumes of acid mine water generated by decades of mining by three separate mining companies. The underground plumes were migrating towards the City of Phoenix's ground water supplies.



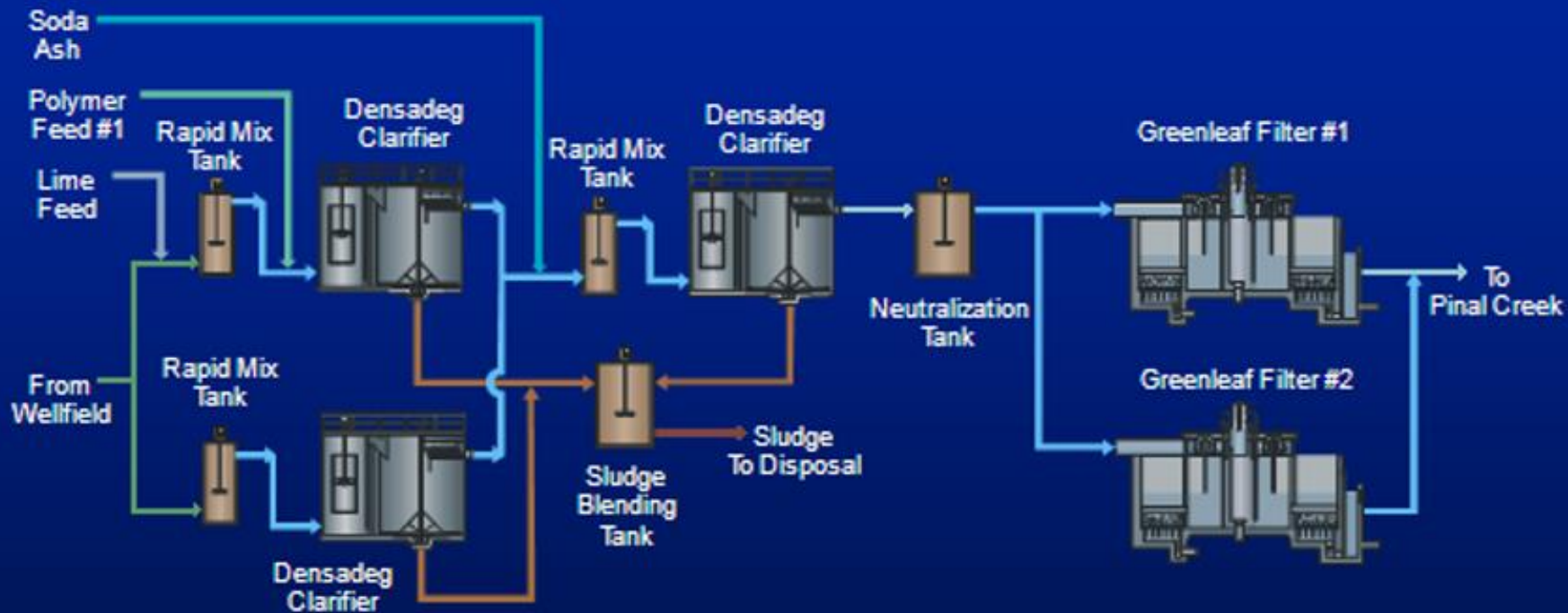
Pinal Creek (USA)

Solution

The acid mine water treatment was complex in that it contained dilute sulfuric acid and many heavy metals, but also manganese and aluminum. Due to its amphoteric nature, aluminum hydroxide is only insoluble at ambient pH range of 5.5 – 7.5. Manganese requires a pH of about 10 to oxidize it so it can be removed. Since both metals were present at very high concentrations, a two-stage process was selected.



Pinal Creek (USA): Solution



Pinal Creek (USA): Results

Parameter	Influent	Effluent
	Concentration "	Goal"
Aluminum	50	0.243
Beryllium	0.1	0.00021
Cadmium	0.15	0.0034
Copper	107	0.039
Iron	250	No goal
Manganese	70	1.6
Nickel	1.0	0.100
Zinc	5.0	0.343
Calcium	450	No goal
Magnesium	150	No goal
Sodium	70	No goal
Potassium	10	No goal
Sulfate	2000	No goal
Fluoride	5	8.4
Chloride	60	No goal
Carbon Dioxide	200 -230	No goal
pH	<4.0	6.5-9S.U.



An aerial photograph of a vast desert canyon, likely the Grand Canyon, with layered rock formations and a prominent butte in the background. In the foreground, a large water treatment facility with several rectangular basins is visible. The text "THANKS MERCY OBRIGADO GRACIAS!" is overlaid in large, bold, white capital letters.

**THANKS
MERCY
OBRIGADO
GRACIAS!**

