

## Solución UV libre de químicos HOD™ para plantas de desalinización

Reemplazo de cloro y MBSS en plantas desalinizadoras de agua de mar con UV HOD™ de Atlantium

Atlantium Technologies completó con éxito su estudio de caso a gran escala en el norte de Chile, que demostró una vez más la eficiencia de su tecnología UV HOD™ para el control de bio-fouling en membranas de ósmosis inversa (OI).

El estudio se ha realizado en la planta de producción de ácido sulfúrico NORACID, en Mejillones, Chile, durante más de 10 meses con resultados sumamente exitosos.

### Introducción:

Una práctica frecuente en las plantas desalinizadoras de agua de mar es la cloración inicial para evitar la colonización microbiológica sobre las membranas de ósmosis inversa, tratando de evitar el "bio-fouling", uno de los problemas más habituales que perjudican su rendimiento: disminución del caudal y la calidad del permeado de OI, aumento de la presión diferencial, lo que da como resultado una limpieza química más frecuente y una vida útil de la membrana OI más corta. Debido a su naturaleza oxidante, el cloro ataca los polímeros de la



membrana de OI, por lo que se requiere una dechloración previa a la OI, que generalmente se lleva a cabo mediante la dosificación en línea de metabisulfito de sodio. Este procedimiento a menudo promueve y aumenta la formación de biofilms. Atlantium desarrolló un enfoque de tratamiento alternativo que minimiza el potencial de bio-fouling de la membrana, minimizando el crecimiento bacteriano anaeróbico y aeróbico, y protege las membranas de OI y otros equipos sensibles sin el uso de productos químicos.

### Desarrollo:

Estudios recientes proponen un enfoque integral para minimizar la formación de biofilms considerando todos los factores involucrados en su formación y crecimiento mediante la evaluación del "potencial de crecimiento bacteriano" según lo siguiente:

- Microbiología: recuento total de microorganismos
- Sustancias poliméricas extracelulares (EPS)
- Presencia de nutrientes disponibles para las bacterias, expresados como "carbono orgánico asimilable (AOC)".

No todos los compuestos orgánicos presentes en el agua son asimilables por las bacterias. Solo una fracción puede biodegradarse, la cual es de gran interés, ya que mejoran la proliferación microbiológica.

## Cloración-decloración

Un efecto secundario de la cloración es la oxidación de la materia orgánica disuelta que aumenta la fracción orgánica "asimilable" y el "potencial de crecimiento bacteriano". Dosis tan pequeñas como 0.5 ppm de cloro libre pueden aumentar hasta un 80 % el contenido de carbono asimilable (Maria Kennedy, IHE Delft).

Adicionalmente, la dosificación de un secuestrante de cloro como el metabisulfito de sodio, que suele ser dosificado en exceso, simultáneamente absorbe el oxígeno disuelto, generando un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos anaerobios, según la Figura 1.

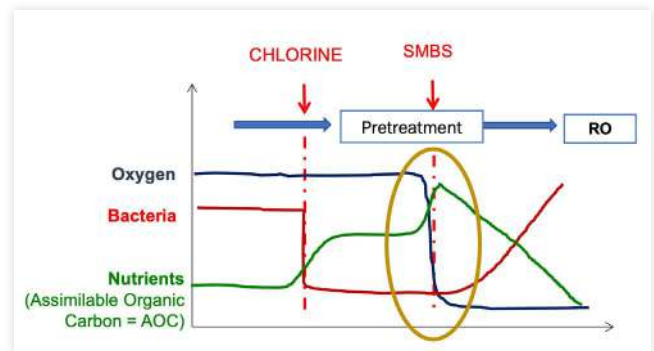


Figura 1: Evolución de las concentraciones en diferentes etapas de pretratamiento

## Aplicación de UV HOD™ de media presión

El biofilm está constituido por un 80-85 % de macromoléculas segregadas por microorganismos para su protección y crecimiento: las sustancias poliméricas extracelulares (EPS), por lo que una estrategia precisa para el control del biofouling debe priorizar la minimización de las EPS. La radiación UV se utiliza en dosis relativamente bajas y tiene un efecto mínimo o nulo sobre el

contenido de materia orgánica degradable. Está ampliamente comprobado que el uso de lámparas de media presión (MP) logra la inactivación celular, inhibiendo los mecanismos de reparación y simultáneamente afectando funciones vitales como la secreción de EPS, lo que conduce a la reducción del biovolumen y hace más poroso el biofilm.

Los resultados obtenidos muestran que la UV HOD™ de media presión impacta fuertemente en las características del biofilm superficial de las membranas de OI, lo que significa más constancia en el flujo y, en consecuencia, una mejora en el rendimiento de la planta.

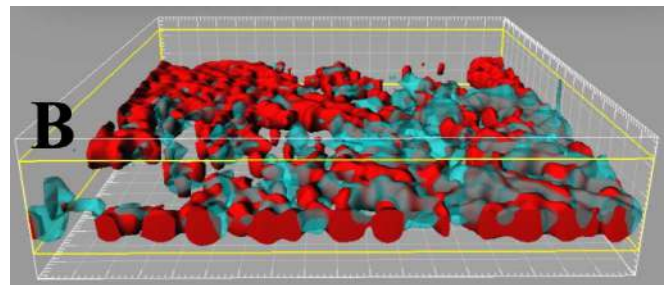
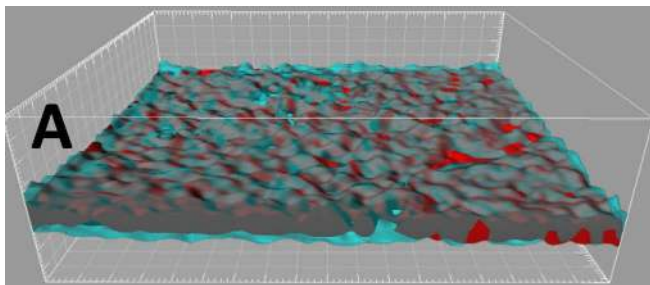


Figura 2: Microscopía láser confocal (MLCF) de biofilms con y sin pretratamiento UV

- (A) Capa de contaminación biológica sin pretratamiento UV
- (B) Capa de contaminación biológica con pretratamiento UV
- Biomasa total de EPS (azul claro transparente) y microorganismos (rojo)

## El contenido de EPS en el biofilm de la membrana que recibió el agua irradiada con UV HOD™ fue mucho menor en comparación con la membrana que no recibió este pretratamiento.

La aplicación de la radiación UV para el control del bio-fouling permite varios beneficios en las plantas desalinizadoras:

- 1 | Mantener el flujo a una presión de operación más baja = ahorro de energía
- 2 | Se necesitan menos procesos CIP, lo que permite una vida útil más prolongada de la membrana.
- 3 | Aumentar la duración entre sustitución de cartuchos de microfiltración
- 4 | Permitir la sustitución de agentes cloradores o biocidas existentes.

## Planta desalinizadora de agua de mar NORACID, Mejillones, Chile: reemplazo de cloro y MBSS por el sistema UV HOD™

Noracid produce 720,000 ton/año de ácido sulfúrico para la actividad minera en la zona y utiliza agua desmineralizada para alimentar sus calderas de alta presión (generación de electricidad). La planta desalinizadora de agua de mar presentaba varios problemas de funcionamiento:

Flujo de permeado de OI:	30-35 m <sup>3</sup> /h
Vida útil de la membrana:	2 años
Reemplazo de cartuchos:	cada 4 días en promedio
Frecuencia de CIP:	cada 13-30 días
Dosis de cloro:	2 ppm
Dosis de MBSS:	20 ppm
Dosis de cloruro férrico:	3 ppm

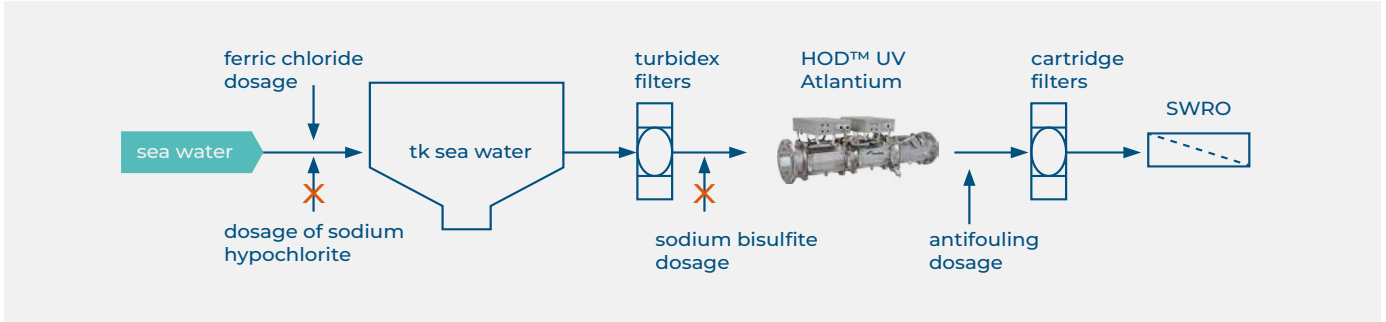


Figura 3: Instalación de skid UV HOD™ con equipo RZ 163-11 HP, 2.3 kW

En julio de 2022, se instaló un skid que contenía un sistema Atlantium RZ 163-11 con una lámpara de media presión de 2.3 kW, montaje vertical, como se muestra en la Figura 3. Desde su instalación ha habido notables mejoras de rendimiento.

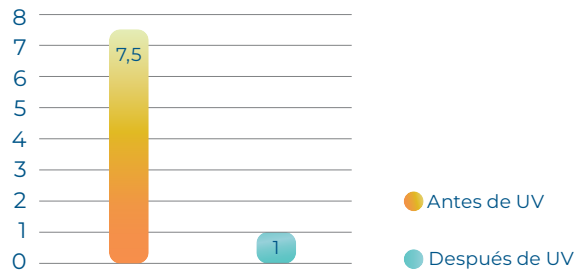
- 1 | Se detuvo la dosificación de cloro y, en consecuencia, también se detuvo la de-cloración con dosificación de MBSS.
- 2 | La dosis de cloruro férrico se fue reduciendo paulatinamente, operando satisfactoriamente con solo 0.5 ppm ya que no hubo interacción con los demás reactivos químicos como el cloro.

De esta forma, se operó el sistema de acuerdo al siguiente diagrama:



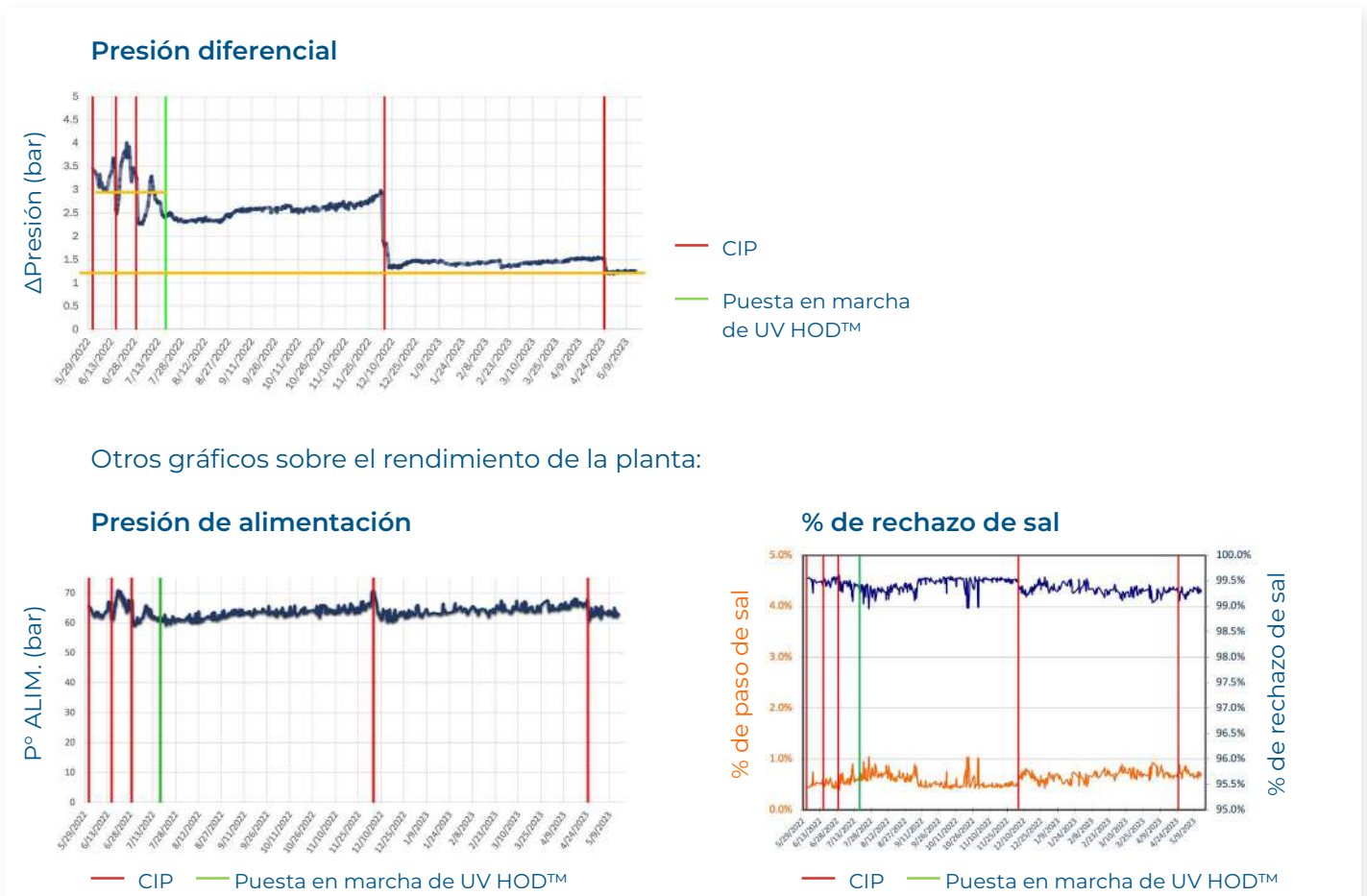
Los beneficios en términos de prolongar la vida útil de los cartuchos y aumentar el tiempo entre limpiezas químicas se verificaron rápidamente al reducir el bio-fouling, como se puede ver en los gráficos a continuación relacionados con el reemplazo de los cartuchos de microfiltración y la diferencia de presión de alimentación (delta P):

Reemplazo de cartuchos/mes



### Diferencial de presión transmembrana ( $\Delta P$ ):

Se logró el  $\Delta P$  posterior a CIP más bajo (>20 psi), que nunca antes se había visto. Esto significa que los cambios en la estructura del biofilm (menos EPS) hacen que el CIP sea más efectivo, limpiando las membranas más profundamente, e incluso aún mejor después del segundo CIP.



Presión de alimentación

% de rechazo de sal

## Ahorro en gastos operativos por la instalación de UV HOD™

### sustancias químicas :

1. Eliminación de cloración/descloración (MBSS) utilizada anteriormente para el control de bio-fouling.
2. Reducción de la dosis de coagulante, debido al cambio en las características del agua después de evitar la cloración previa y las reacciones secundarias relacionadas.
3. CIP: Reducido de una vez cada 13 días a una vez cada más de 5 meses.
4. Minimización de biofilm, lo que se evidencia por la menor diferencia de presión transmembrana
5. Menos mediciones de residuos de sustancias químicas y consumo de reactivos analíticos



Mejora del rendimiento y extensión de la vida útil

La presión diferencial muestra una constancia significativa por

**155** días



Durante este tiempo, la planta se mantuvo operando a una presión de alimentación más baja con constancia de conductividad final

## Ahorro en gastos operativos por la instalación de UV HOD™

Además, una vez que se realizó un CIP después de 5 meses con pretratamiento UV HOD™, **la presión diferencial cayó como nunca antes.**

En consecuencia, el consumo de energía por m<sup>3</sup> producido muestra una reducción > **3%**

La disminución drástica de las limpiezas químicas debería significar una extensión significativa de la vida útil de la membrana de OI



### Optimización de la operación y el mantenimiento:

- 1 | mayor disponibilidad operativa de la planta debido a menos eventos (reemplazos de cartuchos, CIP, etc.)
- 2 | No más riesgos de tiempo y seguridad debido a la transferencia y manipulación de productos químicos
- 3 | Reduce el trabajo necesario para cambiar los cartuchos de microfiltración y la limpieza química
- 4 | Elimina el mantenimiento de las bombas dosificadoras
- 5 | Reducción del control fisicoquímico de los residuos



## Comparación de costos operativos anuales => Retorno de la inversión

Artículo	sin UV HOD™ (USD)	Gastos operativos esperados con UV HOD™ (USD)	Gastos operativos reales con UV HOD™ (USD)
Sustancias químicas	21,918.60	3,207.60	534.60
Limpieza de membranas	18,240.00	13,680.00	6,768.00
Cartuchos de microfiltración	18,264.00	13,698.00	2,401.92
Vida útil de la membrana (reemplazos parciales) estimada	21,056.00	14,739.20	14,739.20
Gastos operativos indirectos	6,000.00	3,000.00	1,440.00
Lámparas UV	-	4,000.00	4,000.00
Asistencia técnica (visita bimestral)	-	1,920.00	1,920.00
<b>Costo operativo total (año)</b>	<b>85,478.60</b>	<b>54,244.80</b>	<b>31,803.72</b>
<b>Ahorro de gastos operativos por año</b>		<b>31,233.80</b>	<b>53,674.88</b>

**Porcentaje  
de ahorro**

Gastos operativos  
esperados con UV  
HOD™ (USD)

**37%**

Gastos operativos  
reales con UV  
HOD™ (USD)

**63%**

### Conclusiones:

La comparación de resultados operativos muestra la ventaja económica de implementar este pretratamiento con un ROI muy conveniente, superando nuestras expectativas iniciales, siendo aún más favorable para NORACID. Además, existen ventajas cualitativas como las siguientes:

- 1 El rendimiento de la planta desalinizadora ha mejorado significativamente, y es muy valorado por el cliente, que puede minimizar su atención y concentrarse más en su "actividad principal".
- 2 Totalmente respetuoso con el medioambiente, ya que no hay residuos no deseados y permite la eliminación o minimización de sustancias químicas.
- 3 En línea con los objetivos de la ONU para 2020: "lograr una gestión ambientalmente adecuada de los productos químicos, de acuerdo con los hitos acordados internacionalmente, y reducir significativamente su liberación en **aire, agua y suelo para minimizar sus efectos negativos sobre la salud humana y el medioambiente**".

*En resumen, configurar la mejor solución disponible en términos de eficiencia y cuidado medioambiental garantizando el adecuado pretratamiento de las plantas desalinizadoras de agua de mar.*



**Atlantium**

atlantium.com  
info@atlantium.com

**Para obtener más información, comuníquese con su representante de Atlantium**

© 2023 Atlantium Technologies Ltd. Todos los derechos reservados.