SEQUITECSA

GUÍA TÉCNICA 02 · PLANTAS DE AGUA

ÓSMOSIS INVERSA: OPERAR, REGISTRAR Y LIMPIAR

Las variables que importan, el pretratamiento que protege las membranas y cuándo hacer una limpieza química.



Recuperación | Rechazo de sales | SDI | Limpieza CIP

EN ESTA GUÍA

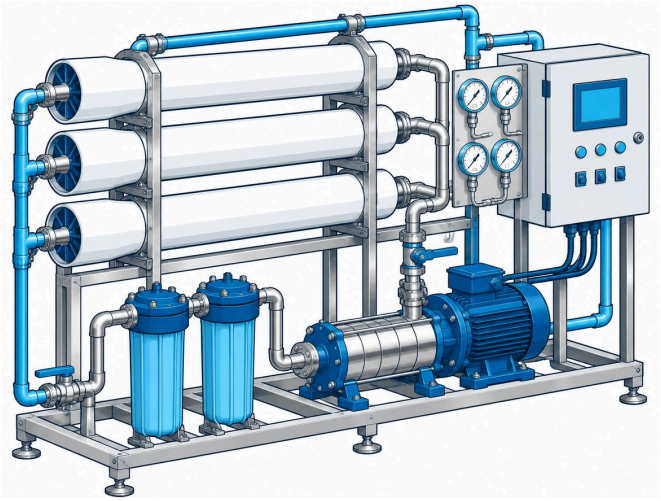
01 Cómo funciona y qué medir

02 Pretratamiento que protege las membranas

03 Registro diario y normalización

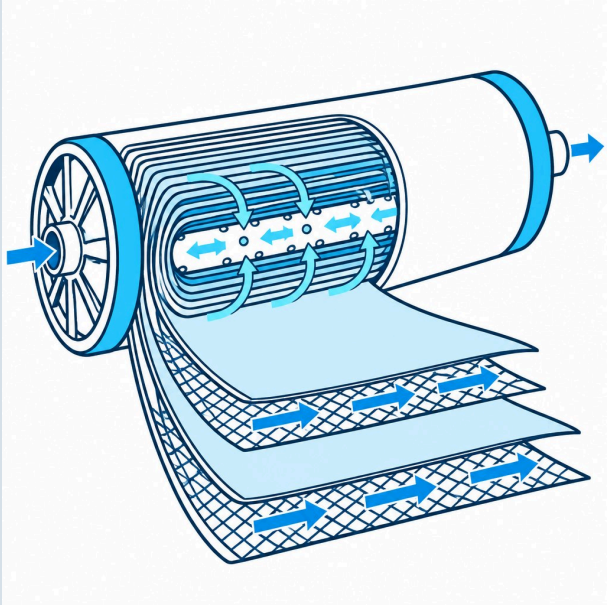
04 Cuándo y cómo limpiar

Para operadores y supervisores de plantas de ósmosis inversa en minería, industria y laboratorios.



CÓMO FUNCIONA Y QUÉ MEDIR

Una bomba de alta presión vence la presión osmótica y empuja el agua a través de la membrana. Las sales quedan en el rechazo; el agua purificada sale como permeado.



TRES CORRIENTES

Corriente	Qué es	Qué medir
Alimentación	Agua que entra al sistema	Caudal, presión, conductividad, temperatura, pH, SDI
Permeado	Agua purificada	Caudal y conductividad
Rechazo (concentrado)	Agua con las sales retenidas	Caudal, presión y conductividad

$$R\,(\%) = Q_p / Q_a \times 100$$

Recuperación. Q_p: caudal de permeado. Q_a: caudal de alimentación. Subirla sin control precipita sales en la membrana.

$$RS\,(\%) = (1 - C_p/C_a) \times 100$$

Rechazo de sales. C_p y C_a: conductividad del permeado y de la alimentación.

VARIABLES DE CONTROL

PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN

Si sube para mantener el mismo caudal, la membrana se está ensuciando.

PRESIÓN DIFERENCIAL (ΔP)

Diferencia entre alimentación y rechazo. Su aumento indica obstrucción de los espaciadores.

TEMPERATURA

El caudal de permeado cambia aprox. 2–3 % por °C: compare siempre datos normalizados.

ANTES DE CAMBIAR UN AJUSTE

Una recuperación o un caudal por encima del diseño acelera la incrustación y anula la garantía de la membrana. Consulte la proyección del fabricante.

PRETRATAMIENTO QUE PROTEGE LAS MEMBRANAS

La mayoría de fallas de membranas empiezan antes de la bomba de alta presión: sólidos, cloro, dureza y microorganismos.

TREN DE PRETRATAMIENTO TÍPICO

1

FILTRACIÓN MULTIMEDIA

Retiene sólidos suspendidos y baja la turbidez.

2

CARBÓN ACTIVADO O BISULFITO

Elimina el cloro, que oxida las membranas de poliamida.

3

ABLANDAMIENTO

Retira calcio y magnesio cuando la dureza es alta.

4

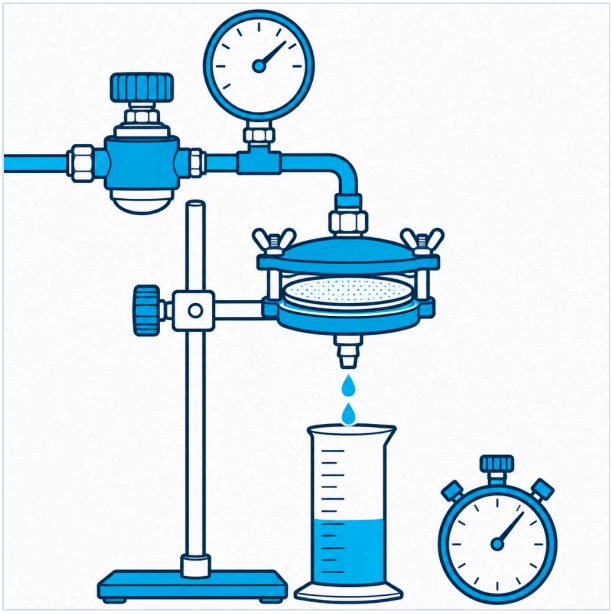
ANTIESCALANTE

Evita que las sales precipiten al concentrarse (p. ej. Dalsperse).

5

FILTRO DE CARTUCHO 5 MM

Última barrera antes de la bomba de alta presión.



ÍNDICE DE DENSIDAD DE SEDIMENTOS (SDI)

Mide la tendencia del agua a ensuciar la membrana con coloides. Se filtra el agua a 30 psi (2,1 bar) por una membrana de 0,45 µm y 47 mm durante 15 minutos.

$$SDI_{15} = (1 - t_i/t_f) \times 100 / 15$$

t_i: segundos para recoger 500 mL al inicio. t_f: segundos para recoger 500 mL tras 15 min de filtración continua.

SDI_{15}	Interpretación
≤ 3	Objetivo recomendado
3 a 5	Riesgo de ensuciamiento: mejore el pretratamiento
> 5	No apto para alimentar la membrana

CLORO LIBRE: CERO

Las membranas de poliamida no toleran cloro. Mida cloro libre a la salida del carbón o del bisulfito en cada turno; el valor debe ser no detectable (p. ej. con Clorotex).

CARTUCHO DE 5 MM

Registre la presión antes y después. Cambie el cartucho cuando la diferencia suba sobre lo que indica el fabricante, o al menos según su programa.

REGISTRO DIARIO Y NORMALIZACIÓN

Los datos crudos engañan: el caudal cambia con la temperatura y la presión. Normalizar permite ver el ensuciamiento real de la membrana.

HOJA DE REGISTRO POR TURNO

Fecha / hora	T alim. °C	P alim. bar	P rechazo bar	ΔP bar	Q perm. m^3/h	Q rechazo m^3/h	κ alim. µS/cm	κ perm. µS/cm	Cl libre	SDI

QUÉ ES NORMALIZAR

Es llevar los datos de cada día a las mismas condiciones de referencia (temperatura, presión neta y concentración) para compararlos con el día de arranque.

- **Caudal de permeado normalizado**: muestra si la membrana pierde permeabilidad (ensuciamiento).
- **Paso de sales normalizado**: muestra si la membrana deja pasar más sales (daño o incrustación).
- **ΔP normalizada**: muestra si se obstruyen los canales de alimentación.

Use el programa de normalización del fabricante de la membrana o una plataforma como **ARGOS360** para graficar la tendencia.

LECTURA DE LA TENDENCIA

Síntoma	Causa probable
Baja el caudal normalizado, ΔP estable	Ensuciamiento orgánico o coloidal en la primera etapa
Sube la ΔP en la primera etapa	Sólidos, biofouling o cartucho en mal estado
Sube el paso de sales en la última etapa	Incrustación por sales (carbonatos, sulfatos)
Sube el paso de sales en todo el sistema	Daño químico (cloro) o fuga en juntas
Todo empeora a la vez tras un cambio	Revise el ajuste de recuperación o del antiescalante

CONSTANCIA ANTES QUE PRECISIÓN

Mida siempre en los mismos puntos, con los mismos instrumentos calibrados y a la misma hora. Una tendencia confiable vale más que un dato aislado.

CUÁNDO Y CÓMO LIMPIAR (CIP)

Limpiar a tiempo recupera la membrana; limpiar tarde puede dejar un ensuciamiento irreversible.

CAUDAL NORMALIZADO
–10–15 %
Pérdida de caudal de permeado normalizado.

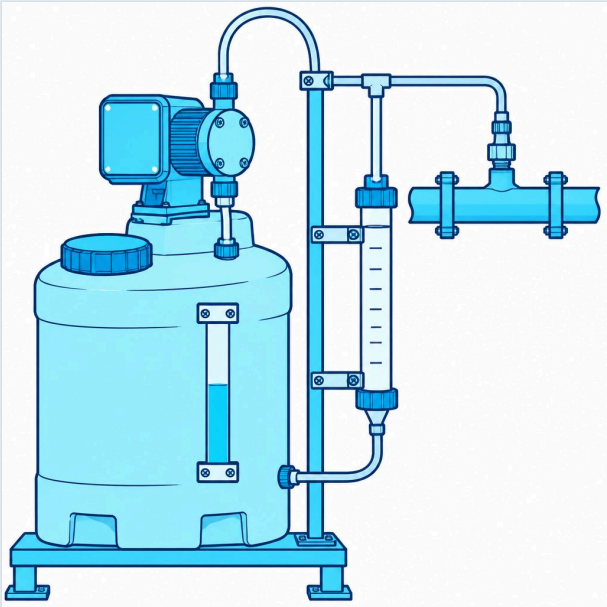
PRESIÓN DIFERENCIAL
+10–15 %
Aumento de la ΔP normalizada.

PASO DE SALES
+5–10 %
Aumento del paso de sales normalizado.

Criterios orientativos usuales en la industria. Aplique los de su fabricante de membranas.

ELEGIR EL LIMPIADOR

Ensuciamiento	Limpieza
Carbonatos, hidróxidos metálicos, hierro	Ácida (pH bajo)
Materia orgánica, biofouling, coloides	Alcalina (pH alto)
Sulfatos de calcio o bario	Productos específicos; consulte
Sílice	Productos específicos; consulte



Respete los límites de pH y temperatura de limpieza de su membrana. Si no conoce el ensuciamiento, haga primero un análisis de agua o una autopsia de membrana.

SECUENCIA DE LIMPIEZA

1 PREPARAR
Solución con agua de permeado en el tanque CIP, a la temperatura indicada.

2 RECIRCULAR
A baja presión y caudal del fabricante; descarte lo primero si sale muy sucio.

3 REMOJAR
Deje actuar el tiempo recomendado (de 1 h a toda la noche).

4 RECIRCULAR DE NUEVO
Con caudal más alto para arrastrar lo desprendido.

5 ENJUAGAR
Con permeado hasta que el pH y la conductividad se normalicen.

6 REGISTRAR
Anote químicos, tiempos, pH y el caudal recuperado.

SEGURIDAD
Use guantes, careta y delantal resistentes a químicos. Nunca mezcle limpiadores ácidos y alcalinos. Tenga lavaojos y ducha operativos (Guía 05).