

Osmosis Inversa: Paso de sales

La osmosis inversa es un fenómeno de transferencia de materia que permite obtener agua dulce desde agua con alto contenido de sales. El elemento que permite esta separación es la membrana de osmosis inversa.

A pesar de la alta tecnología empleada para su creación, las membranas de osmosis inversa no son perfectas, y permiten el paso de pequeñas fracciones de sal hacia el permeado. A la proporción de sal que logra traspasar la membrana y llegar al permeado se le denomina “paso de sales”, característica que refleja el inverso de la eficiencia de remoción de la membrana. El parámetro utilizado para reflejar esta eficiencia se conoce como “rechazo de sales”, es decir, la proporción de sales que efectivamente son rechazadas por la membrana y que no llegan al producto. En la desalinización industrial, los rechazos de sales suelen superar el 99,5%.

Al igual que en el caso del agua discutido en el T-009 de nuestra biblioteca técnica, el paso de sales es un fenómeno de transferencia de materia. La diferencia está en la fuerza impulsora que motiva el movimiento de sales, siendo en este caso la diferencia de concentraciones. Esto significa que, en el caso de la sal, el movimiento a través de la membrana se debe a la difusión entre la cámara salada y la cámara dulce, lo cual se escribe matemáticamente como se muestra en la Ecuación 1.

$$Q_S = A \cdot K_S \cdot \Delta C$$

Ecuación 1: Ecuación de paso de sales.

Donde:

- Q_S Caudal de sales: Caudal másico de sal que logra traspasar la membrana debido a la combinación entre el coeficiente de transferencia de materia, el área disponible y la diferencia de concentraciones presente (fuerza impulsora).
- A Superficie: depende del diseño de la instalación y del tipo de membrana en seleccionado.
- K_S Coefficiente de transferencia de materia (difusión): Corresponde a la capacidad de la membrana evitar el paso de sales gracias a su composición química, a pesar de la presencia de una alta fuerza impulsora. A diferencia de lo visto con la ecuación de permeabilidad, los fabricantes persiguen que el K_S sea lo más pequeño posible.
- ΔC Fuerza impulsora (Diferencia de concentraciones): Corresponde al componente que moviliza la transferencia de materia. Para el paso de sales, corresponde a la diferencia de concentraciones entre la cámara salada y la cámara dulce, diferencia que puede ser significativa en la medida que el agua de alimentación se concentra en el tubo de presión.

Osmosis Inversa: Paso de sales

Un ejercicio interesante es analizar qué efectos tienen los cambios de ciertos elementos en la efectividad del sistema para rechazar sales. La Tabla 1 muestra cuatro preguntas recurrentes en cualquier diseño y operación de plantas desaladoras:

Tabla 1: Sensibilización de la ecuación de paso de sales.

Pregunta		Componente que cambia	Resultado
1.	¿Qué pasa si aumenta el número de membranas?	$\uparrow A \cdot K_S \cdot \Delta C$ Aumenta el área, aumentando el paso de sales.	$\uparrow Q_s$
2.	¿Qué pasa si baja la presión de alimentación?	$A \cdot K_S \downarrow \Delta C$ Disminuye la cantidad de permeado, por lo que la salmuera se concentra menos. Si la salmuera se concentra menos, disminuye la fuerza impulsora, disminuyendo el paso de sales.	$\downarrow Q_s$
3.	¿Qué pasa si se cambian las membranas por las últimas del mercado?	$A \downarrow K_S \cdot \Delta C$ Mejora la efectividad de la remoción, empeorando el coeficiente de transferencia de materia. Por consecuencia, disminuye el paso de sales.	$\downarrow Q_s$
4.	¿Qué pasa si la concentración (TDS) de la alimentación baja?	$A \cdot K_S \downarrow \Delta C$ Disminuye la diferencia de concentraciones, disminuyendo el paso de sales.	$\downarrow Q_s$