

ABLANDADORES PARA CALDERAS

Conozca datos útiles para optimizar la operación de estos equipos clave para tratar el agua de reposición en calderas industriales.

Arnulfo Oelker Behn
Gerente Técnico de Thermal Engineering
aoelker@thermal.cl



Los ablandadores de agua de intercambio iónico, o simplemente ablandadores, son fundamentales en el tratamiento del agua de reposición o make up de calderas industriales.

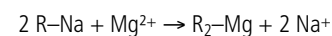
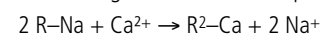
Estos equipos de bajo costo, inferior al 5% del valor total del equipamiento de una planta térmica, tienen una capacidad para eliminar la dureza (carbonatos de calcio y magnesio) del agua de prácticamente un 100%, siendo incluso superior a una osmosis inversa, que alcanza normalmente el 95%.

Los ablandadores de agua, por lo tanto, no pueden faltar en una planta térmica industrial.

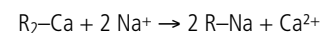
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La resina de intercambio iónico, generalmente de tipo gel sulfonado, se encuentra en forma sódica (R-Na⁺).

Cuando el agua dura atraviesa el lecho de resina, los iones de calcio y magnesio, que tienen mayor afinidad con la resina desplazan al sodio, mediante las siguientes reacciones químicas:



Una vez saturada, la resina se regenera con salmuera (solución de NaCl al 10 a 15%), la cual aporta una alta concentración de sodio que desplaza los iones de calcio y magnesio retenidos, a través de la siguiente reacción química:



Los ablandadores de agua poseen en general dos cuerpos cargados con resina, de tal forma que cuando uno de estos cuerpos es regenerado, el

otro entra en operación, para no interrumpir el suministro de agua blanda.

Las etapas de la regeneración y su duración típica son:

1. Retrolavado (Backwash): 5 a 10 minutos
2. Inyección de salmuera (Brining): 30 a 50 minutos
3. Reposo (Soaking): 5 a 10 minutos
4. Enjuague lento (Slow rinse): 10 a 20 minutos
5. Enjuague rápido (Fast rinse): 10 a 15 minutos

De ese modo, el tiempo total va de 60 a 90 minutos.

CAPACIDAD, VIDA ÚTIL Y MÁS

A continuación, se entregan memorias de cálculo asociadas a la capacidad de generación de agua blanda de los ablandadores, su operación, el consumo de sal para la regeneración y valores referenciales relativos a la vida útil de estos equipos.

• Cálculo de capacidad:

La capacidad de un ablandador para generar agua blanda antes de requerir ser regenerado depende del volumen de resina, la capacidad específica de la resina (65.000 ppm de CaCO₃/litro) y la dureza del agua, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad (m}^3\text{)} = \frac{\text{Capacidad específica (g CaCO}_3\text{/L)} \times \text{Volumen de resina (L)}}{\text{Dureza (g/m}^3\text{ de CaCO}_3\text{)}}$$

Aquí se presenta un ejemplo:

- Capacidad específica = 65 g de CaCO₃ / L de resina
- Resina = 100 L
- Dureza = 300 ppm = 300 g/m³

$$\text{Capacidad} = \frac{65 \text{ (ppm} \cdot \text{m}^3\text{/L)} \times 100 \text{ (L)}}{300 \text{ (g/m}^3\text{)}} = 21.7 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ g/m}^3$$

• Consumo de sal:

El consumo de sal por cada regeneración es de aproximadamente 0.2 a 0.3 Kg de sal por cada litro (volumen de resina), es decir:

$$\text{Consumo de sal} = \text{Volumen de resina (L)} \times \text{Dosis de sal (kg/L)}$$

• Vida útil de la resina:

Duración estimada: 300 a 800 ciclos (1 año aproximadamente, dependiendo de la frecuencia de la regeneración).

Factores limitantes:

- Cloro libre < 0.1 ppm (degrada la resina prematuramente)
- Hierro < 0.3 ppm (provoca ensuciamiento)
- Temperatura máxima: 60 °C (afecta capacidad de ablandamiento)

• Parámetros de operación:

- Frecuencia recomendada de regeneración: 12 a 24 horas
- Velocidad de retro lavado: 4 a 6 m/h
- Cloro libre máximo: 0.1 ppm (se recomienda carbón activado previo)

CONCLUSIÓN

Los ablandadores de intercambio iónico son equipos confiables para eliminar la dureza del agua.

Diseñados y operados correctamente, permiten minimizar el consumo de sal y maximizar la vida útil de la resina. 