



# Conocimientos básicos Tratamiento físico/químico de aguas

## Campo de aplicación de procesos físicos/químicos

El agua residual industrial contiene a menudo sustancias inorgánicas disueltas (p. ej., metales pesados) o sustancias orgánicas no biodegradables. Esto afecta también a muchas aguas de infiltración de vertedero y aguas subterráneas contaminadas. En este caso es apropiado el uso de procesos físicos/químicos. En este ámbito del tratamiento de aguas existe una gran variedad de procesos distintos. Entre los procesos más utilizados se incluyen:

Adsorción	Ósmosis inversa	Intercambio iónico
Precipitación	Floculación	Procesos de oxidación

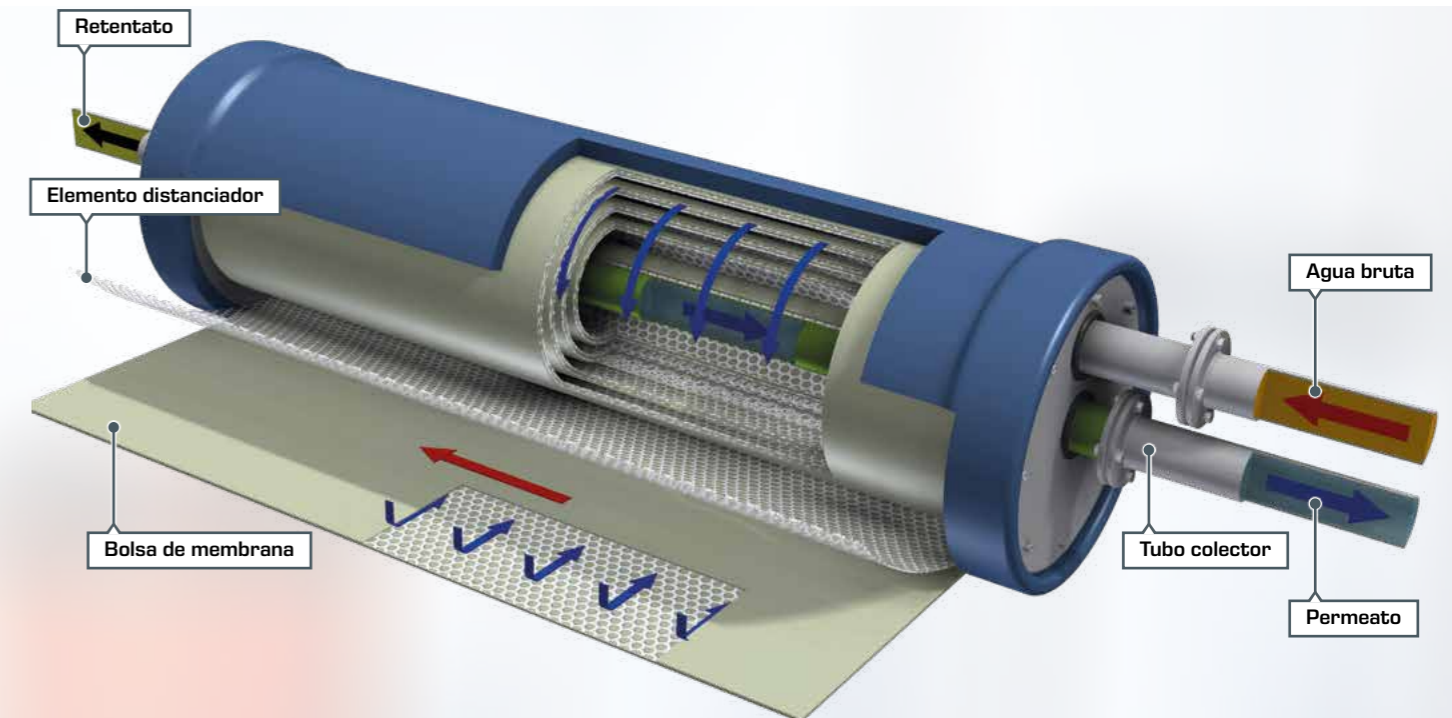


Adsorbedores con flujo de paso continuo en una planta de tratamiento de aguas

### Adsorción

En la adsorción, la sustancia a eliminar (adsorbato) se fija a la superficie de un cuerpo sólido (adsorbente). Esta fijación puede realizarse mediante un proceso físico o químico. Se suele utilizar principalmente carbón activado granulado como adsorbente. Mediante este proceso se pueden eliminar del agua, p. ej., compuestos de hidrocarburos clorados contaminantes de manera fiable. Este tipo de sustancias se encuentran en muchas aguas de infiltración de vertedero y aguas subterráneas contaminadas.

La adsorción suele realizarse con adsorbedores con flujo de paso continuo. En los adsorbedores hay un lecho fijo de carbón activado granulado. Tras un tiempo de funcionamiento determinado aumenta la concentración del adsorbato a la salida del adsorbedor. Este estado se denomina agotamiento. Si se traza la concentración del adsorbato a la salida del adsorbedor en función del tiempo, se obtiene la denominada curva de agotamiento.



### Ósmosis inversa: proceso de separación por membrana para las más altas exigencias

El principio básico de la ósmosis inversa es sencillo. La tendencia natural entre ambos lados de una membrana de lograr un equilibrio de la concentración (ósmosis) debe contrarrestarse. Para ello se crea una contrapresión, que es como mínimo tan alta como la presión osmótica. El agua fluye en dirección del gradiente de concentración a través de la membrana. De este modo, la concentración aumenta en gran medida en un lado de la membrana (retentato) y sigue disminuyendo en el otro (permeato). De modo simplificado, la ósmosis inversa puede considerarse como un proceso de dilución.

Con una ósmosis inversa se pueden eliminar del agua sustancias disueltas como, p. ej., iones. Mediante este proceso se puede generar agua pura, necesaria para muchos procesos de producción industriales sensibles como, p. ej., la industria farmacéutica. Otro campo de aplicación es la desalinización del agua de mar.

Para la ósmosis inversa se utilizan módulos de membrana en espiral. Una característica especial de este diseño es la bolsa de membrana en forma de espiral enrollada alrededor de un tubo central. Mediante una alta presión en el lado de entrada, el agua (permeato) entra a través de la membrana y fluye en espiral en el tubo colector. El flujo parcial retenido por la membrana (retentato) es extraído del módulo a través de otro tubo.

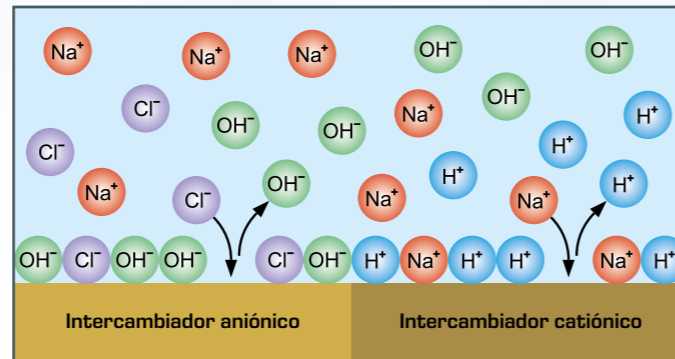


## Conocimientos básicos Tratamiento físico/químico de aguas

### Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso físicoquímico en el cual una materia sólida absorbe iones de un líquido y, como intercambio, emite al líquido una cantidad equivalente de iones de la misma carga. Si se intercambian iones de carga positiva (p. ej., sodio  $\text{Na}^+$ ), hablamos de intercambio catiónico. Por el contrario, en el intercambio aniónico se produce un intercambio de iones de carga negativa (p. ej., cloruro  $\text{Cl}^-$ ).

Los intercambiadores iónicos se utilizan, sobre todo, para desalinizar y desdurecer. También los metales pesados, contenidos en muchas aguas residuales de la industria metalúrgica, se pueden eliminar mediante intercambio iónico.



Desalinización mediante intercambio aniónico e intercambio catiónico posterior

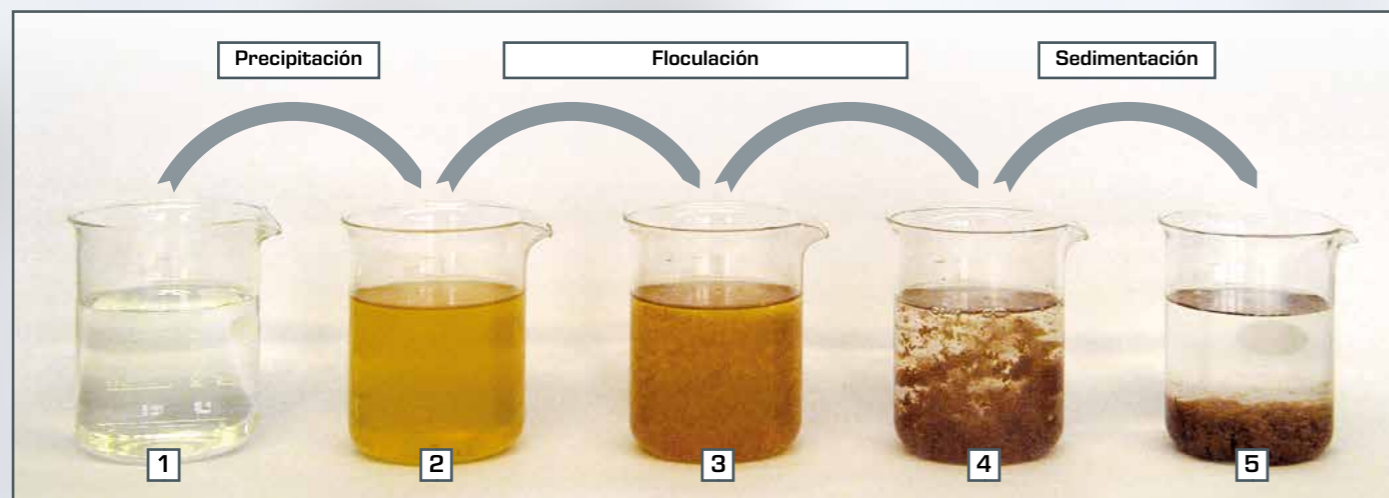
### Precipitación

La precipitación es un proceso químico en el cual una sustancia disuelta se transforma mediante reacción con otra sustancia en una forma insoluble (sólida). La precipitación es apropiada, p. ej., para eliminar metales disueltos. Además, la precipitación también se utiliza para la eliminación de fósforo en estaciones depuradoras de aguas residuales.

En la práctica, tras la precipitación suele realizarse una floculación para aumentar el tamaño de las materias sólidas formadas. Esto facilita la posterior separación mecánica de las materias sólidas (p. ej., mediante sedimentación).

### Floculación

Para añadir determinados productos químicos se aumentan primero las fuerzas de repulsión electrostáticas entre las distintas partículas sólidas. De este modo se unen las partículas en pequeños floculos (coagulación). Para seguir aumentando el tamaño de los floculos, se añade después un floculante (p. ej., polímero) al agua. Así surgen floculos con un diámetro de varios milímetros, que se pueden separar mecánicamente con facilidad al final.



Precipitación y floculación de hierro disuelto:

Mediante la adición de sosa cáustica, el hierro disuelto (1) se precipita primero como hidróxido de hierro amarillo e insoluble (2). Mediante la adición de otros productos químicos se forman floculos de hidróxido de hierro grandes (3 a 4), que después se pueden eliminar con facilidad mediante sedimentación (5).

### Procesos de oxidación

Muchos contaminantes orgánicos no son biodegradables y no se pueden eliminar mediante procesos biológicos. Entre estos se incluyen, por ejemplo, muchos hidrocarburos clorados. Debido a un manejo indebido, estas sustancias han llegado al agua subterránea en muchos lugares y representan un peligro para el hombre y el medio ambiente. Los procesos de oxidación son un método efectivo de eliminar este tipo de sustancias del agua.

En el tratamiento de aguas existen multitud de procesos de oxidación diferentes. En especial, los "procesos de oxidación ampliados" han adquirido cada vez más importancia en los

últimos años. La característica principal de estos procesos es la formación de radicales OH altamente reactivos. Estos radicales se incluyen entre los oxidantes más potentes y pueden, por tanto, oxidar prácticamente cualquier sustancia.

Los radicales OH se pueden generar, por ejemplo, mediante la irradiación de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) con luz ultravioleta. Para ello se utiliza preferiblemente radiación UV-C con una longitud de onda de 254 nm.

**Generación de un radical OH con luz ultravioleta y peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )**

- oxígeno
- hidrógeno
- electrón libre