



## Mejoramiento de la calidad del agua de salida del sistema de membrana de ósmosis inversa (RO) y electrodesionización (EDI/CDI)\* mediante contactores de membrana Liqui-Cel

Las membranas de RO en combinación con la tecnología EDI/CDI están logrando una rápida aceptación en la producción de agua de alta pureza. La unión de las dos tecnologías ofrece muchas ventajas al diseño del sistema de lecho mixto de RO convencional. El rendimiento global de un sistema RO-EDI/CDI puede mejorarse mediante la eliminación del dióxido de carbono disuelto entre las unidades de RO y EDI/CDI. Los contactores de membrana se utilizan normalmente junto con estas tecnologías para brindar un sistema de agua de alta pureza con poco mantenimiento y sin productos químicos.

La siguiente información describe los principios generales de los contactores de membrana y la EDI/CDI y explica la química básica del agua involucrada en este proceso.

### RO-EDI/CDI

La EDI es una tecnología que está logrando una rápida aceptación en la industria del tratamiento del agua. La tecnología consiste en un dispositivo de membrana que combina la tecnología convencional de resina de intercambio iónico y una corriente eléctrica. La corriente eléctrica se utiliza para regenerar continuamente la resina, con lo que se elimina la necesidad de regeneración química periódica.

Habitualmente, esta tecnología se combina con una membrana de RO. Este concepto ofrece varias ventajas al diseño convencional de lecho mixto de RO.

Un sistema RO-EDI/CDI produce continuamente agua de alta calidad.

No es necesario apagarlo para la regeneración. Esto elimina la filtración de iones que se produce al comienzo y al final del ciclo de regeneración en un lecho mixto. Asimismo, este proceso continuo simplifica la operación. Ya no son necesarios los operadores ni los procedimientos operativos asociados con los ciclos de regeneración recurrente.

Otra ventaja significativa que se logró con EDI/CDI es que no se requieren productos químicos para la regeneración. Esto elimina los costos de almacenamiento y desecho de los productos químicos peligrosos utilizados en la regeneración y las corrientes de desecho asociadas con la regeneración de un sistema convencional de resina de intercambio iónico.

En los últimos 10 años, la EDI/CDI ha evolucionado desde las aplicaciones piloto a pequeña escala hasta las aplicaciones industriales de gran flujo. Tradicionalmente este concepto estaba dirigido a la producción de agua de alta pureza en la industria electrónica. A medida que los temas ambientales relacionados con la eliminación de desechos y productos químicos se han reglamentado más estrictamente, este concepto ha obtenido una aceptación más amplia. (1)

### Contactores de membrana

Un contactor de membrana es un dispositivo de membrana hidrófoba que permite que el agua y un gas entren en contacto directo entre sí sin mezclarse. El agua fluye por un lado de la membrana y el gas lo hace por el otro. El tamaño pequeño del poro y la propiedad hidrófoba de la

membrana evitan que el agua atraviese el poro. La membrana actúa como un apoyo que permite al gas y al agua entrar en contacto entre sí en los poros. Al controlar la presión y la composición del gas en contacto con el agua, se puede generar una fuerza motriz para pasar los gases disueltos de la fase acuosa a la fase gaseosa.

El contactor de membrana funciona según los mismos principios que el desgasificador de vacío o el desaireador de tiro forzado. Sin embargo, la tecnología basada en membrana ofrece un sistema operativo más limpio, más pequeño y más estable que el diseño convencional de torre de desgasificación.

El contactor de membrana pone en contacto directo a las fases gaseosa y líquida en el poro de una membrana hidrófoba microporosa. El tamaño del poro de la membrana microporosa está en el orden de los 0,03 micrones, de modo que la contaminación aerotransportada no atravesará el poro ni contaminará la corriente de agua.

La membrana ofrece una interfaz estructurada entre el gas y las corrientes líquidas que no se altera por ningún cambio en los caudales de flujo de líquido. Esto proporciona un sistema operativo estable a una amplia gama de caudales de flujo. Además, la interfaz estructurada ofrece un área de contacto diez veces mayor por unidad de volumen que la encontrada en el envase de una torre de desgasificación convencional. Esto permite que el sistema de membrana sea mucho más pequeño que una torre de desgasificación convencional. (2)

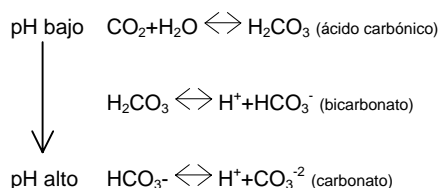
### Dióxido de carbono

El dióxido de carbono atravesará libremente una membrana de RO. Al atravesar la membrana de RO se disociará y elevará la conductividad del agua. Como la resistividad de salida del agua de una unidad EDI/CDI es proporcional a la conductividad de entrada, cualquier especie iónica formada a partir del gas de dióxido de carbono reducirá la resistividad de salida del agua producida por la EDI/CDI. La carga iónica agregada también puede afectar la capacidad de la EDI/CDI de eliminar semanalmente las especies iónicas cargadas como el boro y la sílice coloidal.

El dióxido de carbono se encuentra comúnmente en los suministros de agua de todo el mundo. Se produce a partir de la disolución del  $MgCO_3$  y el  $CaCO_3$  (carbonato de magnesio y el carbonato de calcio). Estos compuestos están presentes en muchos minerales de nuestro planeta. Se disuelven en el agua a medida que ésta fluye sobre los minerales en la corteza terrestre. Cuando estos carbonatos se disuelven en el agua forman iones de magnesio, calcio, carbonato y bicarbonato y gas de dióxido de carbono. La concentración de cada uno depende del pH de la fuente de agua. (3)

Una membrana de RO rechazará las especies iónicas; sin embargo, el gas de dióxido de carbono pasará libremente a través de la membrana. El gas de  $CO_2$  disuelto que atraviesa la membrana se volverá a ionizar. (2) Ésta será una fuente de iones en el agua que aumentará la conductividad del agua. Las ecuaciones que aparecen a continuación describen las reacciones que rigen la química del dióxido de carbono en el agua.

Cuando existe un pH bajo, el equilibrio se desplaza hacia el gas de dióxido de carbono; cuando el pH es alto, el equilibrio se desplaza hacia las especies iónicas.



### Manejo del dióxido de carbono

En general, el manejo del  $CO_2$  en el agua se puede llevar a cabo de dos maneras. Se puede ajustar el pH del agua para permitir que la membrana de RO rechace las especies iónicas o se puede eliminar el dióxido de carbono del agua mediante un gas de purga.

### Ajuste del pH

El pH del agua en la membrana de RO se puede elevar para desplazar las ecuaciones de equilibrio hacia el lado del carbonato. En este proceso, una pequeña cantidad de gas de dióxido de carbono está presente en el agua. La membrana de RO rechazará las especies iónicas y poco o nada de gas de dióxido de carbono estará presente corriente abajo de la membrana de RO.

Para ajustar el pH del agua, se agregan productos químicos al agua. Esto contribuye a la contaminación del agua rechazada que se debe tratar. El agua que tiene una alcalinidad alta también puede contaminar la membrana de RO. Con el fin de evitar esta contaminación, se utilizan habitualmente productos antiincrustantes. Esto, nuevamente, aumenta los productos químicos agregados al agua.

Como la calidad del agua cambia según las estaciones, el control de la adición de productos químicos debe estar diseñado teniendo esto en cuenta. Esto contribuye a la complejidad del sistema de control del pH.

La desventaja más importante del control del pH es que el usuario debe agregar productos químicos adicionales a la corriente de agua. Esto se suma a los productos químicos, el manejo, el almacenamiento y el tratamiento de las corrientes de desecho generadas por el uso de estos productos químicos.

### Extracción con aire

Una segunda alternativa para la extracción del  $CO_2$  del agua es eliminar el gas del agua mediante un gas de purga. Tradicionalmente esto se logró a través del uso de una torre de descarbonización de tiro forzado. En una torre de descarbonización, el agua fluye por un material de embalaje y se introduce aire en la torre. A medida que el agua fluye por el material de embalaje forma una película delgada que está en contacto con el aire. El dióxido de carbono pasa preferentemente de la corriente de agua a la de aire y se elimina o "purga" del agua.

En un sistema de RO-EDI/CDI no resulta práctica una torre de descarbonización de tiro forzado debido a su tamaño y al riesgo de agregar contaminantes nuevamente al agua después de la RO. Los contactores de membrana ofrecen una alternativa compacta, limpia y económica a la torre de descarbonización convencional.

Además, los contactores de membrana tienen un diseño de sistema simple y económico. En una torre de

descarbonización de tiro forzado convencional, el agua de salida se debe bombear desde un tanque de almacenamiento (pozo de decantación) a la torre. En el contactor de membrana, el agua de salida está bajo presión. No se necesitan ni tanque de almacenamiento ni bombas de represurización.

En un sistema de contactor de membrana correctamente diseñado, la resistividad del agua de salida puede alcanzar 1 a 2 Mohm/cm. Esta reducción de la conductividad mejorará ampliamente el rendimiento de una unidad de EDI/CDI.

### Eficacia de la extracción de CO<sub>2</sub> de un contactor de membrana: contactor de membrana Liqui-Cel® de 4 pulgadas con una distribución del flujo de aire de 8 m<sup>3</sup>/h

| Concentración de gas CO <sub>2</sub> de entrada | ppm   | Concentración del CO <sub>2</sub> disuelto de salida (ppm) |                     |                     |
|-------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                 |       | 1 m <sup>3</sup> /h                                        | 2 m <sup>3</sup> /h | 4 m <sup>3</sup> /h |
| CO <sub>2</sub>                                 | 30,0  | 1,5                                                        | 4,3                 | 9,5                 |
|                                                 | 50,0  | 2,0                                                        | 7,0                 | 15,7                |
|                                                 | 100,0 | 3,6                                                        | 13,4                | 31,0                |

### Conclusiones

Los sistemas RO-EDI/CDI están creciendo rápidamente en popularidad en la industria del tratamiento del agua. Altos niveles de conductividad de entrada en un dispositivo EDI/CDI tienden a reducir la resistividad del agua de salida. Una causa común de la alta conductividad es el dióxido de carbono disuelto. Los contactores de membrana ofrecen un método limpio y que no necesita mantenimiento para extraer el dióxido de carbono del agua sin producir cambios en el pH.

Para obtener más información o ayuda con su aplicación específica, comuníquese con su Representante de Membrana – Charlotte.

### Referencias:

- (1) Página Web de E-Cell [www.e-cell.com](http://www.e-cell.com) 7/00
- (2) Wiesler, F., "Membrane Contactors: An Introduction to the Technology", Ultrapure Water Journal, V13, No 4, Tall Oaks Publishing, Littleton, CO, pp. 27-31 (May/June 1996)
- (3) 1996 Kemmer, F N Nalco Water Handbook, Second Edition, pp. 4.7-4.12, McGraw Hill, New York, NY (1988)

\*Electrodesionización/Desionización continua.

Este producto sólo deberá ser utilizado por personas familiarizadas con su uso. Se deberá mantener dentro de las limitaciones establecidas. Todas las ventas están sujetas a los términos y condiciones del Vendedor. El comprador asume toda la responsabilidad por la idoneidad y adecuación para el uso, así como también por la protección del medio ambiente y por los asuntos relacionados con la salud y la seguridad vinculados con este producto. El Vendedor se reserva el derecho de modificar este documento sin previo aviso. Consulte a su representante para verificar la última actualización. Según nuestros conocimientos, la información que este documento contiene es exacta. Sin embargo, ni el Vendedor ni ninguno de sus afiliados asumen responsabilidad alguna respecto a la exactitud o integridad de la información contenida en este documento. La determinación final de la idoneidad de cualquier material y de si existe o no alguna infracción de patentes, marcas comerciales o derechos de autor es responsabilidad exclusiva del usuario. Los usuarios de cualquier sustancia deben convencerse por sí mismos, mediante investigaciones independientes, de que el material se puede utilizar con seguridad. Podemos haber descrito ciertos peligros, pero no podemos garantizar que éstos sean los únicos peligros que existen.

Liqui-Cel, Celgard, SuperPhobic y MiniModule son marcas comerciales registradas y NB es una marca comercial de Membrana-Charlotte, una división de Celgard, LLC y nada de lo que aparezca en este documento deberá considerarse una recomendación o licencia para utilizar información que discrepe de alguna patente, marca comercial o derecho de autor del Vendedor u otras personas.

©2005 Membrana – Charlotte Una división de Celgard, LLC (TB19Rev4\_10-05)

**Membrana – Charlotte**  
Una división de Celgard, LLC  
13800 South Lakes Drive  
Charlotte, North Carolina  
28273 EE.UU.  
Teléfono: (704) 587 8888  
Fax: (704) 587 8585

**Membrana GmbH**  
Oehder Strasse 28  
42289 Wuppertal  
Alemania  
Teléfono: +49 202 6099 -593  
Teléfono: +49 202 6099 -224  
Fax: +49 202 6099 -750

**Oficina en Japón**  
Shinjuku Mitsui Building, 27F  
1-1, Nishishinjuku 2-chome  
Shinjuku-ku, Tokio 163-0427  
Japón  
Teléfono: 81 3 5324 3361  
Fax: 81 3 5324 3369



**MEMBRANA**  
MEMBRANA  
Underlining Performance

[www.membrana.com](http://www.membrana.com)  
[www.liqui-cel.com](http://www.liqui-cel.com)

A **POLYPOR** Company