


WEBINAR


QUÍMICA BÁSICA
PARA PROFESIONALES EN TRATAMIENTO DE AGUA

08
OCTUBRE

10 AM
(HORA CDMX)

- ▶ Análisis fisicoquímicos del agua.
- ▶ Índices de saturación.
- ▶ ¿Cómo cambiar la tendencia corrosiva o incrustante del agua?
- ▶ Comportamiento de los electrolitos en agua.

 Impartido por: **Germán Grosó.**



www.carbotecnia.info/webinars-registro/

Les enviamos las respuestas a las preguntas que nos realizaron durante el webinar, todas las respuestas fueron redactadas por el Ing. Germán Grosó.

Cualquier duda, asesoría o punto de mejora quedamos a sus órdenes por medio del correo: ventas@carbotecnia.com.mx. ¡Gracias por participar!

Hola a todos, inicio por una aclaración que hizo Ignacio Maldonado, porque tiene razón y se trata de un error de concepto, que es importante (ya hice la corrección en el documento en pdf que compartimos con las imágenes y los comentarios que hago en el webinar):

Ignacio Maldonado:

- Los enlaces del agua son covalentes, ya que, cada elemento aporta un electrón y el par lo comparten ambos átomos.

Tienes razón, Ignacio, ¡gracias por la aclaración! Los enlaces H-O son covalentes; no son iónicos (como dije en el webinar). No obstante, por la diferencia de electronegatividades entre el H y el O, son covalentes polares (los electrones compartidos se acercan más al átomo de oxígeno). Lo correcto es decir que el agua es un solvente polar. Al ser polar, disuelve compuestos, tanto de carácter polar, como de carácter iónico (las que

ionizan y forman electrolitos). Ya hice la corrección en el pdf que les envíé con las imágenes del webinar.

Amado Rafael Perez Perez:

- ¿Cómo puedo tratar el ácido sulfhídrico en una planta de ósmosis, en el pretratamiento o en el post?

En el pretratamiento, Amado. Por un lado, el sulfuro de hidrógeno es un compuesto corrosivo y vale la pena separarlo del agua en las primeras etapas. Por otro lado, es fuente de energía para bacterias sulfurosas y puede promover su desarrollo en la corriente de alimentación y a lo largo de la membrana, hasta la corriente de rechazo. Además, las membranas no retienen gases por lo que el H₂S las traspasa y siguen presentes en el osmotizado. Separar este compuesto en el pretratamiento no impone mayor dificultad que separarlo en el permeado, entonces, mejor hacerlo antes.

Angel Reyes Quintero:

- Buenos días ¿Han realizado un filtro nanoestructurado? Sé que hay materiales o membranas nanoestructuradas que sirven para tratar el agua. No lo hemos hecho, Ángel. Tocas un tema interesante porque pertenece a una zona límite, en la que no siempre es sencillo distinguir entre una molécula disuelta y una suspendida (los coloides, que se consideran sólidos, y que pueden medir entre 1 y 100 nm). El carbón activado está formado por microporos (menores a 1 nm, lo que los dejaría fuera del rango de “nanómetros”), mesoporos (entre 1 y 50 nm) y macroporos (mayores a 50 nm). La IUPAC no ha definido el diámetro mayor que tiene un macroporo. En la práctica, se suele considerar que un poro de más de 10 micrómetros, ya es una grieta o cavidad. Volviendo al inicio, no siempre es sencillo conceptualizar lo que ocurre en dimensiones nanométricas. Quizás lo digo desde el punto de vista de la ingeniería (los investigadores quizás opinan diferente y tienen razones válidas para ello). También haces referencia a las membranas... las de ósmosis inversa rechazan partículas sólidas o disueltas mayores a 1 nm. Las de nanofiltración rechazan partículas mayores a 10 nm. Las de ultrafiltración, partículas, ahora sí, suspendidas, mayores a 100 nm. Las de microfiltración, partículas suspendidas mayores a 1 mm (1000 nm). Es un tema en el que tenemos mucho por aprender en Carbotecnia.

Angie Milena Burbano Ortega:

- ¿Hay alguna manera de precipitar los sulfatos químicamente?

Angie, desde el punto de vista de la química, sí se pueden precipitar sulfatos y quizás se haga cuando son realmente excesivos (pienso más

bien en aguas residuales industriales) o cuando coexisten con otros iones que también responden al compuesto químico con el que se van a precipitar. La bibliografía reporta que se pueden precipitar mediante sales de bario, sales de calcio (como CaCl_2 , para formar yeso: CaSO_4), alumbre, sales de hierro o algunos quelantes orgánicos específicos. No obstante, en la práctica y en el caso de aguas de origen natural, no se acostumbra la precipitación de sulfatos (resulta un tanto compleja de aplicar. Actualmente, cuando se tiene un exceso de sulfatos en un agua de origen natural, más bien se tratan mediante ósmosis inversa. Puede darse el caso del uso de resinas aniónicas fuertes ciclo cloruro, aunque la ósmosis inversa se ha hecho más competitiva. También puede aplicarse electrodiálisis o nanofiltración.

CARLOS ZAMBRANO:

- ¿Existen sustancias que presenten valores de pH por fuera del rango 0-14?

Carlos, la constante de equilibrio de la disociación de agua, cuyo valor es bastante constante, de 1×10^{-14} a una temperatura de 25°C , aplica para el rango de pH de entre 0 y 14. Un pH de cero corresponde a una concentración molar de iones hidrógeno de 1 mol/L y un pH de 14 corresponde a una concentración molar de iones hidrógeno de 1×10^{-14} mol/L. Puedes preparar una solución ácida que tenga una concentración molar de iones hidrógeno mayor a 1 mol/L, que correspondería a un pH negativo. O puedes preparar una solución básica que tenga una concentración molar de iones hidróxido mayor a 1 mol/L, que correspondería a un pH mayor a 14. No obstante, fuera del rango de pH de entre 0 y 14, la constante de equilibrio de la reacción no es la misma, y, por lo tanto, la definición de pH y de pOH ya no aplican. Fuera del rango, más que agua con electrolitos, habría que hablar de un ácido o un hidróxido en solución acuosa.

- Si requiero reducir alcalinidad con resina ¿cuál es la proporción de alcalinidad por litro de resina?

Depende de la marca y tipo de resina, de la composición del agua que deseas tratar, del diseño del proceso de intercambio iónico y de los parámetros hidráulicos de operación del recipiente en el que instalas la resina. Por poner un ejemplo, una resina aniónica Purolite A-400 tiene una capacidad operativa de intercambio que suele ser de alrededor de 0.75 equivalentes por litro de resina. Si gustas que hagamos el análisis preciso y que comparemos con otras alternativas para disminuir alcalinidad, con gusto te acompañamos. Si gustas, escríbenos a ingeniería@carbotecnia.com.mx.

Carolina Gutierrez:

- ¿Algunas recomendaciones para conductividad alta?

Hola Carolina, veo que tu pregunta está contextualizada en algo que dije en el webinar. No sé si responda a ella, pero la máxima concentración de sólidos disueltos totales que permite la NOM-127SSA1-2021 es 1000 mg/L, que corresponde a una conductividad que puede estar por 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (esta relación es bastante cercana cuando los SDT son cloruro de sodio). Los SDT que no son electrolitos, no modifican significativamente la conductividad del agua. Cuando se tiene una alta conductividad, los métodos para disminuirla son: ósmosis inversa (doble paso de osmotización en serie, o bien, electrodeionización cuando se quiere llegar a concentraciones muy bajas), intercambio iónico (resina catión-anión o resina mixta, ambas en ciclo hidrógeno y ciclo hidróxido) o destilación. La destilación perdió terreno debido al incremento en el costo y precio de la energía, pero con la disminución de dicho costo, creo que volverá a ser competitiva.

Elvia López Hurtado:

- Buenos días, vivo en Zapopan ¿me podrían decir que es el color marrón que presenta el agua del siapa? ¿es un contaminante vivo ejem. algas o algo así ya que me parece que se reproduce?

Elvia, ¿en qué zona de Zapopan vives? Una gran área, que está entre los Colomos y Tesistán, cuenta con agua de pozos de un acuífero de muy buena calidad. En ella, solamente hay exceso de sílice (tiene unos 100 mg/L) pero no incumple con la norma de potabilidad ni genera problema alguno excepto ciertas incrustaciones a largo plazo (sobre todo de artículos de vidrio, si no se secan). El agua del lado sur (entre las Fuentes y el rumbo de Santa Anita), es de bastante buena calidad. Quizás está un poco excedida en fluoruros, pero no causan el problema que mencionas. Hay que mencionar que actualmente la red de distribución del SIAPA está interconectada en toda la zona metropolitana y puede recibirse en Zapopan un agua de calidad distinta (que provenga de algún pozo particular o de alguna de las presas o lagos (Chapala, Calderón). El color marrón en el agua puede ser arcilla (que puede presentarse cuando se hacen reparaciones u operaciones de limpieza en el sistema de tuberías). En ocasiones, la contaminación ocurre dentro de nuestras fincas (en la cisterna o en el tinaco). Pudiera ser hidróxido férrico, si el agua tiene un tono más bien rojizo; el marrón podría provenir de la presencia de hierro y manganeso en altas concentraciones. Es poco probable que lleguen

microorganismos activos en la red del SIAPA ya que la principal variable que cuidan es la cloración. Sería cuestión de analizar tu caso. Si gustas llamarnos o escribirnos, analizamos el caso.

Fernando Mateus:

- Se mencionó que es más fácil controlar un agua corrosiva que un agua incrustante. Sin embargo, la condición incrustante es fácilmente solucionada con un suavizador. La corrosión, ¿cómo la soluciono?

Fernando, más bien quise decir que, para quienes nos dedicamos al tratamiento de agua, es más sencillo lidiar con un agua corrosiva que con un agua incrustante. Esto, porque el agua incrustante va afectando a casi todos los procesos de tratamiento (precipita en los catalizadores de dióxido de manganeso, en el carbón activado, en las resinas suavizadoras, en los tubos de cuarzo de las lámparas de UV, en las membranas de ósmosis inversa...). Lo corrosivo afecta a los materiales férricos (o de metales de mayor potencial de oxidación que el hierro). Para quien tiene una casa o empresa con tuberías de acero galvanizado, el agua con tendencia corrosiva es un problema nada grato. En cuanto a cómo solucionar la tendencia corrosiva del agua, la puedes resolver con calcita (Calcite), óxido de magnesio (Corosex) o con la adición de un químico soluble en agua cuyo catión sea calcio o magnesio o cuyo anión sea un carbonato o un bicarbonato o un hidróxido. Puede ser, por ejemplo, carbonato de sodio. Puede ser sosa o potasa, aunque hay que tener presente que estos químicos requieren de muy buen control en la dosis y de experiencia en el manejo de productos peligrosos.

Guillermo Jesús Reyes Aguilar:

- Se ajusta el pH, pasando todo el flujo a través del medio alcalino o parcial y se mezclan posteriormente / En cualquiera de los dos materiales sugeridos.

Excelente comentario, Guillermo. No hay como tratar una parte del flujo por el medio alcalinizante y mezclarla con otra parte no tratada. De esta manera, se obtiene el equilibrio deseado. Esto aplica para muchos procesos.... Por ejemplo, para operar suavizadores (si suavizas todo el flujo, sueles convertir el agua, de incrustante, a corrosiva).

Hernán Piñeres:

- Además de la ósmosis inversa, ¿existe alguna resina que sea eficaz para tratar los cloruros? ¿Qué compuesto se utiliza para su regeneración y, en términos económicos, es rentable?

Sí Hernán: las resinas aniónicas ciclo hidróxido, retienen cloruros y liberan hidróxido. Se regeneran con sosa o potasa. En cuanto a la rentabilidad de este tratamiento, hay que analizar cada caso. Va a depender de la composición de tu agua a tratar, de la calidad de agua que requieres y del volumen que requieres tratar (es importante tener claro que el volumen de agua a tratar puede definir qué proceso de tratamiento es mejor). Debo mencionar que cada vez se ha hecho más competitiva económicamente la ósmosis inversa (ya que el rechazo no contiene químicos y se puede usar en otros usos).

Isela Rodríguez:

- ¿Se puede usar sal en pélet para regenerar ambas resinas?

Isela, sí se puede usar sal (granular o en pélet) para regenerar, tanto resinas catiónicas como aniónicas. En el caso de la catiónica, la llevas a ciclo sodio. En el caso de la aniónica, la llevas a ciclo cloruro. Esto no es correcto si lo que buscas es desmineralizar agua. Si buscas desmineralizar agua, la resina catiónica la debes regenerar con un ácido protónico fuerte, como clorhídrico o sulfúrico. Y la aniónica, con una base fuerte, como hidróxido de sodio o de potasio.

Jaime Sánchez Martínez:

- ¿Qué índice de Langelier se recomienda en función de los diferentes metales o materiales presentes en el circuito del agua?

Si los metales son de alto potencial de oxidación (fácilmente oxidables), es mejor un Índice de Langelier mayor a cero... aunque no muy alto, para evitar que el agua tenga tendencia incrustante.

José Huaman:

- ¿De qué manera nos puede servir el potencial óxido-reducción para el control corrosivo del agua?

José, un ORP elevado significa que el agua tiene una mayor capacidad para aceptar electrones, lo que puede aumentar la oxidación de metales como el hierro y el cobre, y acelerar la corrosión. Un ORP bajo corresponde a condiciones reductoras y puede reducir la tendencia corrosiva del agua, aunque puede favorecer procesos de corrosión microbológica, en caso de presencia de microorganismos anaerobios. No he vivido el caso de controlar la tendencia corrosiva del agua mediante el ORP. Por lo que estoy leyendo, no hay un rango de ORP adecuado para todo caso, aunque en el

rango entre 0 y -200 mV, se reduce la tendencia del agua a corroer metales.

- ¿Cómo puedo controlar la dureza temporal del agua que ingresa a un proceso isotérmico?

Encontré las siguientes alternativas, que pueden ser razonables de acuerdo al contexto: (a) Calentar antes del proceso isotérmico para convertir los bicarbonatos de calcio y magnesio en carbonatos que precipitan (y filtrar); (b) Tratamiento con hidróxido de calcio para convertir los bicarbonatos en carbonatos y precipitar (CaCO_3 y MgCO_3); (c) Tratamiento con carbonato de sodio para precipitar iones calcio como carbonato de calcio (no funciona bien para el magnesio); (d) Suavizar para intercambiar iones calcio y magnesio por iones sodio, con lo que se reduce tanto la dureza temporal como la permanente; e) Acidificar para disminuir la concentración de bicarbonatos; (f) Nanofiltración u ósmosis inversa.

José Luis Morales:

- Hola buenos días, ¿el calcite se adiciona directamente en el agua cruda o es a través de un filtro?

José, el agua cruda se percola a través de una cama de gránulos de Calcite. Lo mismo se hace en el caso del Corosex (que es óxido de magnesio). Si gustas que hagamos un dimensionamiento para un caso concreto, escríbenos a ingenieria@carbotecnia.com.mx.

Juan Rogelio Lugo Rodríguez:

- ¿Qué tipo de resina usar en cada caso?

Juan, no recuerdo el contexto en el que hiciste esta pregunta. Si estaba hablando de desmineralización con resinas, hay que usar resina catiónica y resina aniónica. La primera en ciclo hidrógeno (se regenera con un ácido fuerte, como clorhídrico o sulfúrico) y la segunda en ciclo hidróxido (se regenera con una base fuerte, como sosa o potasa).

- ¿Qué usan las plantas purificadoras para hacer "Agua Alcalina"?

No sé, Juan. Supongo que adicionan un álcali en una dosis definida y adecuada (por ejemplo, bicarbonato de sodio). Aunque no es lo que preguntas, en lo personal no me gusta el agua alcalina. Se puso de moda hace varios años, partiendo de la premisa de que un agua baja en sales (que puede contener la acidez que le aporta el ácido carbónico que

proviene CO₂ presente en el aire) no era adecuado para la salud. El tiempo ha ido mostrando que el agua alcalina puede causar problemas a la salud, mientras que las estadísticas no han mostrado que un agua baja en sales sea causa de morbilidad o de menor esperanza de vida. Te invito a leer el artículo “¿El agua baja en sales causa daños a la salud?” que tenemos publicado en la página de Carbotecnia (<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/el-agua-baja-en-sales-puede-causar-danos-a-la-salud/>)

Leticia García:

- Para el índice de Langelier se habló de dureza de calcio, ¿cuál es esta?, la total expresada en meq de CaCO₃.

Leticia, la calculadora de Lenntech te pide el dato de dureza de calcio en mg/L como CaCO₃.

Luis Moisés Cahuantzi Téllez:

- ¿Algún químico que ayude a eliminar el exceso de sarro en el suministro de agua?

Puede ser un ácido, aunque no es sencillo controlar la dosis (y hay que tener experiencia en su manejo ya que los ácidos minerales fuertes son productos peligrosos). Una alternativa más segura y de control más sencillo consiste en suavizar el agua. Al intercambiar los iones divalentes, entre los que predominan el calcio y el magnesio, por iones sodio, el agua disminuye sustancialmente la formación de sarro, que suele ser carbonato de sodio (y en menor proporción, de magnesio).

Marco Sánchez:

- Químicamente ¿cuál es el reactivo para dureza total?

La solución titulante es EDTA a una concentración 0.01M. El indicador es negro de eriocromo y sales que forman un buffer para llevar el pH a un valor cercano a 10 y asegurar que se formen complejos estables entre el EDTA y los iones de dureza.

- ¿Con qué método podemos monitorear al inhibidor de incrustaciones en membranas de osmosis?

Un monitoreo analítico preciso requiere equipo de laboratorio especializado y personal capacitado (el equipo puede ser espectrofotometría UV visible,

cromatografía líquida de alta resolución o espectrometría de masas). Esto es costoso e inviable para el monitoreo continuo. Habría que ver si el inhibidor puede detectarse mediante una variable indirecta (colorimetría, Índice de Langelier...). Lo común es controlar y verificar la dosificación.

Mario Arellano:

- ¿Qué experiencia tienen en el tratamiento de agua con perlas de polifosfato de silicio grado alimenticio?

Mario, no tenemos experiencia con ellas. Pregunté a mis compañeros y me dijeron que 3M ofrece cartuchos con las perlas, como último paso en el tratamiento de agua en punto de uso para cafeteras (tengo que preguntar porque nuestro catálogo tiene más de 4000 productos). Distribuimos cartuchos 3M y llevamos una relación cercana con este proveedor, que es muy técnico. Si te interesa, gestionamos una charla contigo y con 3M para profundizar y aclarar dudas. Si gustas, escríbenos a ingenieria@carbotecnia.com.mx.

Mario Hernández:

- ¿Hay casos con altos sulfatos y alta dureza? ¿qué se hace en esos casos?

Sí, Mario. Si se logra una disminución eficaz de la dureza, se resuelve el problema. Si no se logra dicha eficacia, habrá que disminuir también los sulfatos (mediante resinas catiónicas fuertes o mediante precipitación química cuando se trate de aguas con muy alto contenido de estos).

Marvin Honduras:

- ¿Cuál es la diferencia entre conductividad y sólidos disueltos?

Marvin, los sólidos disueltos que ionizan (que forman electrolitos) aportan conductividad al agua. Mientras más electrolitos tiene el agua, mayor es su conductividad. Es por ello que la concentración de sólidos disueltos que ionizan se estima midiendo la conductividad del agua. Cada mg/L de NaCl aumenta la conductividad del agua en 1 $\mu\text{S/cm}$.

Mauro Alvarez:

- Se tratará el tema de pasivador de circuitos hidráulicos para evitar intercambio iónico cuando se encuentran diferentes tipos de metales en el circuito hidráulico como cobre y aluminio?

No lo abordaremos, Mauro, porque no es un tratamiento que hacemos y no tenemos experiencia alguna. Gracias por mencionarlo. Voy a estudiarlo porque estoy pensando en varios casos que hemos atendido y en el que podría ser muy útil.

Mónica:

- Para disminuir la alcalinidad, entonces ¿el método más económico sería aplicando ácido clorhídrico y sulfúrico diluido?

En términos de costo de reactivos, sí, Mónica. En términos de personal o equipo especializado para controlar la dosis y para manejar ácidos fuertes (que son peligrosos), el costo es mayor porque se requiere personal especializado

- ¿Qué producto es mejor para ajustar un pH ácido (5.5), Calcita o Corosex?

Generalmente, para ese nivel de pH (que es bajo), va a ser mejor el Corosex (porque aporta hidróxidos y corrige más el pH que el Calcite, que aporta carbonatos).

NavaS:

- ¿Qué pasa si en los análisis no se determina el flúor? Más bien la pregunta va orientada a la influencia que pueden tener algunos aniones o cationes menores ¿pueden influir en el balance?

NavaS, en caso de que fluoruros y otros cationes y aniones se encuentren en concentraciones menores, no analizarlos no afectará mucho al balance. Fluoruros son importantes, no tanto por su aporte a la conductividad, sino porque, en exceso, tiene algunos efectos negativos a la salud. El más conocido es la afectación al esmalte de los dientes en niños. Dosis mayores provocan, entre otros, fluorosis esquelética, afectación a la función de la tiroides, efectos neurológicos y problemas renales (hay que recordar que para la toxicología, cualquier compuesto es tóxico arriba de ciertas dosis).

- ¿Es posible que la dureza temporal sea mayor que la dureza permanente?

Sí, en caso de que la alcalinidad se deba a bicarbonatos (que son los que provocan que la dureza sea temporal)

Oscar A. Sanchez:

- El metabisulfito de sodio es recomendable para eliminar cloro en un sistema de osmosis inversa? o hay mejores productos.

Sí funciona y se utiliza, Óscar. Otros compuestos que realizan la misma acción son sulfito de sodio, bisulfitos de sodio, tiosulfato de sodio, ácido ascórbico o ascorbato de sodio. Una alternativa muy práctica y económica es el carbón activado granular.

Oscar parada Parada:

- Hola para calcular el índice de langelier que metodología usar para medir los carbonatos.

Titulando con una solución ácida y utilizando fenolftaleína como indicador (que vira a un pH cercano o a 8.2). El resultado corresponde a la concentración de carbonatos e hidróxidos. En aguas de origen natural, la concentración de hidróxidos es muy baja, por lo que el resultado refleja la concentración de carbonatos.

Ricardo Castillejos:

- ¿Es posible que el nitrógeno amoniacal incrementa la conductividad y la alcalinidad?

Sí. El nitrógeno amoniacal es NH_4OH , y se disocia en ion amonio (NH_4^+) y ion hidróxido.

Tonatiuh Álvarez del Castillo Estrada:

- ¿Qué puedo hacer con varios kilos de resina catiónica que tengo como residuo?

Tonatiuh, puedes disponerlos como residuos de manejo especial. Hay empresas que cobran por recolectarla y te entregan el manifiesto correspondiente.