

El ozono y la Formación de Bromatos

O Ozônio e a Formação de Bromatos

por Ing. Carlos Albícker Albícker

Español

Português

Resumen: El ozono ha sido utilizado en amplia escala para oxidación inorgánica y orgánica, así como en la desinfección, para eliminar bacterias, virus, parásitos y como una ayuda en la microfloculación y reducción de sólidos suspendidos.

En la industria de agua embotellada, el ozono se usa para la preoxidación, la eliminación del ion ferroso o de manganeso para flocularlo y prefiltrarlo. Asimismo, se usa para la desinfección segura del agua producto, alargando la vida de anaquel. En envases retornables de cinco galones, el ozono se usa para la sanitización en la última etapa de la lavadora, con agua hiper-ozonizada entre 1.0 y 1.2 partes por millón (ppm) de ozono residual. El ozono ayuda a mejorar el olor, sabor y color del agua, así como la inactivación de virus, bacterias y parásitos. En la industria farmacéutica se utiliza para obtener agua ultrapurificada grado farmacéutico. Su uso se extiende en forma amplia para redes municipales de agua potable, tratamiento de aguas “negras” y para el reuso de las mismas.

Aplicaciones típicas del ozono

En la industria del agua embotellada, los usos principales del ozono son:

- Preoxidación,
- Tratamiento de agua producto a la llenadora,
- Enjuague final a botellitas y tapas,
- Limpieza de tuberías tipo “clean in place”
- Mejoramiento de propiedades organolépticas
- Sanitización de garrafones, tanques y recipientes

Normas para desinfección

La Agencia para la Protección Ambiental de EE.UU. (USEPA*) ha fijado los valores de CT (Concentración-Tiempo para la desinfección de agua al 99.9% de quistes de *Giardia lamblia*—el más resistente al ataque de cualquier oxidante) y del 99.99% de virus, siendo el ozono el más poderosos desinfectante de uso práctico disponible (ver Figura 1).

Figura 1. Valores CT (mg x min./L) Para 99.9 % de Inactivación de *Giardia* y 99.99% de Virus

	Cloro libre (pH 6 a 7)	Cloramina (pH 8 a 9)	Dióxido de Cloro (pH 6 a 7)	Ozono (pH 6 a 7)
Giardia	122	2,200	26.0	1.9
Virus	8	1,988	33.4	1.2

Datos para 5°C

Resumo: O ozônio é utilizado em larga escala para oxidação inorgânica e orgânica, bem como na desinfeção para eliminar bactérias, vírus, parasitas e como adjuvante na microfloculação e redução de sólidos suspensos.

Na indústria de engarrafamento de água, o ozônio é utilizado para a pré-oxidação, a eliminação do íon ferroso ou de manganês para floculá-lo e pré-filtrá-lo. Analogamente, é utilizado para a desinfeção segura da água produto, aumentando sua vida de prateleira. Em bombonas retornáveis de cinco galões, utiliza-se o ozônio para a sanitização na última etapa da lavadora, com água hiper-ozonizada entre 1,0 e 1,2 parte por milhão (ppm) de ozônio residual. O ozônio ajuda a melhorar o odor, sabor e cor da água, bem como na inativação de vírus, bactérias e parasitas. Na indústria farmacêutica é utilizado para se obter água ultrapurificada de pureza farmacêutica. Seu uso se estende de forma ampla para redes municipais de água potável, tratamento de águas servidas e para sua reutilização.

Aplicações típicas do ozônio

Na indústria de engarrafamento de água, os principais usos do ozônio são:

- Pré-oxidação,
- Tratamento de água produto na envasadora,
- Enxágüe final de garrafinhas e tampas,
- Limpeza de tubulações do tipo “clean in place”
- Melhoramento de propriedades organolépticas
- Sanitização de garrafões, tanques e recipientes

Normas para desinfeção

A Agência de Proteção Ambiental dos EE.UU. (USEPA*) fixou os valores de CT (Concentração-Tempo para a desinfeção de água de 99,9%

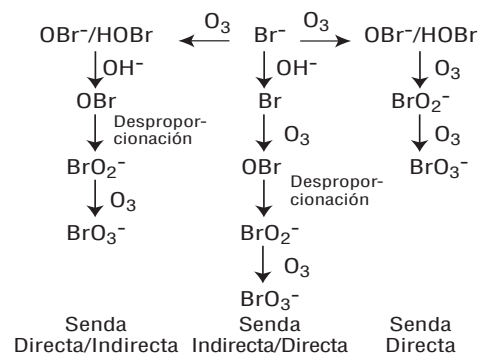
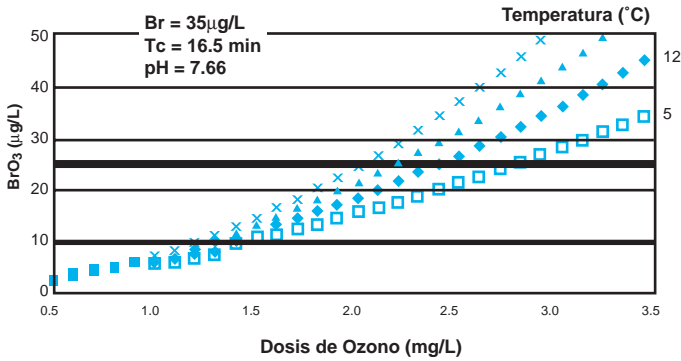


Figura 2. Mecanismos de Formación de Bromatos

Figura 3. Control de Temperatura



Asimismo ha fijado los valores máximos para los subproductos de la desinfección, como los trihalometanos (THMs) y Ácidos Haloacéticos (HAAs*) cuando se usa cloro y otros halógenos, y de bromatos cuando se usa ozono. Estos subproductos de la desinfección son formados a causa de la introducción del desinfectante en aguas que contienen compuestos orgánicos. La reacción del desinfectante con dichos compuestos forma los subproductos.

Normas para los subproductos de desinfección

- 0.08 miligramos por litro (mg/L) Trihalometanos Totales (TTHM)
- 0.06 mg/L Ácidos Haloacéticos Totales (THAA)
- 0.01 mg/L Bromatos (10 mg/L BrO₃⁻)
- 1.0 mg/L Clorito

Porqué reglamentar el bromato

Algunos estudios limitados han sugerido la posibilidad de que los bromatos sean cancerígenos, por lo que la USEPA los ha limitado. Su formación está relacionada con la acción oxidante del ozono para convertir bromuros en bromatos. La USEPA ha fijado dos etapas y revisará la norma dentro de seis años. Las normas de la Administración del Alimentos y Drogas (FDA*) de EE.UU., quien supervisa el agua embotellada, usa los mismos límites.

- Etapa 1: Desinfección/Subproductos de Desinfección (D/DBP*), 10 microgramos por litro (mg/L), a partir del 1º de enero de 2002
- Etapa 2: Desinfección/Subproductos de Desinfección, permanece a 10 mg/L
- Fechas para cumplimiento a nivel municipal (USEPA): enero de 2002 para > 10,000 habitantes, enero 2004 para < 10,000 habitantes
- Agua Embotellada (FDA): enero de 2002 para todos

Límites de Bromatos (BrO₃⁻)

- La regla indica un nivel máximo del contaminante (MCL*) en

Figura 5. Aumento de Alcalinidad

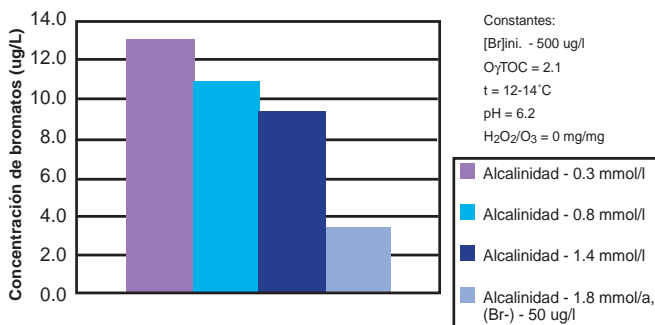
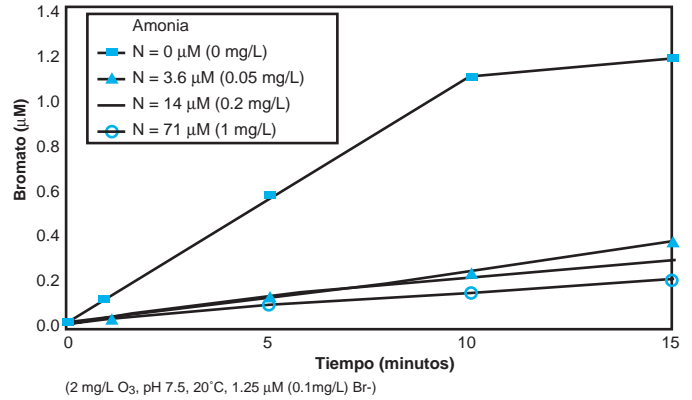


Figura 4. Impacto de la Dosificación de Amonia en la Formación de Bromatos



de cistos de *Giardia lamblia*—o mais resistente ao ataque de qualquer oxidante) e de 99,99% de vírus, sendo o ozônio o desinfetante mais poderoso de uso prático disponível (ver Figura 1).

Analogamente, fixou os valores máximos para os subprodutos da desinfeção, como os trihalometanos (THMs) e ácidos haloacéticos (HAAs*) quando se utilizam cloro e outros halogênios, e de bromatos quando se usa ozônio. Esses subprodutos da desinfeção são formados devido à introdução do desinfetante em águas que contêm compostos orgânicos. A reação do desinfetante com tais compostos forma os subprodutos.

Normas para os subprodutos de desinfeção

- 0,08 miligramas por litro (mg/L) de Trihalometanos Totais (TTHM)
- 0,06 mg/L de Ácidos Haloacéticos Totais (THAA)
- 0,01 mg/L de Bromatos (10 mg/L BrO₃⁻)
- 1,0 mg/L de Clorito

Por que regulamentar o bromato

Alguns estudos limitados sugeriram a possibilidade de que os bromatos sejam cancerígenos, em função do que a USEPA os limitou. Sua formação está relacionada com a ação oxidante do ozônio para converter brometos em bromatos. A USEPA fixou duas etapas e revisará a norma dentro de seis anos. As normas da Administração de Alimentos e Drogas (FDA*) dos EE.UU., que fiscaliza o engarrafamento de água, empregam os mesmos limites.

- Etapa 1: Desinfeção/Subprodutos de Desinfeção (D/DBP*), 10 microgramas por litro (mg/L), a partir de 1º de janeiro de 2002

Figura 6. Combinación de Opciones

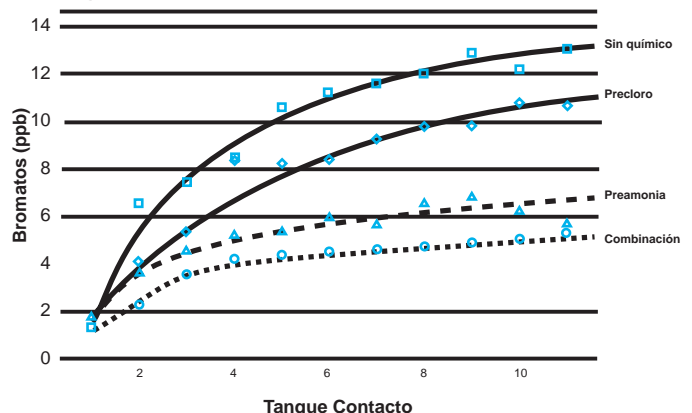


Figura 7. Ajuste de pH

Bromuro = 0.50 mg/L, pKa = 9

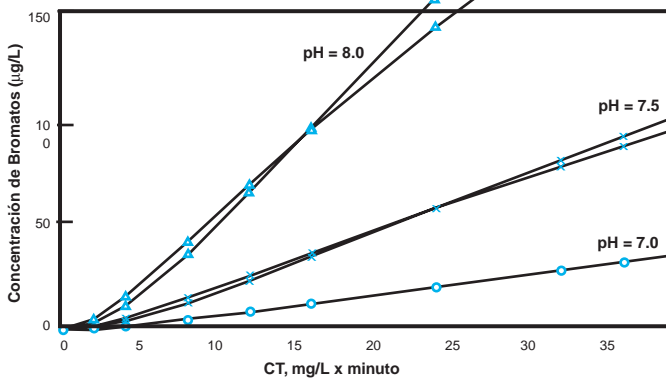
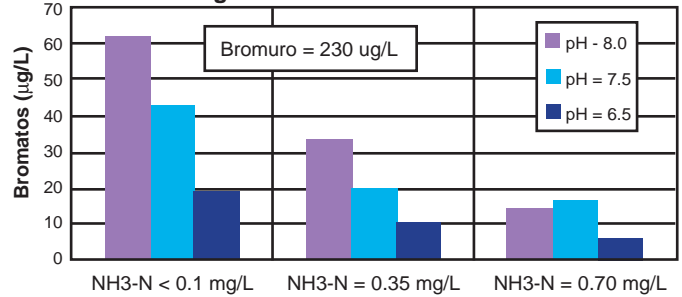


Figura 8. Efecto de bromuro, amonía, y pH en la formación de bromatos después de la ozonación de agua de Lake Mead con una dosis de ozono de 2 a 2.5 mg/L



Título 40 Código de Regulaciones Federales (CFR*) §141.53¹

• 0.010 mg/L y se sugiere una mejor tecnología disponible (BAT*)—

Título 40 CFR §141.64¹—a través del control del proceso de tratamiento con ozono. Los métodos analíticos aprobados se encuentran en Título 40 CFR §141.131 EPA 300.1¹

El mecanismo de formación de bromatos se puede apreciar en la Figura 2.

Control de la formación de bromatos

El punto central de este artículo es proponer mecanismos prácticos y eficaces para lograr balancear la desinfección de agua y la formación de bromatos. Esto significa diseñar de manera adecuada el sistema de contacto ozono-agua, con el fin de alcanzar una eficaz desinfección, evitando exponer el agua con presencia de bromuros, a un tiempo de contacto y dosificaciones altas de ozono que promuevan la formación de bromatos fuera de los límites.

Las características de la calidad del agua es el punto primero y fundamental. Si no existe la presencia de bromuros disueltos, no hay ningún riesgo de formación de bromatos, aún con la presencia de cualquier oxidante. Los bromatos tienden a estar presentes en agua de subsuelo en zonas que prehistóricamente estuvieron bajo el mar.

En el caso de existir bromuro disuelto, existen varios mecanismos que se analizan para el control de la formación de bromatos. Se proponen dos grandes estrategias:

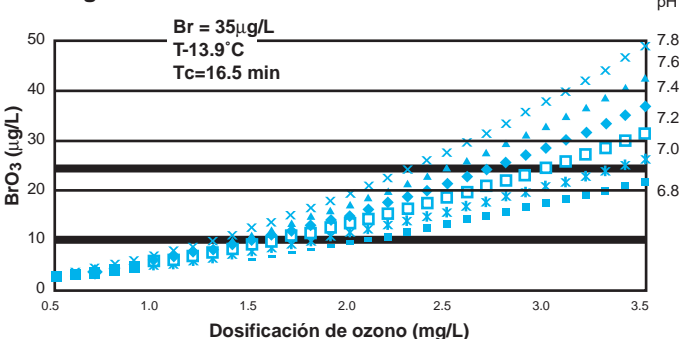
A) Control de la concentración del ion bromuro:

- Modificación de la temperatura,
- Adición de químicos, y
- Ajuste del pH.

B) Condiciones de operación de proceso:

- Dosificación de ozono,

Figura 9. Inhibición de Desarrollo de Bromatos



• Etapa 2: Desinfecção/Subprodutos de Desinfecção, permanece em 10 mg/L

• Datos para cumplimiento a nivel municipal (USEPA): janeiro de 2002 para > 10.000 habitantes,

janeiro de 2004 para < 10.000 habitantes

• Água engarrafada (FDA): janeiro de 2002 para todas

Limites de Bromatos (BrO₃⁻)

• A regra indica um nível máximo de contaminante (MCL*) no Título 40 do Código de Regulamentações Federais (CFR*) §141.53¹

• 0,010 mg/L e se sugere uma melhor tecnologia disponível (BAT*)— Título 40 CFR §141.64¹—através do controle do processo de tratamento com ozônio. Os métodos analíticos aprovados se encontram no Título 40 CFR §141.131 EPA 300.1¹

Pode-se ver o mecanismo de formação de bromatos na Figura 2.

Controle da formação de bromatos

O ponto central deste artigo é propor mecanismos prácticos e eficaces para conseguir balancear a desinfección da água e a formação de bromatos. Isso significa projetar de maneira adequada o sistema de contato ozônio-água, a fim de obter uma desinfección eficaz, evitando expor a água com presença de bromatos a um tempo de contato e dosagens altas de ozônio que promovam a formação de bromatos fora dos limites.

As características da qualidade da água são o ponto primeiro e fundamental. Se não houver presença de bromatos dissolvidos, não há nenhum risco de formação de bromatos, mesmo com a presença de

Figura 10. Efecto de Alcalinidad por Bicarbonatos y CO₂

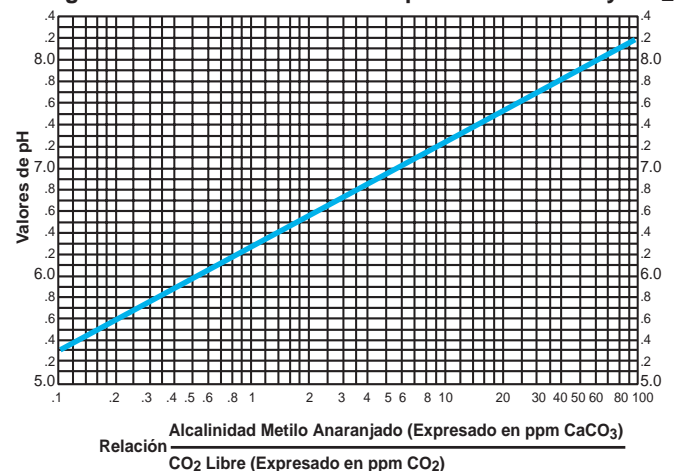
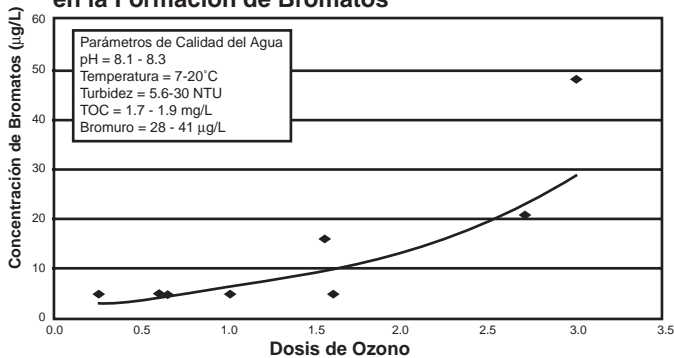


Figura 11. Impacto de la Dosis Inicial del Ozono en la Formación de Bromatos



- Eficiencia en la transferencia de masa,
- Reducción de la demanda inicial, y
- Residual de ozono y tiempo de reacción.

Control de temperatura

A mayor temperatura la oxidación es más eficaz, y por lo tanto, aumenta la formación de bromatos. Un ajuste a la baja en la temperatura podrá disminuir la formación de bromatos (ver Figura 3).

Adición de químicos

Con el fin de disminuir la formación de bromatos, podemos usar algunas de las siguientes opciones: amoníaco, alcalinidad o cloro.

Amoníaco: La Figura 4 presenta el impacto de la dosificación de amoníaco contra el desarrollo de bromatos con respecto al tiempo, partiendo de una agua a la que se le ha dosificado 2 mg/L de ozono, pH 7.5 y 0.1 mg/L de Br. Con dosificaciones de 1 mg/L se puede mantener bajo control el desarrollo de bromatos por tiempos de contacto de 15 minutos.

Alcalinidad: El aumento de la alcalinidad tendrá un efecto inversamente proporcional, esto es, a mayor alcalinidad, menor será la formación de bromatos. La Figura 5 lo muestra a partir de una agua con 500 mg/L de bromuro, pH 6.2, temperatura de 12-14°C.

Cloro: La combinación de las siguientes opciones fue evaluada, y se presentan en la Figura 6.

- Precloración,
- Adición previa de amoníaco,
- Precloración/amoníaco, y
- Adición en la celda 2 del tanque contacto.

Figura 13. Inyección de Ozono en Corriente Lateral Demanda de Ozono vs. Dosis Aplicada de Ozono Demanda de Ozono (mg/L)

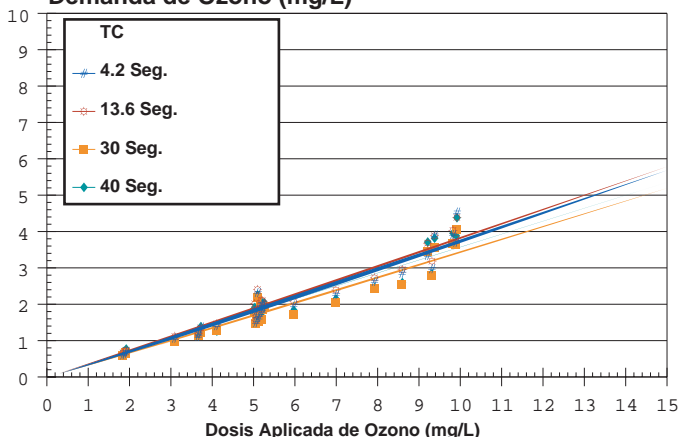


Figura 12. Consideraciones en Contacto Ozono-Agua



- Dosificación aplicada de ozono
- Eficiencia de transferencia de masa/ equilibrio
- Demanda instantánea de ozono
- Velocidad de destrucción de ozono (Tiempo de vida media)
- Hidráulica del sistema de reacción y tiempo de contacto
- Exposición secundaria al ozono-retorno de la llenadora
- Medición y control de dosificación de ozono

qualquer oxidante. Os bromatos tendem a estar presentes na água do subsolo em zonas que, pré-historicamente, estiveram debaixo do mar.

No caso de haver brometo dissolvido, existem vários mecanismos que são analisados para o controle da formação de bromatos. Propõem-se duas grandes estratégias:

A) Controle da concentração do íon brometo:

- Modificação da temperatura,
- Adição de Produtos Químicos, e
- Ajuste do pH.

B) Condições de operação do processo:

- Dosagem de ozônio,
- Eficiência na transferência de massa,
- Redução da demanda inicial, e
- Residual de ozônio e tempo de reação.

Controle de temperatura

A uma temperatura maior, a oxidação é mais eficaz e, portanto, aumenta a formação de bromatos. Um ajuste para abaixar a temperatura poderá diminuir a formação de bromatos (ver Figura 3).

Adição de produtos químicos

A fim de diminuir a formação de bromatos, podemos usar algumas das seguintes opções: amoníaco, alcalinidade ou cloro.

Amoníaco: A Figura 4 apresenta o impacto da dosagem de amônia contra a formação de bromatos em relação ao tempo, partindo-se de uma água à qual se dosou 2 mg/L de ozônio, pH 7,5 e 0,1 mg/L de Br. Com dosagens de 1 mg/L, pode-se manter sob controle a formação de bromatos por tempos de contato de 15 minutos.

Alcalinidade: O aumento da alcalinidade terá um efeito inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a alcalinidade, menor será a formação de bromatos. A Figura 5 mostra isso a partir de uma água com 500 mg/

Figura 14. Dosificación y TC

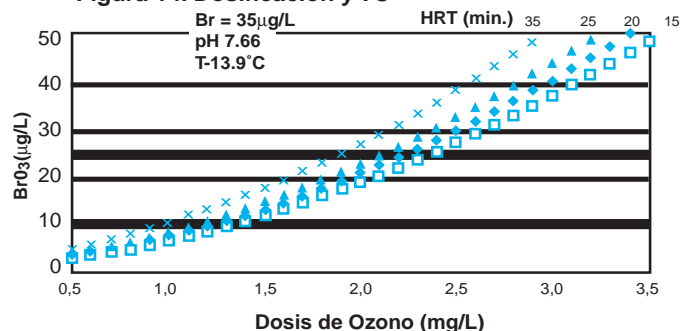


Figura 15. Medición y Control de Ozono Disuelto

- DPD Test Kit (No específico mide oxidantes totales, no aprobado por Standard Methods)
- Índigo (específico para ozono)
- KI Titulación
- ORP - no específico para O_3
- Membrana Polarográfica

Ajuste de pH

Un ajuste a la baja del pH reducirá la formación de bromatos. La Figura 7 nos da una idea clara de cómo puede mitigar el pH el desarrollo de los bromatos contra el aumento del CT a partir de una agua con 0.5 mg/L de bromuro inicial.

Al mismo tiempo podemos observar cómo la técnica combinada de adición de amoníaco y control de pH tiene un efecto de disminución de los bromatos al incrementar el nivel de amoníaco y reducción de pH (ver Figura 8).

La Figura 9 permite observar cómo el pH inhibe el desarrollo de bromatos con referencia a la dosificación de ozono, partiendo de un contenido inicial de bromuros de 35 mg/L, a una temperatura de 13.9°C, y CT de 16.5 minutos.

Para ajustar el pH tenemos varias opciones—adición de ácidos y adición de dióxido de carbono (CO_2). Con relación a la adición de CO_2 , la Figura 10 nos muestra el efecto de la alcalinidad y CO_2 sobre el pH. La relación es logarítmica en el eje de las abscisas, donde a medida que el coeficiente entre alcalinidad/ CO_2 libre va disminuyendo (esto significa mayor adición de CO_2), el pH se torna hacia el lado ácido, el cual inhibe la formación de bromatos.

Disminución de dosificación de ozono y tiempo de reacción

Dentro de las opciones comerciales más prácticas para el control de la formación de bromatos, están aquellas que tienen que ver con el proceso de desinfección, para lo cual consideraremos las siguientes opciones:

1. Disminución de la dosis de ozono aplicada (ver Figura 11):
 - *Eficientar el contacto ozono-agua,*
 - *Disminuir el tiempo de contacto, y*
 - *Monitorar el control de proceso.*
2. Eficientar el contacto ozono-agua (ver Figura 12).

La dosificación de ozono siempre tendrá que ver con la *Demanda Inicial de Ozono* (DIO), que significa la cantidad de ozono requerida antes de desarrollar el residual. Esta demanda inicial o instantánea, a su vez está determinada de manera directamente proporcional con aspectos clave como mayor temperatura, mayor carga orgánica, mayor contenido de sólidos totales disueltos (TDS*), y mayor presencia de fierro y manganeso.

En la Figura 13 podemos ver el impacto de la DIO vs. el ozono aplicado a diversos tiempos de contacto, por medio de una inyección lateral con venturi-eyector.

La Figura 14 correlaciona la dosificación de ozono vs. la formación de bromatos a varios tiempos de contacto, partiendo de un contenido inicial de 35 mg/L de bromuros, un pH de 7.66 y una temperatura inicial de 13.9°C. Aquí se confirma que a mayor dosificación y tiempo de contacto, es mayor la generación de bromatos.

L de brometo, pH 6,2, temperatura de 12 a 14 °C.

Cloro: Avaliou-se a combinação das seguintes opções, apresentadas na Figura 6.

- Precloração,
- Adição prévia de amoníaco,
- Precloração/amoníaco, e
- Adição à célula 2 do tanque de contato.

Ajuste do pH

Um ajuste para baixar o pH reduzirá a formação de bromatos. A Figura 7 nos dá uma ideia clara de como o pH pode diminuir a formação dos bromatos em relação ao aumento de CT a partir de uma água com 0,5 mg/L de brometo inicial.

Ao mesmo tempo podemos observar como a técnica combinada de adição de amoníaco e controle de pH provoca a diminuição dos bromatos ao aumentar o nível de amoníaco e redução do pH (ver Figura 8).

A Figura 9 permite observar como o pH inibe a formação de bromatos em referência à dosagem de ozônio, partindo-se de um conteúdo inicial de brometos de 35 mg/L, a uma temperatura de 13,9 °C e CT de 16,5 minutos.

Para ajustar o pH, temos várias opções—adição de ácidos e adição de dióxido de carbono (CO_2). Em relação à adição de CO_2 , a Figura 10 nos mostra o efeito da alcalinidade e do CO_2 sobre o pH. A relação é logarítmica no eixo das abscissas, e à medida que o coeficiente entre alcalinidade/ CO_2 livre vai diminuindo (o que significa maior adição de CO_2), o pH se torna mais ácido, o que inibe a formação de bromatos.

Diminuição da dosagem de ozônio e tempo de reação

Dentro das opções comerciais mais práticas para o controle da formação de bromatos, existem as relacionadas ao processo de desinfeção, para o qual consideraremos as seguintes opções:

1. Diminuição da dose de ozônio aplicada (ver Figura 11):
 - *Melhorar o contato ozônio-água,*
 - *Diminuir o tempo de contato, e*
 - *Monitorar o controle do processo.*
2. Melhorar o contato ozônio-água (ver Figura 12).

A dosagem de ozônio sempre estará relacionada à *Demanda Inicial de Ozônio* (DIO), que significa a quantidade de ozônio exigida antes de se formar o residual. Essa demanda inicial ou instantânea, por sua vez, é determinada de forma diretamente proporcional a aspectos-chave, como temperatura mais alta, maior carga orgânica, maior conteúdo de sólidos totais dissolvidos (TDS*) e maior presença de ferro e manganês.

Na Figura 13 podemos ver o impacto da DIO em função do ozônio aplicado a diversos tempos de contato, por meio de uma injeção lateral com bico venturi.

A Figura 14 correlaciona a dosagem de ozônio com a formação de bromatos com vários tempos de contato, partindo-se de um conteúdo inicial de 35 mg/L de brometos, um pH de 7,66 e uma temperatura inicial de 13,9 °C. Aqui se confirma que, quanto maior a dosagem e o tempo de contato, maior a formação de bromatos.

Portanto, a melhoria da dosagem de ozônio deverá ser entendida como a estratégia de dosar a quantidade de ozônio exigida, evitando-se a dosagem excessiva, e fazê-lo através do sistema de contato mais eficiente possível.

Difusão do gás na água

Os dispositivos de difusão do gás na água são os difusores porosos,

Por lo tanto, el eficientar la dosificación de ozono deberá entenderse como la estrategia de dosificar la cantidad de ozono requerida, evitando la sobredosificación, y realizarlo a través del sistema de contacto más eficiente posible.

Difusión del gas en el agua

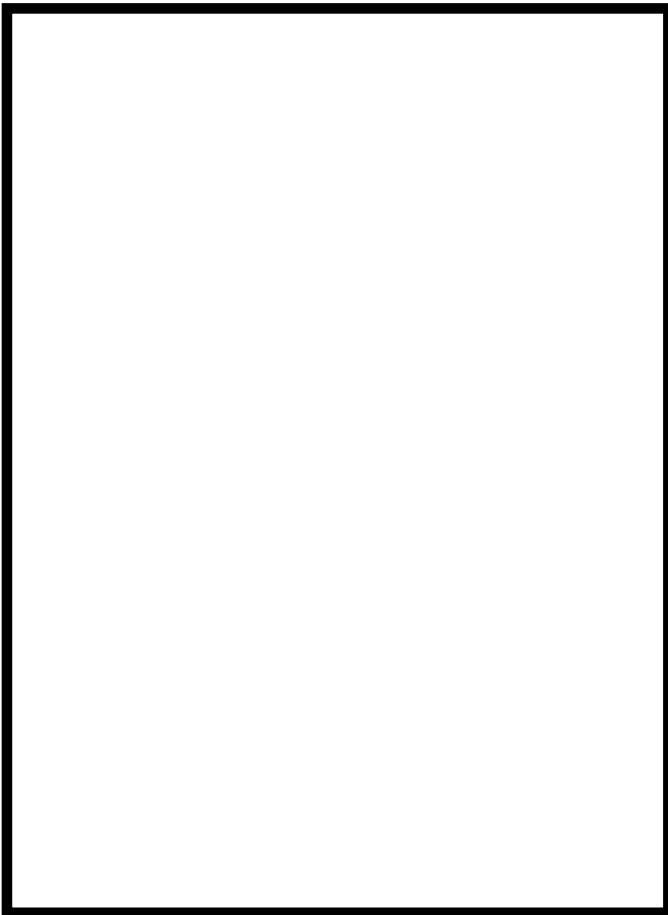
Los dispositivos de difusión del gas en el agua son los difusores porosos, venturi-eyector, y boquillas para remezclado

Difusores: Los difusores generalmente son hechos de material cerámico sinterizado con porosidades de 30 y 50 micras (μm). El número, largo, área total, presión de aire ozonizado, así como la presión de la columna de agua (tanques atmosféricos) o presión manométrica (tanques a presión), tendrán una influencia importante en la eficiencia de transferencia.

Venturi-eyector: Los venturis, así como las bombas, tienen su curva de operación característica. El flujo, presión de entrada, contrapresión y flujo de gas a mezclar, son factores importantes para la selección adecuada.

Boquillas: Éstas se usan para grandes caudales de agua y bajas concentraciones de ozono.

Tiempo de contacto: Cualquier gas se difunde mejor en un líquido a alta presión y baja temperatura. Los sistemas con venturi y tanque a presión manejan eficiencias altas, por lo que se puede reducir la dosificación para lograr la desinfección requerida, y tener tanques de menor tamaño y tiempos de contacto de 2-4 minutos. Los sistemas atmosféricos usan generalmente difusores, son tanques altos y esbeltos



Circule 22 en la Tarjeta de Servicio al Lector

bico venturi e bocais para remistura.

Difusores: Os difusores geralmente são feitos de material cerâmico sinterizado com porosidades de 30 e 50 micrômetros (mm). O número, comprimento, área total, pressão de ar ionizado, bem como a pressão da coluna d'água (tanques atmosféricos) ou pressão manométrica (tanques sob pressão), terão uma influência importante na eficiência de transferência.

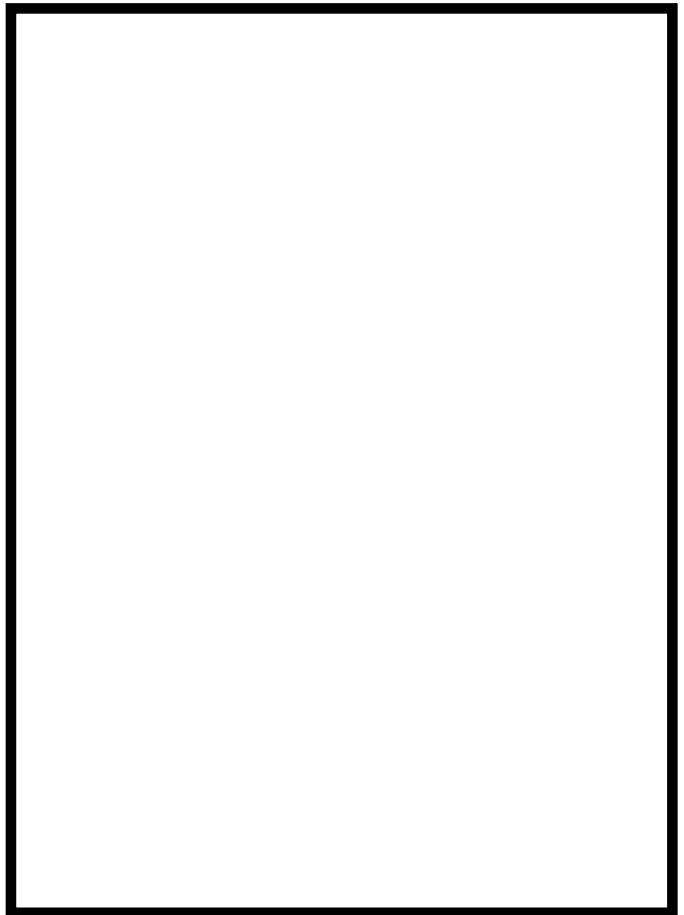
Bico Venturi: Os venturis, bem como as bombas, têm sua curva de operação característica. A vazão, pressão de entrada, contrapressão e vazão de gás a misturar são fatores importantes para a escolha adequada.

Bocais: São utilizados para grandes vazões de água e baixas concentrações de ozônio.

Tempo de contato: Qualquer gás se difunde melhor num líquido a alta pressão e baixa temperatura. Os sistemas com venturi e tanque de pressão operam com alta eficiência, fato esse que permite reduzir a dosagem para se obter a desinfeção exigida, e ter tanques de menor tamanho e tempos de contato de 2 a 4 minutos. Os sistemas atmosféricos geralmente usam difusores, são tanques altos e finos (6 metros), com menor eficiência e tempos de contato mais longos para atingir a CT da norma.

Em função do exposto acima, é preciso:

- Aplicar uma dose de ozônio mais baixa que resulte num O_3 residual menor e num BrO_3^- menor.
- Um residual de ozônio O_3 menor exige tempos mais longos de reação para o mesmo nível de desinfeção. Utilizar tanque pressurizado e venturi para aumentar a eficiência e reduzir o tempo de contato.



Circule 21 en la Tarjeta de Servicio al Lector

(6 metros) menor eficiencia y largos tiempos de contacto para lograr el CT de la norma.

Por lo anterior hay que enfocarse a:

- Aplicar una dosis de ozono más baja que resulte en un menor O_3 residual y menor BrO_3^- .
- Menor residual de ozono O_3 requiere de tiempos más largos de reacción para el mismo nivel de desinfección. Utilizar tanque presurizado y venturi para aumentar eficiencia y reducir tiempo de contacto.
- Replantear los organismos patógenos "objetivo".
- Refinar el sistema de contacto ozono-agua.

Monitoreo del control de proceso: Existen dispositivos que nos permiten mantener un control estrecho del residual de ozono ajustando alguna(s) variables, tales como el tanque de reacción-residual de ozono/tiempo de contacto, la velocidad de flujo de agua, la concentración en la fase gas de ozono, y la dosificación de ozono. Las varias formas de medición de ozono residual que existen, se muestran en la Figura 15.

Conclusión

El control de bromatos es posible de manera sencilla desde el diseño y selección del sistema de contacto ozono-agua. Pueden adaptarse medidas prácticas para modificar el sistema existente y hacerlo efectivo, cumpliendo los límites de las normas. Existen modelos matemáticos en software para predecir los niveles de desinfección y residual de ozono optimizando el diseño de los sistemas de contacto y selección de generadores de ozono.

**Por sus siglas en inglés.*

Reconocimiento

Este artículo ha sido adaptado con el permiso de Paul Overbeck (GDT Corporation: www.gdt-h2o.com).

Fuentes de las Figuras

1. "Optimizing Water Treatment Plant Performance Using Composite Correction Program". Preparado por Process Applications Inc., para la USEPA.
2. Como sugerido por Song, et al., 1997
3. C. Galey, et al. IOA, 2001
4. R. Hoffman, et al., 2000
5. T. Myllykangas, et al., 2000
6. R. Hulsey, et al., 2001
7. J. H. Kim, et al., 2001
9. C. Galey, et al., IOA 2001
11. C. Feizoulof, et al., 2001
13. Mazzei Injector
14. C. Galey, et al., IOA 2001

Referencias

1. Title 40 - Protection of the Environment, Chapter 1 - Environmental Protection Agency, Subchapter D - Water Programs, Part 141 - National Primary Drinking Water Regulations, Electronic Code of Federal Regulations, National Records and Records Administration, website: www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml_00/Title_40/40cfr141_00.html

Acerca del Autor

El Ing. Carlos Albícker es director comercial de Ozono Polaris S.A. de C.V. en Puebla, México. Es ingeniero químico y trabajó en la industria petroquímica durante 15 años. Es miembro fundador de Ozono Polaris desde 1987. Es director de educación del Capítulo Latinoamericano de la IBWA—la Asociación Latinoamericana de Embotelladores de Agua (ALEA). Contacto: Tel: +52 (222) 249-5649, 226-5151 o 231-4056, Email: ozono@puebla.megared.net.mx

- Modificar os organismos patogênicos "alvo".
- Refinar o sistema de contato ozônio-água.

Monitoração do controle do processo: Existem dispositivos que nos permitem manter um controle rígido do residual de ozônio ajustando-se algumas variáveis, tais como o tanque de reação-residual de ozônio/tempo de contato, a velocidade do fluxo da água, a concentração na fase gasosa do ozônio, e a dosagem de ozônio. As várias formas de medição de ozônio residual que existem são mostradas na Figura 16.

Conclusão

O controle de bromatos é possível de maneira simples a partir do projeto e escolha do sistema de contato ozônio-água. Podem-se adotar medidas práticas para modificar o sistema existente e torná-lo eficaz, cumprindo-se os limites das normas. Existem modelos matemáticos em software para prever os níveis de desinfeção e residual de ozônio através da otimização do projeto dos sistemas de contato e escolha de geradores de ozônio.

**Por suas siglas em inglês.*

Agua Latinoamérica le invita a participar

Noticiero y Gotitas

Publique los avisos de su empresa, noticias e información de interés. Se aceptan:

- Cambios de domicilio y expansiones
- Noticias empresariales, contratos y avisos
- Certificaciones, promociones, menciones honoríficas y condecoraciones
- Nuevas tecnologías y mercadotecnia
- Información regulatoria

✓ Calendario de Agua

Mantenga a nuestros lectores informados sobre exposiciones, convenciones, conferencias, seminarios y simposios para la industria de tratamiento del agua.

Para enviarlos:

Fax: +1(520) 323-7412

ingvi@agualatinoamerica.com

www.agualatinoamerica.com