

Desinfección Efectiva de Agua Embotellada con Ozono

Desinfecção Efetiva da Água Engarrafada com Ozônio

Por Carlos Albicker

Español

La producción de agua envasada que es segura y agradable es un reto que requiere de procesos comprobados de tratamiento para sostener una calidad intachable. El ozono es un componente de la solución a este reto en muchas marcas mundiales de gran prestigio. Su capacidad de desinfectar agresivamente sin dejar residuos químicos que puedan afectar el sabor es su gran virtud.

Los mejores procesos de desinfección incorporan varias estrategias contra el posible paso de patógenos, incluyendo: filtración de 1 micra absoluta, irradiación por luz ultravioleta, ozonación e iones de plata. Cada una de estas barreras debe ser diseñada y operada correctamente para lograr la calidad que exige el consumidor.

El papel del ozono en la desinfección del agua

En Europa, el ozono se ha utilizado continuamente desde principios del siglo pasado para la desinfección de agua municipal. El ozono se genera a partir de aire u oxígeno al aplicar una descarga de alto voltaje para convertir parte del oxígeno (O_2) a ozono (O_3). El gas ozonizado se mezcla con el agua para disolver el ozono en el agua. Esta mezcla se logra usualmente burbujeando el gas a través de un difusor poroso en el fondo de un tanque, o por medio de un eyector en línea que produce una zona de alta turbulencia aguas abajo.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) en EE.UU. ha señalado un factor "CT" de Concentración (mg/L) x Tiempo (minutos) de 0.72 a 20 °C para desactivar 99.9% de los quistes de *Giardia lamblia* (parásitos transmitidos por el agua, muy difíciles de matar) y más de 99.9% de los virus entérico. Esto significa que se necesitaría, por ejemplo, 0.24 mg/L (miligramos por litro) de ozono residual disuelto, sostenido durante tres minutos. Los europeos utilizan como regla de oro para la desinfección de agua potable, 0.4 mg/L sostenido por cuatro minutos, lo cual equivale un CT de 1.6; Llamen a esto "Verdadera Ozonación".

La cantidad de ozono requerido para alcanzar estos valores de CT y asegurar una desinfección efectiva dependerá de la temperatura del agua, el pH, la demanda inicial de ozono (cantidad que hay que dosificar antes de empezar a generar un residual) y el sistema de contacto ozono-agua. Por lo regular, esta cantidad suele ser entre 1 y 2 mg/L de dosificación de ozono al agua.

Português

A produção de água engarrafada segura e agradável é um desafio que requer processos de tratamento comprovados para manter a sua perfeita qualidade. O ozônio é um componente da solução deste desafio encontrado em muitas marcas mundiais de renome. A grande virtude deste componente reside na sua capacidade de tratamento agressivo sem deixar resíduos químicos que possam afetar o sabor.

Os melhores processos de desinfecção incorporam várias estratégias contra a possibilidade da passagem de patógenos, incluindo a filtração de 1 micron absoluto, irradiação por luz ultravioleta, ozonização e iones de prata. Cada uma dessas barreiras deve ser projetada e operada corretamente para produzir a qualidade exigida pelo consumidor.

O papel do ozônio na desinfecção da água

Na Europa, o ozônio tem sido utilizado constantemente na desinfecção da água municipal desde os princípios do século passado. O ozônio é gerado a partir do ar ou do oxigênio ao aplicar-se uma descarga de alta voltagem para converter parte do oxigênio (O_2) em ozônio (O_3). O gás ozonizado é misturado com a água para dissolver o ozônio na água. Esta mistura é geralmente obtida borbulhando-se o gás através de um difusor poroso no fundo de um tanque ou por meio de um ejetor em linha que produz uma zona de alta turbulência água abaixo.

A Agência de Proteção ao Meio Ambiente (EPA) nos EUA designou um fator "CT" de Concentração (mg/L) x Tempo (minutos) de 0,72 a 20 °C para desativar 99,9% dos cistos de *Giardia lamblia* (parasitos transmitidos pela água, muito difíceis de exterminar) e mais de 99,9% de vírus entéricos. Isto significa que seria necessário, por exemplo, 0,24 mg/L (miligramas por litro) de ozônio residual dissolvido, mantido durante três minutos. Os europeus utilizam, como regra geral para a desinfecção da água potável, 0,4 mg/L mantido por quatro minutos, equivalente a um CT de 1,6. Isto é chamado de "Verdadeira Ozonização".

A quantidade de ozônio requerido para obter esses valores de CT e assegurar uma desinfecção efetiva depende da temperatura da água, do pH, da demanda inicial de ozônio (quantidade que deve ser dosificada antes de iniciar a gerar um residual) e do sistema de contato ozônio-água. Em geral, essa quantidade varia entre 1 e 2 mg/L de dosificação de ozônio para a água.

CT requerido para desinfectar con ozono:

<1 °C	2.90
5 °C	1.90
10 °C	1.40
15 °C	0.95
20 °C	0.72
>25 °C	0.48

Asegúrese al adquirir un ozonador que éste pueda producir ozono a una concentración de al menos 1% por peso en aire u oxígeno y que la producción de ozono será demostrada en su planta. Tenga en mente que la altura sobre nivel de mar y la temperatura ambiente pueden afectar tanto la producción de ozono como la transferencia de ozono al agua.

La manera incorrecta de aplicar ozono

Desafortunadamente, existen muchas instalaciones de ozono mal diseñadas e incapaces de alcanzar estos niveles de CT. Es muy común ver, por ejemplo, sistemas de contacto en un tanque con difusores en el fondo, donde el agua entra por arriba controlada por un interruptor de nivel y es aspirada del fondo por una bomba que envía el agua ozonizada a la llenadora.

Un sistema de este tipo presenta las siguientes carencias:

1. Falta altura para la transferencia eficiente de ozono. Para disolver ozono en agua mediante difusores, debe existir una altura efectiva de ascensión de burbujas de 6 metros (m), o el tanque debe ser presurizado. A menudo estos tanques tienen menos de 4m de altura y operan a presión atmosférica.
2. En la parte superior del tanque se está satisfaciendo la demanda inicial de ozono y por lo tanto no hay ozono disuelto. El tiempo de residencia en esta zona del tanque, que puede fácilmente abarcar la mitad del volumen del tanque, no contribuye al desarrollo de CT.
3. Su diseño favorece la probabilidad de cortos circuitos hidráulicos donde parte del agua pasa de la entrada a la salida en un tiempo mucho menor que el tiempo teórico de residencia.

Por estas carencias el CT obtenido es bastante inferior a lo requerido y los resultados no son óptimos con este arreglo.

CT requerido para a desinfecção com ozônio:

<1 °C	2,90
5 °C	1,90
10 °C	1,40
15 °C	0,95
20 °C	0,72
>25 °C	0,48

Assegure-se, ao adquirir um ozonador, que ele possa produzir ozônio a uma concentração de pelo menos 1% por peso em ar ou oxigênio e que a produção de ozônio seja demonstrada na sua instalação. Tenha em mente o fato de que a altura acima do nível do mar e a temperatura ambiente podem afetar tanto a produção de ozônio como a transferência do ozônio para a água.

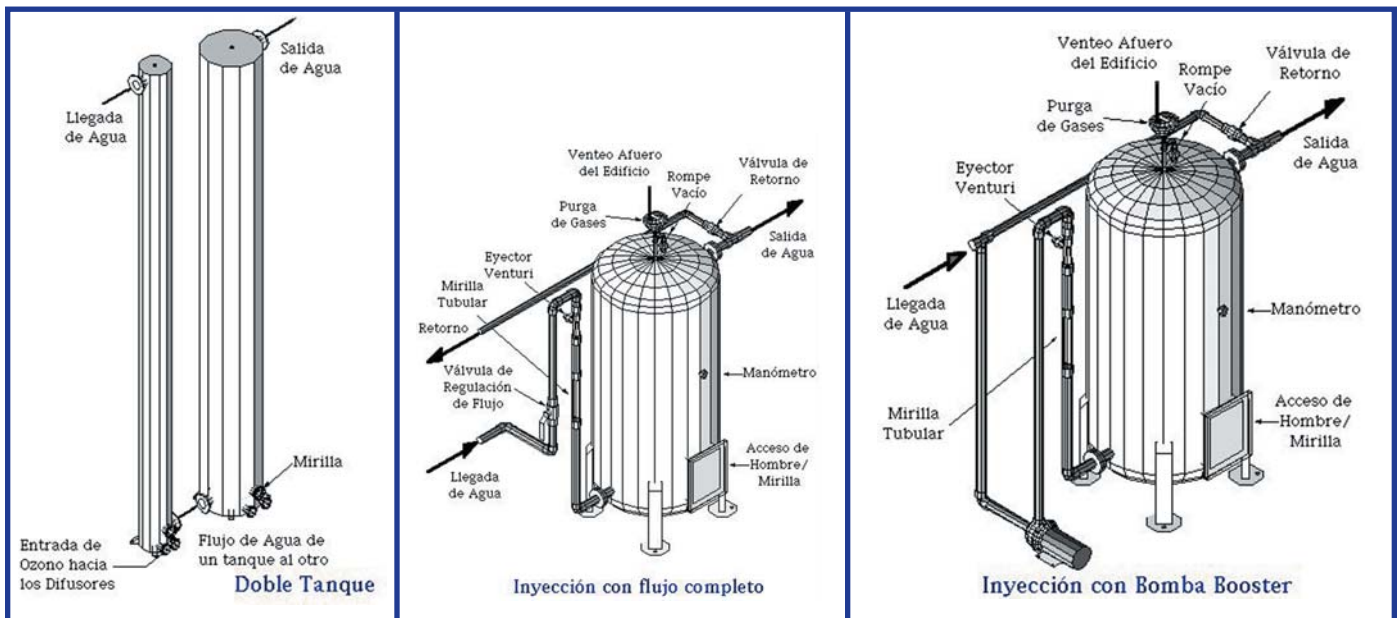
A maneira incorreta de aplicação do ozônio

Infelizmente existem várias instalações de ozônio mal projetadas e sem capacidade para alcançar esses níveis de CT. É muito comum ver, por exemplo, sistemas de contato em um tanque com difusores no fundo, onde a água entra por cima, controlada por um interruptor de nível, e é aspirada do fundo por uma bomba que transporta a água ozonizada para o enchedor.

Um sistema deste tipo apresenta os seguintes problemas:

1. Falta de altura para a transferência eficiente do ozônio. Para dissolver o ozônio em água através de difusores, deve existir uma altura efetiva de subida de bolhas de 6 metros (m), ou então é necessário que o tanque seja pressurizado. Frequentemente esses tanques têm menos de 4m de altura e operam sob pressão atmosférica.
2. A demanda inicial de ozônio é atendida na parte superior do tanque, e portanto não existe ozônio dissolvido. O tempo de permanência nesta zona do tanque, que pode facilmente abarcar a metade do volume do tanque, não contribui para o desenvolvimento de CT.
3. O seu desenho favorece a probabilidade de curtos circuitos hidráulicos, onde parte da água passa da entrada para a saída em um tempo muito menor do que o tempo teórico de permanência.

Devido a esses problemas, o CT obtido é muito inferior ao requerido, não sendo possível obter ótimos resultados com esse tipo de arranjo.



Sistema doble tanque con difusores

Un muy buen método de aplicar el ozono es el clásico sistema europeo de doble tanque con difusores. Los tanques tienen 6m de altura y trabajan en serie. En el primer tanque se satisface la demanda de ozono y se genera un residual de ozono disuelto; el tiempo de residencia será de un minuto y se inyectará 90% del ozono en este tanque. El segundo tanque asegura un CT adecuado con cuatro minutos de residencia y una pequeña adición de ozono para mantener un residual de 0.4 mg/L. Los inconvenientes de este método son la altura, el costo y la necesidad de rebombeo posterior.

Ventajas del uso de eyectores venturi

A diferencia del método de difusor, el venturi puede generar un vacío en la garganta del eyector y succionar así el ozono. Esto reduce la posibilidad de fugas de ozono que es irritante para los pulmones y posibilita el uso de generadores de ozono que trabajan a vacío sin necesidad de un compresor de alimentación de aire.

Otra ventaja del venturi es que permite inyectar ozono en el agua bajo presión sin necesidad de rebompear el agua después de disolver el ozono. La disolución con venturi se logra en línea y se utiliza un tanque más bien para darle tiempo de reacción al ozono; en este caso nos importa más el volumen que la altura.

Desventajas del venturi

Una de las principales desventajas del eyector es que genera una caída de presión en la línea, lo cual implica energía adicional para el bombeo. Esta caída de presión llega a ser entre 0.5 y 2.5 kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), e incluso mayor cuando se requiere vacío para succionar o cuando mayor presión hay en la línea.

También un venturi requiere flujo constante para crear la turbulencia que fomenta la disolución del ozono. Cuando el flujo de agua tratada es intermitente o muy variable, hay que diseñar el sistema para permitir la continuidad de flujo en el venturi. Para evitar la aglomeración de burbujas y pérdida de superficie de transferencia, es preferible utilizar tubería vertical después del eyector venturi. Es una buena idea instalar una mirilla en la línea para observar el tamaño y la distribución de las burbujas. Un tramo corto de tubería horizontal justo antes de entrar al tanque de contacto puede ser inevitable y no afectará seriamente a las burbujas.

Sistema venturi con pleno flujo

Una manera sencilla de inyectar ozono es hacer pasar el *flujo completo* de agua a través de uno o más eyectores, seguido por un tramo de tubería vertical con flujo hacia abajo que sirve para disolver el ozono, y luego un tanque presurizado que asegurará suficiente tiempo de reacción. Un retorno de agua que abre cuando se eleva la presión para regresar agua de la salida del tanque al punto de bombeo, mantiene el flujo en el venturi cuando disminuye el consumo.

Con este arreglo todo el volumen del tanque sirve para generar CT porque se satisface la demanda inicial de ozono en el tramo de tubería anterior y el agua entra al tanque ya con ozono residual, permitiendo usar un tanque más chico y requiriendo menos ozono para lograr el CT deseado.

Sistema venturi con bomba 'booster'

Cuando hay que incorporar el ozono a un proceso existente donde la bomba de alimentación al sistema no cuenta con potencia suficiente para vencer la caída de presión en el venturi, se puede diseñar un sistema

Sistema de tanque duplo com difusores

Um excelente método para a aplicação do ozônio é o clássico sistema europeu de tanque duplo com difusores. Os tanques possuem 6m de altura e operam em série. A demanda de ozônio é atendida no primeiro tanque e um residual de ozônio dissolvido é gerado. O tempo de permanência será de um minuto e 90% de ozônio será injetado neste tanque. O segundo tanque assegura um CT adequado, com quatro minutos de permanência e uma pequena adição de ozônio para manter um residual de 0,4 mg/l. As inconveniências deste método são a altura, o custo e a necessidade de rebombeamento posterior.

Vantagens do uso dos ejetores venturi

Contrário ao método de difusor, o venturi pode gerar um vácuo no gargalo do ejetor e sugar então o ozônio. Isto reduz a possibilidade de saídas do ozônio, que é irritante para os pulmões, e possibilita o uso de geradores de ozônio que operam a vácuo, sem a necessidade de um compresor de alimentação de ar.

Outra vantagem do venturi é que ele permite a injeção de ozônio na água sob pressão, sem a necessidade de rebombeamento da água após a dissolução do ozônio. A dissolução com o venturi é obtida em linha e se utiliza um tanque para dar tempo de reação ao ozônio. Neste caso, o volume é mais importante que a altura.

Desvantagens do venturi

Uma das maiores desvantagens do ejetor é que ele ocasiona uma queda de pressão em linha, o que implica a necessidade de energia adicional para o bombeamento. Esta queda de pressão chega a ser entre 0,5 e 2,5 quilogramas por centímetro quadrado (kg/cm^2), e ainda maior quando se requer um vácuo para sugar, ou quando existe maior pressão na linha.

Um venturi também requer fluxo constante para criar a turbulência que fomenta a dissolução do ozônio. Quando o fluxo de água tratada é intermitente ou muito variável, é necessário projetar o sistema para permitir a continuidade do fluxo no venturi. Para evitar a aglomeração de bolhas e perda da superfície de transferência, é preferível utilizar um tubo vertical depois do ejetor venturi. É boa idéia instalar um orifício de inspeção na linha para observar o tamanho e a distribuição das bolhas. Uma seção curta de tubulação horizontal logo antes da entrada no tanque de contato pode ser inevitável e não afetará seriamente as bolhas.

Sistema venturi com fluxo total

Uma maneira simples de injetar ozônio é passar o *fluxo total* de água através de um ou mais ejetores, seguido de uma seção de tubulação vertical com fluxo para baixo que serve para dissolver o ozônio, e em seguida um tanque pressurizado que assegurará suficiente tempo de reação. Um retorno de água que abre quando se eleva a pressão para retornar a água da saída do tanque para o ponto de bombeamento mantém o fluxo no venturi quando o consumo diminui.

Com esta configuração, todo o volume do tanque servirá para gerar CT porque se satisfaz a demanda inicial de ozônio na seção de tubulação anterior e a água entra no tanque já com o ozônio residual, permitindo o uso de um tanque menor e requerendo menos ozônio para obter o CT desejado.

Sistema venturi com bomba 'booster'

Quando é necessário incorporar o ozônio a um processo existente, onde a bomba de alimentação para o sistema não tem força suficiente

Español

de contacto autosuficiente en cuanto a bombeo. También permite concentraciones de ozono residual más altas porque el agua puede pasar varias veces por el venturi si es necesario, adicionando en cada paso más ozono. Debido a que la bomba "booster" vence la caída de presión en el venturi y que la presión en el tanque es la misma de la llegada al venturi, este sistema de contacto se integra al proceso existente sin afectar el perfil de presiones. En este sistema es importante usar una bomba totalmente resistente al efecto oxidante del ozono, especialmente en el sello mecánico de la flecha.

Conclusión

Con demasiada frecuencia el ozono no realiza todo su potencial de desinfección por desconocimiento de los principios de diseño del sistema de contacto. Como parte del régimen de tratamiento en su

sistema, puede proporcionar desinfección y oxidación efectiva de una gran variedad de contaminantes. De cualquier manera, no debe darse por alto la consideración del pre-tratamiento apropiado, particularmente si la fuente de agua contiene el contaminante bromuro. Con el debido cuidado, las bondades del ozono pueden ayudarnos a producir agua envasada de la cual ciertamente podremos estar orgullosos. ♦

Referencias

1. USEPA, "National Primary Drinking Water Regulations", 141.74, Noviembre 1997.
2. MacKay, David, "Modeling of Ozone Transfer Using High Efficiency Venturi Injectors" presentado en el congreso de la International Ozone Association, Vancouver, B.C., Octubre 1998.
3. MacKay, David, "Verification of an Ozone Mass Transfer Model Using Operating Data from a Full Scale Water Treatment Plant" presentado en el congreso de la International Ozone Association, Toulouse, Francia, Marzo 2000.

Acerca del autor

El Ing. Carlos Albicker es Director Comercial de Ozono Polaris S.A. de C.V. en Puebla, Mexico. 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. Contacto: Tel: +52(2) 249-5649, 230-4781, Email: ozono@puebla.megared.net.mx

Português

para superar a queda de pressão no venturi, pode-se projetar um sistema de contato auto-suficiente com respeito ao bombeamento. Isso também permite concentrações de ozônio residual mais elevadas porque a água pode passar várias vezes pelo venturi, se for necessário, adicionando mais ozônio a cada vez. Devido ao fato de que a bomba "booster" supera a queda de pressão no venturi e a pressão no tanque é a mesma da de chegada ao venturi, este sistema de contato se integra ao processo existente sem afetar o perfil das pressões. Neste sistema, é importante usar uma bomba totalmente resistente ao efeito oxidante do ozônio, especialmente no selo mecânico da seta.

Conclusão

Muito frequentemente, o ozônio não realiza todo o seu potencial de desinfeção pela falta de conhecimento dos princípios de desenho do sistema

de contato. Como parte do regime de tratamento em seu sistema, o ozônio pode proporcionar a desinfeção e oxidação efetiva de uma grande variedade de contaminantes. De qualquer forma, não se deve desconsiderar o pré-tratamento adequado, particularmente se a fonte de água contiver brometo. Com o devido cuidado, os benefícios do ozônio poderão ajudar a produzir uma água engarrafada da qual tenhamos orgulho. ♦