

EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

En este apartado establecemos un enfrentamiento ozono/cloro, dado que es el cloro el elemento más usado como agente en la desinfección del agua potable en todo el mundo. En general, ambos elementos realizan la misma misión: tratamiento del agua por oxidación química (destrucción de gérmenes patógenos). Normalmente constituye la etapa final de otros tratamientos: almacenamiento, filtración, floculación,...

En esta última etapa de tratamiento por oxidación se han venido utilizando como elementos desinfectantes el cloro y sus derivados, bromo, yodo y ozono, permanganato potásico e incluso agua oxigenada. De todos ellos, tan sólo se ha generalizado a nivel de uso mundial el cloro y sus compuestos. Ahora bien, es evidente que el olor y sabor que permanecen después del tratamiento del agua con cloro son desagradables, e incluso puede resultar nocivo para la salud. El ozono, dado que es el mayor oxidante conocido después del flúor, es más rápido en su actuación, pero además es inodoro e insípido y no se le conocen derivados que puedan ser perjudiciales para la salud. Además, el ozono es el oxidante más potente que puede producirse industrialmente de forma económica.

Las razones por las que se ha divulgado y generalizado el uso del cloro frente al ozono han sido:

- El precio, al ser más barato en principio una instalación de cloro que de ozono.
- La fuerte inestabilidad del ozono, al ser los antiguos métodos de generación complicados y muy costosos.

OZONO vs. CLORO

Aunque el cloro es el agente más usado en la desinfección del agua potable, el uso del ozono para este menester ha sido continuo en Francia durante los últimos cien años, y posteriormente se ha extendido a Alemania, Holanda, Suiza y otros países de Europa, y más recientemente en Canadá y EE.UU.

Especialmente estos últimos años se viene cuestionando la validez del cloro como desinfectante de aguas potables, no por su reconocido poder bactericida, sino debido a la formación de compuestos indeseables en las aguas cloradas:

- 1) Si las aguas a tratar contienen Nitrógeno orgánico o amoníaco libre, se forman cloraminas que producen olores en el agua. Se está barajando la posibilidad de que sean agentes cancerígenos.
- 2) Si las aguas contienen pequeñas cantidades de fenoles se forman, por adición de cloro los denominados clorofenoles que producen en el agua olores y sabores medicamentosos tan desagradables, que a concentración de 0,01 mg/l la hacen inaceptable para el consumo.

EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

- 3) Pero sin duda, el mayor inconveniente que se le achaca al cloro es la formación, si el agua es portadora de materia orgánica adecuada, de componentes clorados tales como los **PCB'S (bifenilos policlorados)** que tienen un probado carácter cancerígeno, y cada vez son más frecuentes.
- 4) Mención especial merecen los **trihalometanos (THM)** que últimamente están preocupando a las Autoridades Sanitarias de la mayoría de los países. Son compuestos orgánicos potencialmente cancerígenos y que aparecen en el agua potable tras ser sometida a cloración. En España, son muchas las ciudades con límites de THM tolerables pero preocupantes.

El ozono, al actuar sobre los productos que originan los THM, realiza la función desinfectante sin este inconveniente y no existen THM como producto de la desinfección.

Frente a estos inconvenientes del cloro, el ozono no sólo no forma productos que pueden considerarse como cancerígenos, ni produce sabores u olores al agua, sino que elimina las posibilidades carcinógenas y elimina los sabores y olores del agua.

Durante años se han realizado numerosos trabajos para establecer el poder relativo del cloro y el ozono en la destrucción de bacterias y virus, llegando a la conclusión de que el ozono es, como desinfectante, **mucho más eficaz y rápido que el cloro.**

- **Bringman** observó que 0,1 mg/l de cloro requiere 4 horas para eliminar 6×10^4 células de E. Coli en agua, mientras que 0,1 mg/l de ozono necesita únicamente 5 segundos.
- **Kessel** encontró que para desinfectar un agua que contiene virus de la poliomielitis con 1 mg/l de cloro se necesitaban 2 horas, y con sólo 0,05 mg/l de Ozono bastaban únicamente 2 minutos.

El ozono tiene un poder de desinfección de 300 a 3000 veces más rápido que el cloro.

En resumen, podemos concluir que el ozono, en el tratamiento de agua en general, tiene las siguientes ventajas:

1. Elimina el color causado por el hierro o manganeso o la materia carbonosa, los sabores y olores debido a la presencia de materia orgánica.
2. Reduce la turbiedad, el contenido en sólidos en suspensión y las demandas químicas (DQO) y biológicas (DBO) de oxígeno.
3. El ozono es un poderoso desinfectante. No sólo mata las bacterias patógenas sino que, además, inactiva los virus y otros microorganismos que no son sensibles a la desinfección ordinaria con cloro.

EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

4. Si no hay posterior recontaminación, el ozono residual es suficiente para efectuar una desinfección común.
5. El ozono puede ser detectado por el hombre mucho antes de que llegue al nivel tóxico.
6. No produce en el agua aumento en el contenido de sales inorgánicas ni subproductos nocivos.

En definitiva, podemos afirmar que el ozono realiza las siguientes funciones en el agua:

Degradación de sustancias orgánicas.	Desinfección.
Inactividad de los virus.	Mejora sustancial de sabores y olores.
Eliminación de colores extraños.	Eliminación de sales de hierro y manganeso.
Floculación de materias en suspensión.	Eliminación de sustancias tóxicas.

El principal objetivo de un tratamiento con ozono con equipos de coeficiente reducido consiste en la desinfección del agua desde el punto de vista bacteriológico. Otras funciones vienen por añadidura y no constituyen argumentos significativos.

INCORPORACION DEL OZONO AL AGUA

Como vehículo portante empleamos aire con una concentración determinada de ozono que se hace borbotean directamente o por medio de difusor para pequeños volúmenes de agua; o que inyectamos por medio de un eyector tipo venturi con características y tecnología propias.

En cada caso, la calidad del agua, su procedencia, el caudal de renovación, el volumen que tratar, además de otros muchos datos que según los casos se pueden necesitar como presión en el punto de aplicación, agitación, temperatura, etc., nos permitirá elegir un modelo apropiado de nuestra gama de equipos para el tratamiento de agua.

La transferencia del ozono al agua se rige por la **LEY DE HENRY**, es decir, que las cantidades disueltas van en función de la presión parcial en el punto de aplicación y la temperatura en la interfase agua-gas.

En nuestro **Manual de Cálculo TRIOZON** consideramos condiciones de trabajos reales. La temperatura del agua, la agitación, los sistemas de aportación de ozono, el grado de materia orgánica, pH, etc. nos harán variar sustancialmente los tiempos de contacto necesarios (por ejemplo, la temperatura del agua, si es baja, favorece la acción germicida del ozono).

Nuestra filosofía de trabajo se basa en la **NO-EXISTENCIA DE RESIDUALES**, solamente se trata

EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

de resolver un problema de infección bacteriana, y, en general, las aplicaciones están estudiadas para superar las impurezas orgánicas y químicas del agua que también absorben una cantidad de ozono.

En los modelos de instalación aconsejamos mantener los equipos en funcionamiento casi-constante y en circuito cerrado, superando entonces las cantidades mínimas de ozono aportadas y sobre todo facilitando los tiempos de contacto ozono-agua.

Los resultados son mucho más constantes con la ozonización que con la cloración.

PROPIEDADES DESINFECTANTES

Cuando se habla de agua, el ozono es reconocido como el desinfectante más rápido y potente.

El ozono destruye los virus y quistes, los hongos y las toxinas, y a elevadas concentraciones destruye algas y protozoos. El ozono es el desinfectante más rápido y efectivo que existe actuando, entre otras, sobre bacterias de tipo:

- Escherichia Coli.
- Streptococcus Faecalis.
- Clostridium.
- Staphylococcus Aureus, etc.

LA MEJOR PRUEBA QUE EXISTE ES EL ANALISIS BACTERIOLOGICO ANTES Y DESPUES DE LA OZONIZACION DEL AGUA, CON EL PROBLEMA REAL.

La mayor parte de los ensayos realizados en desinfección de agua se hacen sobre la bacteria de origen fecal E. Coli. En 1.955, **WUHRMANN** y **MEYRATH** emplearon un residual de ozono muy pequeño ($r = 0,6 \text{ mg. O}_3/\text{m}^3 \text{ agua}$). En 2,5 minutos esta concentración de ozono disuelta en agua resultó bactericida para el E. Coli.

El poder bactericida del ozono es conocido y está siendo utilizado para esta función desde hace más de cien años.

Una vez consumido el ozono necesario en eliminar la materia orgánica, con muy pequeñas aportaciones suplementarias se consiguen resultados muy satisfactorios en tiempos muy cortos.

EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

ACCION VIRULICIDA: Para encontrar virus o enterovirus en un agua, ésta deberá tener fuertes infiltraciones de aguas residuales. Hasta hoy nuestros equipos y sistemas son de ozonización de coeficiente reducido, y por supuesto no se instalan para realizar la fase completa de desinfección en un tratamiento de aguas residuales. Sí que se han instalado como ayuda a la desodorización y seguro de buen tratamiento del agua donde existe también una fase de desinfección por algún otro desinfectante químico.

La acción del ozono sobre los virus requiere un residual necesario para garantizar la eliminación del 99,99% entre 3 y 5 veces más altos que los necesarios para las bacterias. Lo mismo podríamos decir de los tiempos de contacto, y por tanto de las cantidades aportadas de ozono para un mismo caudal de agua infectada. Lo que sí podemos afirmar rotundamente es que **el ozono, a igualdad de residuales, es mucho más activo que el cloro.**

CONCLUSIONES

Parece lógico que a temperaturas bajas el ozono actúa mejor, ya que se disuelve mejor en el agua y permanece más tiempo. Sin embargo, a temperaturas elevadas el ozono ataca mejor a las bacterias porque tienen menos tendencia a esporular y romper la espora. Por ello se dan resultados contradictorios. La desinfección por ozono se ve menos influenciada por las variaciones de pH que la desinfección por cloro.

La eliminación del hierro y el manganeso como tal no justifica el empleo de ozono. A menudo pueden aplicarse otros procedimientos para eliminarlos.

LA OZONIZACION ES EL MEJOR Y MÁS SEGURO METODO DE DESINFECCION cualquiera que sea el tipo de tratamiento, por ello, en principio, podemos pensar en ozonizar todas aquellas aguas que, siendo de consumo habitual, queremos tener la seguridad de su pureza y calidad para posteriormente pensar en la eliminación del tratamiento por cloro, principalmente en plantas pequeñas y realizar la etapa completa de desinfección con ozono.

En todo caso, el principal objetivo de un tratamiento con ozono es la **desinfección parcial o total del agua.** Esta desinfección sólo tiene objeto si antes se ha realizado una buena depuración y clarificación del agua.