

## DIOXIDO DE CLORO:

# GENERACION, USOS Y SEGURIDAD EN EL MANEJO

Como el ozono y el cloro, el dióxido de cloro es un biocida oxidante y no una toxina metálica. Esto significa que dióxido de cloro mata microorganismos por la interrupción del transporte de nutrientes a través de la membrana celular, no por interrupción del proceso metabólico. El dióxido estabilizado de cloro  $\text{ClO}_2$  esta protegido en soluciones acuosas. Añadiendo ácido hasta una concentración requerida se activa el desinfectante.

Para sistemas que utilizan clorato de sodio, la concentración del ión clorato puede ser substituida por la concentración del ión clorito.

$$\text{Equation (1)} \quad \text{Efficiency(\%)} = \frac{[\text{ClO}_2]}{[\text{ClO}_2] + [\text{ClO}_2^-]} \times 100$$

Where:  
 $[\text{ClO}_2]$  = chlorine dioxide concentration in mg/L and  
 $[\text{ClO}_2^-]$  = chlorite ion concentration in mg/L.

Este enfoque se utiliza generalmente para equipos de agua potable municipal. No se basa en ninguna medición de caudal pero requiere el uso de un espectrofotómetro y una titulación de dos pasos, estas técnicas son un poco engorrosas, pero suelen llevarse a cabo en campo.

### RENDIMIENTO

Este término tiene la ventaja de no depender de la química involucrada o el uso de mediciones de flujo inexacta. También se ha definido en un Manual de Orientación de la EPA . El rendimiento (% Yield) se define en la ecuación 2, sin embargo para esto, se requiere la medición del ión clorato que no es una prueba practica en campo, ya que requiere del uso de una técnica de cromatografía en laboratorio.

$$\text{Equation (2)} \quad \text{Yield(\%)} = \frac{[\text{ClO}_2]}{[\text{ClO}_2] + [\text{ClO}_2^-] + \left(\frac{67.45}{83.45}\right)[\text{ClO}_3^-]} \times 100$$

Where  
 $[\text{ClO}_3^-]$  = chlorate ion concentration, mg/L and  
 $(67.45/83.45)$  = molecular weight ratio of  $\text{ClO}_2^-$  to  $\text{ClO}_3^-$ .

El exceso de cloro es un parámetro importante en equipos de agua potable, en términos generales, es la cantidad de cloro en el efluente que se requiere para completar la reacción. La EPA la define como:

$$\text{Equation (3)} \quad \text{Excess\_Chlorine(\%)} = \frac{[\text{Cl}_2]}{[\text{ClO}_2] + [\text{ClO}_2^-] + \left(\frac{67.45}{83.45}\right)[\text{ClO}_3^-]} \times \frac{70.91}{2 \times 67.45} \times 100$$

Where  
 $(70.91/(2 \times 67.45))$  = stoichiometric and molecular weight ratio of  $\text{Cl}_2$  to  $\text{ClO}_2^-$ .

El exceso de cloro solo concierne a procesos que utilizan cloro o hipoclorito como precursor.

### PUREZA

Este es un término que es usado cuando se considera el rendimiento del equipo, es una ecuación algo mas simple e independiente de los equipos, el manual de la Epa lo define de la siguiente manera:

$$\text{Equation (4)} \quad \text{Purity(\%)} = \frac{[\text{ClO}_2]}{[\text{ClO}_2] + [\text{FAC}] + [\text{ClO}_2^-] + [\text{ClO}_3^-]} \times 100$$

Where  
 $[\text{FAC}]$  = free available chlorine concentration as chlorine, mg/L.

## DIOXIDO DE CLORO:

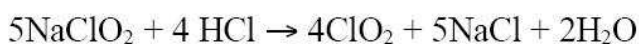
# GENERACION, USOS Y SEGURIDAD EN EL MANEJO

### FORMACIÓN Y EQUIPO DE SUMINISTRO:

Existen varios métodos para generar dióxido de cloro en sitio para el tratamiento de agua de enfriamiento, algunos de ellos son complejos, por lo cual se debe ser cuidadoso para la selección del método que se adapte mejor a las necesidades de cada cliente.

Generación basada en clorito de sodio: Existen tres métodos para la generación de dióxido de cloro a partir de clorito de sodio.

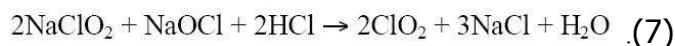
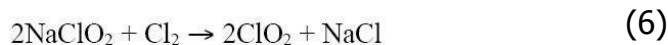
**CLORITO/ REACCIÓN ÁCIDA:** También conocida como auto-oxidación ácida catalizada del ión clorito, activación ácida ó activación. Generalmente se utiliza el ácido clorhídrico, la reacción se presenta de la siguiente manera:



La relación estequiométrica del dióxido de cloro y el clorito de sodio, es de tan solo 0.8. además la mayoría de los generadores disponibles en el mercado, alcanzan solo el 90 %de este rendimiento, por lo tanto solo el 70 % del clorito de sodio se convierte en dióxido de cloro, lo que lo convierte en un proyecto poco atractivo excepto para sistemas de pequeña escala.

Normalmente se utiliza alrededor de un 250 % de exceso de ácido clorhídrico para obtener altas concentraciones de cloruro y un pH muy bajo que es preocupante ya que pudiera resultar en corrosión de los sistemas. Además, debido a que la reacción es relativamente lenta y requiere alta concentración de los precursores, se necesita de equipo instrumentado para una operación segura

Oxidación de iones clorito con cloro gas es uno de los métodos más económicos disponibles si se considera solo el costo de los precursores, a este se le conoce como "generación de dos partes". Recientemente la combinación de hipoclorito de sodio y ácido ha sido más favorecida en plantas que tratan de minimizar o eliminar el uso de cloro gas, a este método se le conoce como "Generación de tres partes". Las reacciones se presentan de la siguiente manera:



### SEGURIDAD EN EL USO DE DIOXIDO DE CLORO:

Por su propia naturaleza, los biocidas presentan riesgos en el almacenamiento, manipulación y uso. El dióxido de cloro no es una excepción. Debido cuidado debe tenerse con todos estos biocidas para garantizar una operación segura. Desafortunadamente no existen análisis estadísticos detallados respecto al uso del dióxido de cloro.

Las buenas prácticas de manejo y almacenamiento que garanticen la seguridad del precursor de dióxido de cloro, son similares a los que se utilizan para muchos productos químicos peligrosos. Estos incluyen instalaciones adecuadas de almacenamiento, los materiales de construcción, etiquetado y localización. La manipulación puede realizarse con seguridad con una formación adecuada, el uso de equipo de protección personal (EPP), y equipo de manipulación adecuado.