



ELECTRO QUIMICA  
MEXICANA  
S.A. DE C.V.

BOLETIN TECNICO



## Reducción de DBO y DQO con Peróxido de Hidrógeno

El peróxido de **hidrógeno** se ha utilizado para reducir la DBO y la DQO de las aguas residuales industriales por muchos años. Mientras que el coste de quitar DBO/DQO con la oxidación química es típicamente mayor que con medios físicos o biológicos, hay no obstante las situaciones específicas que justifican su uso. Éstos incluyen:

- Predigestión de las aguas residuales que contienen niveles medios a altos de los compuestos que son tóxicos, inhibitorios, o recalcitrantes al tratamiento biológico (e.g., pesticidas, plastificantes, resinas, líquidos refrigerantes y colorantes);
- Tratamiento previo de las aguas residuales de alta resistencia/ flujo bajo - donde el bio-tratamiento puede no ser práctico, por ejemplo, antes de la descarga a un tratamiento público
- Separación de orgánicos como grasas y aceites por flotación
- Fuente de oxígeno disuelto adicional cuando los sistemas de tratamiento biológicos experimentan sobrecargas o falta temporal de equipo

Según lo indicado por estos ejemplos, el  $H_2O_2$  se puede utilizar como tratamiento independiente o como suplemento a los procesos físicos o biológicos del tratamiento, dependiendo de la situación.

### Discusión de usos y de mecanismos

#### 1. Oxidación química directa

El  $H_2O_2$  se puede utilizar solo o con los catalizadores - tales como hierro ( $Fe^{2+}$  o  $Fe^{3+}$ ), luz UV, ozono ( $O_3$ ) y álcali - para oxidar compuestos que contribuyen de DBO/DQO en aguas residuales. El tipo de oxidación depende del tipo de DBO/DQO. Esta relación está presente en la figura abajo.

<b>Demanda de oxígeno producido por reacción química</b>			
<b>Sistema del oxidante</b>	<b>Tipo A</b> (Sulfuro, Thiosulfate, sulfito)	<b>Tipo B</b> (Fenoles, cianuros, aminas)	<b>Tipo C</b> (BTEX, TOCl, parafina)
<b>Tipo A</b>			
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	X		
<b>Tipo B</b>			
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /OH <sup>-</sup>	X	X	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /M <sup>+</sup>	X	X	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	X	X	
<b>Tipo C</b>			
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /FE	X	X	X
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /O <sub>3</sub>	X	X	X
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	X	X	X

Nota: Si un sistema oxidante degradará un agente contaminador específico (es decir, afectar DQO) dependerá del sistema del oxidante y del agente contaminador. Los oxidantes de tipo A reaccionan solamente con el tipo agentes contaminadores de A; mientras que, los oxidantes de tipo C, siendo más reactivo, reaccionara con la mayoría del cualquier agente contaminador. Sin embargo, el oxidantes tipo C reacciona generalmente con agentes contaminantes de tipo A.

Si una fracción grande de DBO/DQO es contribuida por compuestos de sulfuro reducidos inorgánicos tales como sulfuros o tiosulfatos, entonces el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solo es eficaz. Dependiendo del pH de las aguas residuales, la oxidación de estos compuestos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> va a resultar en cantidades de sulfato o el sulfuro coloidal, y estos no van a contribuir a aumentar la DBO/DQO. Si los contribuidores mas importantes de DBO/DQO son orgánicos disueltos, entonces un sistema más reactivo de oxidación es necesario. La activación moderada del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se puede alcanzar con: 1) álcali (que genera el ion del oxhidrilo, OOH<sup>-</sup> - el agente activo en sistemas que blanquean del peróxido); 2) ciertos metales de transición (e.g., tungsteno, vanadio, molybdeno) que forman los complejos oxhidrilo reactivos "in-situ"; y 3) ciertos ácidos minerales (e.g., sulfúrico) que forman derivados reactivos del oxhidrilo tales como el ácido de Caro. Para los orgánicos más recalcitrantes tales como solventes clorinados, los sistemas extremadamente reactivos de radical libre (llamados los procesos avanzados de la oxidación) son necesarios. Una reacción generalizada que usa el reactivo de Fenton para reducir DBO/DQO puede ser expresada como sigue:

**(con Fe+2)**

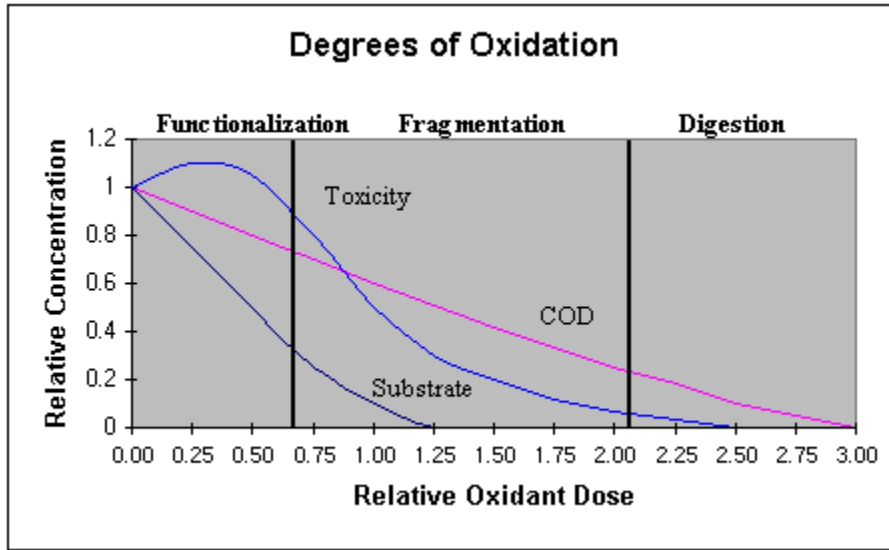
**Paso 1:** DBO/DQO + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ----> especie parcialmente oxidada

**(con Fe+2)**

**Paso 2:** especie parcialmente oxidada + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ----> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + sales inorgánicas

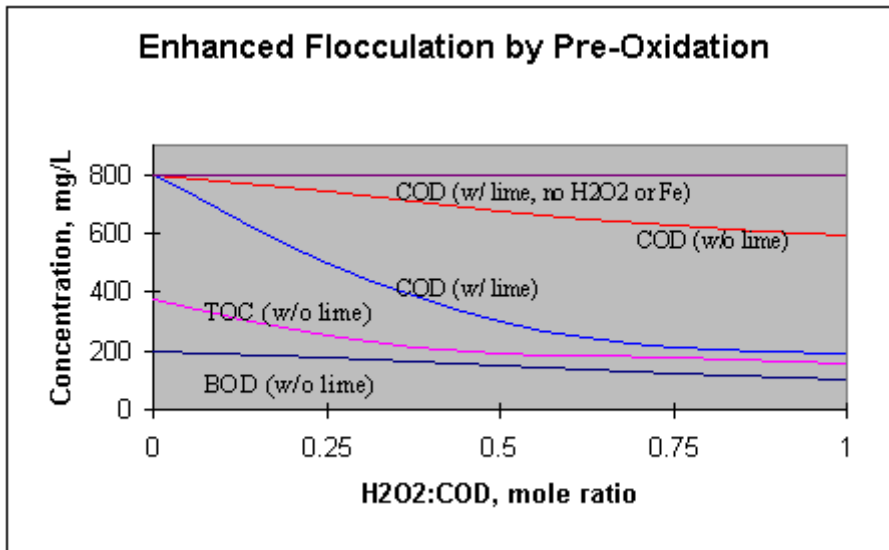
El grado de la oxidación (y por lo tanto el grado de reducción directa de DBO/DQO) depende típicamente de la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> usada. El requisito teórico del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es cerca de 2.1 libras (como 100%) por lb-DBO/DQO oxidado. En muchos casos, sin embargo, la digestión completa de los compuestos orgánicos al dióxido de carbono y agua no es necesaria. La oxidación parcial a los compuestos intermedios reduce al

mínimo la consumición química y da lugar a menudo a reducciones substanciales en DBO/DQO y toxicidad, como se indica el grafico más abajo.



## 2. Separación física

La separación física de DBO/DQO con  $H_2O_2$  puede ocurrir en dos maneras. En el primer caso, la oxidación parcial de contaminantes orgánicos da lugar a sustancias cargadas más polares que sean más favorables a la adsorción con coagulantes y floculantes. Según lo ilustrado en el ejemplo abajo, esto permite eficacias del retiro de DBO/DQO con las dosis menos que estequiométricas del  $H_2O_2$ .



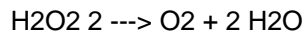
En el segundo caso, la separación física (flotación) de grasas y aceites es proporcionada por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Esto ocurre por la descomposición natural del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al oxígeno y agua, es decir, el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> va a saturar el agua con oxígeno, que da lugar a la formación de microburbujas uniformemente dispersadas que limpian el agua residual de las grasas y aceites a medida que se levantan a la superficie del agua. En algunos casos, esto puede aumentar el retiro de la DBO del 50% a 90-95%. Las dosis típicas son 25-100 mg/l del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, un costo para el cual se puede compensar a menudo contra ahorros en uso del coagulante, aunque generalmente todavía se puede necesitar el auxilio de un polímero.

### 3. Fuente adicional de oxígeno

La eficacia del retiro de la DBO en los procesos biológicos aerobios de tratamiento depende de un número de factores incluyendo (pero no limitado): cargamento de la DBO del efluente, temperatura, niveles de nutrientes, y concentraciones de oxígeno disuelto. Las condiciones limitadas de oxígeno en las lagunas de aireación dan lugar a retiro pobre de la DBO. Estas condiciones pueden ser causadas por los picos inesperados en el cargamento de la DBO en el efluente, variaciones estacionales en el cargamento de la DBO, y temperaturas altas que reducen la eficacia de la transferencia del oxígeno por el equipo mecánico de la aireación (es decir, la solubilidad O<sub>2</sub> disminuye mientras que aumenta la temperatura). Estas condiciones pueden también ser acompañadas con problemas de bulking ocasionados por las bacterias denominadas 'filamentosas' (ver boletín técnico acerca de control de bulking ocasionado por bacterias filamentosas).

Cuando el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se utiliza para suplir oxígeno, se añade directamente en la pileta de aireación de un sistema de tratamiento biológico para proporcionar una fuente inmediata de oxígeno. La conversión del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a un fango activado al ingreso del licor según la reacción siguiente:

(enzima catalasa)



Requisito teórico de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 0.48 libras de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (100%) por el mg de O<sub>2</sub>

La enzima de Catalasa es un catalizador natural de la descomposición para el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, y se encuentra en todos los licores de fango activado, siendo producido por la mayoría de los organismos aerobios. Debido a que esta descomposición enzimática del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es muy rápida, el oxígeno proveído por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> está inmediatamente disponible para ser usado por los organismos aerobios.

La reacción antedicha demuestra que dos porciones de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> rendirán una porción de Oxígeno disuelto (OD). Por lo tanto, la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> requerida para oxigenar las aguas residuales es asombrosamente pequeña. Por ejemplo, la cantidad teórica de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> requerida para aumentar el Oxígeno disuelto por 1 mg/l en una planta de tratamiento con un flujo de unos 5 MGD sea cerca de 17 gpd-50% (o aproximadamente \$60/día). En práctica real, el requisito puede ser más alto debido a las ineficacias en las reacciones con compuestos oxidables.

---

Nota: Cuando medir la DBO o la DQO del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> trató las aguas residuales, es importante determinar la concentración residual del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (si cualquiera) antes de análisis. Esto es porque el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> interferirá con ambos métodos analíticos. En la prueba estándar dla DBO, el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual en la muestra liberará el oxígeno sobre el período de la prueba, dando por resultado un valor "bajo" falso dla DBO (1 mg/l del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 0.5 mg/l). En la prueba estándar dla DQO, el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual reaccionará con el reactivo del dicromata del potasio, dando

por resultado un "alto" valor falso dla DQO. Para los métodos para quitar el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual antes de análisis dla DBO y dla DQO, o para explicar matemáticamente el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual, ver [interferencias con métodos analíticos](#).

## Referencias

- Cole, C.A., et.al., J. Water Pollut. Contr. Fed. 46:2579-2592 (1974).
- Cole, C.A., et.al., J. Water Pollut. Contr. Fed. 45:829-836 (1973).
- Houtmeyers, J. et.al. "Hydrogen Peroxide as a Supplemental Oxygen Source for Activated Sludge: Microbiological Investigations", European. J. Appl. Microbiol. 4:295-305 (1977).
- Steiner, Norbert, et.al. "Plant Experience using Hydrogen Peroxide for Enhanced Fat Flotation and BOD Removal", Environ. Progress 11(4):261-264 (Nov. 1992).
- Perley, William J., et.al. "Use of Hydrogen Peroxide to Control Upsets in the Treatment of Combined Sugar Refining and Sanitary Wastewater", presented at Calif. Water Pollut. Contr. Fed., 64<sup>th</sup> Annual Conf., Sacramento, Calif. (Apr. 9, 1992).