

# OXIDACIÓN DE EFLUENTE LÍQUIDO INDUSTRIAL CON OZONO

R.A. Rodriguez, C.B. Farias, C.R. Rodriguez  
**INTI Ambiente**  
 ruthr@inti.gov.ar

## Introducción

La oxidación con ozono es una tecnología avanzada de oxidación (TAO) que fue adquiriendo importancia en el tratamiento de efluentes líquidos. En el presente trabajo se analiza la eficiencia de este proceso para la remoción de color en efluentes industriales, una problemática que afecta sobre todo a industrias textiles. Además se busca degradar contaminantes refractarios que están asociados a la coloración. En este sentido en Argentina se encuentran instaladas numerosas industrias como Químicas, Farmacéuticas y Papeleras que por la naturaleza de sus efluentes podrían también hacer uso de esta tecnología.

De acuerdo a las características del efluente, este proceso de oxidación puede simularse mediante diferentes modelos cinéticos de reacción y de transferencia de masa. Actualmente son escasos los estudios que hayan podido determinar el régimen cinético que rige este tipo de tratamiento<sup>1</sup>.

Por este motivo fue necesario realizar un diseño experimental del proceso y luego aplicarlo en la ejecución de ensayos de tratabilidad a escala laboratorio. La importancia de los ensayos de tratabilidad reside en la posibilidad de poder variar las condiciones del tratamiento, determinar parámetros de diseño (tiempos y constantes de reacción) y rangos óptimos de operación, que minimizan los costos de inversión y operación en una planta de tratamiento a escala industrial.

## Objetivo

Determinar la factibilidad técnica para reducir la coloración de un efluente textil a través de tratamientos de oxidación avanzada con ozono.

Estudiar el rendimiento en la reducción de contaminantes refractarios.

Determinar el régimen cinético de las reacciones químicas en el proceso.

## Descripción

El efluente utilizado proviene del proceso industrial de una empresa textil ubicada en la

provincia de Buenos Aires que realiza su vuelco en la colectora pluvial. En el caso de estudio se evaluó el tratamiento con ozono luego del sistema fisicoquímico y biológico, es decir, como Tratamiento Terciario.

La contaminación refractaria fue medida en términos de DQO (SM 5220 D), siendo el valor inicial de 190 mg/l, y el color, medido en % de Transmitancia (SM 2120 D), 81,5%T. El tren de ensayo está compuesto por un tanque de oxígeno, un generador de ozono y un reactor de acrílico de 16 litros.

El sistema fue operado en forma semibatch donde el líquido ingresó en forma discontinua pero el gas ingresó en forma continua al reactor. El volumen de muestra tratado fue de 10 litros con un caudal de ozono de 5,42 g/h, y el tiempo de ensayo programado fue de 90 minutos, extrayendo 5 muestras a diferentes intervalos de tiempo.



Figura 1: Inicio de ensayo de oxidación con O<sub>3</sub>

Debido a la ausencia de normativa respecto al vuelco de color en efluentes, se emplea agua de río como referencia para analizar los valores de coloración del efluente para que sus características luego del tratamiento sean asimilables a las de un cuerpo receptor. Se espera que durante el ensayo se alcancen valores de transmitancia iguales o mayores a los del agua del río.

Luego del ensayo, se analiza el ajuste de la oxidación con las ecuaciones cinéticas para un régimen semibatch, se extrapola la constante de velocidad de degradación para diseñar un reactor en un régimen continuo.

<sup>1</sup> Gottschalk Christiane, Libra Judy Ann y Saupe Adrian, Ozonation of water and waste water. A practical guide to understanding ozone and its applications. 2nd edition, Berlin, WILEY-VCH, 2010

	Reactor Semibatch	Reactor Continuo
Orden cero	$t \cdot k = C_M - C_{M_2}$	$t \cdot k = C_M - C_{M_2}$
Primer orden	$t \cdot k = \ln\left(\frac{C(M)}{C_{M_2}}\right)$	$t \cdot k = \frac{C_M - C_{M_2}}{C_M}$
Segundo orden	$t \cdot k = -\left(\frac{1}{C_M} - \frac{1}{C_{M_2}}\right)$	$t \cdot k = \frac{C_M - C_{M_2}}{C(M)^2}$

Tabla 1. Cinéticas para reactores semibatch.

Ref:

$C(M)$  = Concentración de compuesto target (DQO) a la entrada del sistema

$C(M_2)$  = Concentración del compuesto target (DQO) a la salida del sistema

$k$  = Constante de velocidad de degradación

$t$  = Tiempo de retención hidráulico

La determinación de la  $k$  de la ecuación de mejor ajuste, conociendo las DQO inicial y final deseada, se utiliza para el cálculo del tiempo de permanencia a utilizar en el diseño de reactores de oxidación en escala piloto o real.

## Resultados

A partir del ensayo realizado se obtuvo un valor final de DQO de 67 mg/l y un porcentaje de transmitancia de 97,4%. En la figura 2 se puede observar el aumento la transmitancia a medida que transcurrió el ensayo.

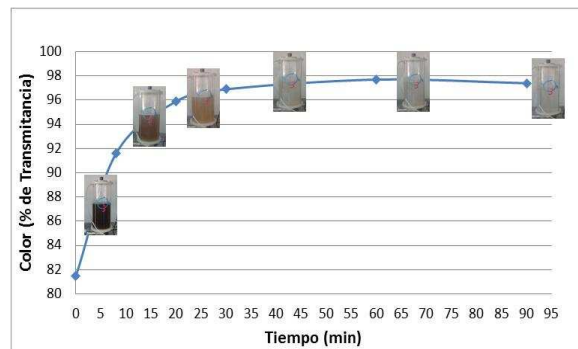


Figura 2. Remoción de color

A los 30 minutos del ensayo, ya no se observa coloración en el efluente (96,9 %T).

El agua del Río de la Plata posee 84,1%T, por lo que se supera este valor en poco tiempo de reacción. Aunque la transmitancia del crudo y del agua del río poseen valores similares, visualmente se denota una diferencia en la coloración (ver figura 3), que podría deberse a la materia en suspensión del río.



Figuras 3. Cambio en la coloración del efluente (izq.) y coloración del agua del Río de la Plata (der.)

Los resultados de degradación de la DQO en función del tiempo, reflejan tres fases características en la oxidación con ozono para efluentes industriales. La primera y segunda fase corresponde a regímenes de cinética rápidos a moderados, y es posible identificarlas entre 0 y 30 minutos de reacción. La tercera fase corresponde a un régimen de cinética lento, y en este caso ocurre entre los 30 y 90 minutos de reacción (ver figura 4).

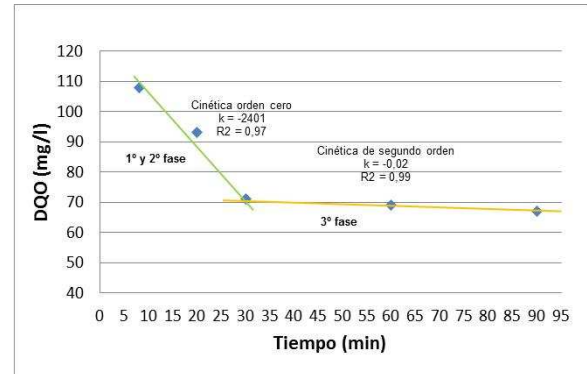


Figura 4. Análisis de la cinética del ensayo realizado

De esta manera, se analizó en forma preliminar el ajuste de los modelos cinéticos de las fases rápidas y la fase lenta en forma separada, obteniendo un buen grado de ajuste con una cinética de orden cero y de segundo orden, respectivamente. Sin embargo, la primera fase de la reacción está caracterizada por la oxidación directa en el film líquido y por lo tanto limitada por transferencia de masa. Es por esto que sería necesario ejecutar ensayos de transferencia de  $O_3$  en el efluente, para determinar los coeficientes que modelan esta fase. De esta forma se podría identificar el mejor ajuste tanto de transferencia como cinético para cada fase y obtener las ecuaciones correspondientes que describan el proceso de oxidación con ozono.

## Conclusiones

A partir del ensayo de tratabilidad de oxidación con ozono, se determinó que técnicamente es factible la remoción de color hasta valores de transmitancia superiores a los de un río natural. Además se logró una degradación de contaminantes persistentes con eficiencia del 65%. Se pudo analizar la velocidad de degradación de DQO mediante diferentes modelos cinéticos, obteniendo el mejor ajuste con la combinación de modelos de reacción rápidos y lentos. Sin embargo para obtener variables de diseño representativas, se deben repetir los ensayos.