

## Precipitación química

En 1870, la precipitación química ya estaba establecida en Inglaterra como método de tratamiento de las aguas residuales. A finales de siglo pasado y primeros del presente, el tratamiento químico se utilizaba de forma generalizada pero, con el desarrollo de los tratamientos biológicos, se abandonó el uso de productos químicos y se adoptaron estos últimos procesos de tratamiento biológico. A principios de los años 1930, se hicieron algunas tentativas de desarrollo de nuevos métodos de tratamiento químico y se instalaron una serie de plantas. En la práctica actual, la precipitación química se emplea como medio para mejorar el rendimiento de las instalaciones químicas, como un paso básico en el tratamiento físico-químico independiente del agua residual, y como un mecanismo de eliminación del fósforo.

### Eliminación mejorada de sólidos suspendidos

El grado de clarificación obtenido cuando se añaden reactivos al agua residual cruda depende de la cantidad de reactivos utilizados, y del cuidado con que se controlan y operan los procesos. Mediante la precipitación química, es posible eliminar del 80 al 90% de los sólidos en suspensión, del 70 al 80% de la DBO, y del 80 al 90% de las bacterias. La eliminación para tanques de sedimentación primaria correctamente diseñados y operados sin adición de reactivos está entre el 50 y el 70% para los sólidos suspendidos, del 25 al 40% de la DBO, y del 25 al 75% para las bacterias. Dada que las características del agua residual son variables, las dosis de reactivos necesarios se deben determinar a partir de ensayos de laboratorio o con planta piloto.

### Tratamiento físico-químico independiente

En algunas poblaciones, la presencia de residuos industriales ha dificultado el tratamiento biológico de las aguas residuales urbanas. En tales situaciones el tratamiento físico-químico puede constituir una opción alternativa. Este método de tratamiento no ha resultado muy exitoso debido a su falta de regularidad en el cumplimiento de las normativas de vertidos, el alto coste de los reactivos, el manejo y eliminación de grandes volúmenes de fangos generados como consecuencia de la adición de los reactivos, y numerosos problemas operativos. A partir de los resultados típicos de plantas a escala real que emplean carbón activado, se ha observado que las columnas de carbón activado sólo conseguían eliminar entre el 50 y el 60% de la DBO total aplicada, y que las plantas no eran capaces de cumplir consistentemente con las normativas establecidas para los tratamientos secundarios. En algunos casos, para reducir los problemas operativos y conseguir cumplir con las restricciones establecidas, ha sido necesario llevar a cabo modificaciones sustanciales en los procesos o sustituirlos por tratamientos biológicos. Estas son las razones por las cuales apenas se han encontrado nuevas aplicaciones de los



#### **Acquatron S.A.**

Carlos María Ramírez 2463 CP: 1437  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires Argentina  
Tel/Fax: (+54-11) 4919 7172 / 4919 7248  
e-mail: [acquatron@speedy.com.ar](mailto:acquatron@speedy.com.ar)

#### **Acquatron Ltda**

General Parra 815  
Providencia Santiago Chile  
Tel: (+56-2) 264 0339 - Fax: (+56-2) 264 2830  
e-mail: [acquatron@tie.cl](mailto:acquatron@tie.cl)

tratamientos físico-químicos para el tratamiento de las aguas residuales urbanas. El tratamiento físico-químico se emplea de forma más generalizada para el tratamiento de vertidos industriales. Las dosificaciones de reactivos necesarias se deben determinar mediante ensayos de laboratorio o estudios en planta piloto de los objetivos del tratamiento.

Una vez concluida una primera fase de precipitación química y ajuste del pH por recarbonatación (en caso que sea necesario), se hace circular el agua residual a través de un medio granular filtrante para eliminar todo flóculo residual presente y luego, a través de columnas de carbón para eliminar los compuestos orgánicos disueltos. El efluente tratado de las columnas de carbón se suele clorar antes de descargarlo a las aguas receptoras.

### **Estimación de la producción de fango**

El manejo y la eliminación del fango generado en los procesos de precipitación química es una de las mayores dificultades asociadas al tratamiento químico del agua residual. El fango se produce en gran volumen en la mayoría de las operaciones de precipitación química, alcanzando a menudo un 0,5 % del volumen de agua residual tratada en los casos en los que se emplea cal.

Para calcular el fango producido, primero debo determinar la utilización (o no) de productos químicos (por ejemplo adición de sulfato ferroso y de cal). Si suponemos que un 60% de sólidos suspendidos se elimina en el decantador primario sin adición de químicos, y que al agregarlos el rendimiento de eliminación llega al 85%, podemos calcular la producción de fango de la siguiente manera:

- Caudal de agua residual: 3800 m<sup>3</sup>/día
- Sólidos suspendidos: 220 mg/l
- Dosificación de sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O): 8,5 mg/l
- Dosificación de cal: 70 mg/l
- Solubilidad del carbonato de calcio: 15 mg/l

Primero calculamos las masas y volumen de sólidos eliminados:

- Sin adición de productos químicos:  $M_s = 0,6 * (220 \text{ g/m}^3) * (3800 \text{ m}^3) * (1/1000 \text{ kg/g}) = 501 \text{ kg/d}$
- Con adición de productos químicos:  $M_{ss} = 0,85 * (220 \text{ g/m}^3) * (3800 \text{ m}^3) * (1/1000 \text{ kg/g}) = 711 \text{ kg/d}$

Como consecuencia de la adición de 8,5 mg/l de sulfato ferroso se genera hidróxido férrico en 3,27 mg/l producto de  $8,5 * (106,9/278)$ .

Como consecuencia de la adición de 8,5 mg/l de sulfato ferroso se genera carbonato

cálcico en 6,12 mg/l producto de  $8,5 * (112/278)*(100/56)$ .

Esta cuenta proviene de las siguientes ecuaciones:



Hidróxido de calcio + Acido Carbónico  $\leftrightarrow$  Carbonato de calcio



Hidróxido de calcio + Bicarbonato de hierro  $\leftrightarrow$  Carbonato de calcio

Como consecuencia de la adición de 70 mg/l de cal se genera carbonato cálcico en 178,3 mg/l producto de  $300/112 * (70 - 6,12 *(56/100))$ . Nótese que la cal reaccionará con el CO<sub>2</sub> y con los bicarbonatos.

Luego se determina la cantidad de carbonato de calcio precipitado teniendo en cuenta la solubilidad del carbonato de calcio:

- Carbonato de calcio no precipitado (CaCO<sub>3</sub>): 15 mg/l
- Carbonato de calcio precipitado (CaCO<sub>3</sub>): 169,4 mg/l = (6,12 + 178,3) - 15 (o sea del total producido por la adición de productos químicos se resta la cantidad no precipitada).

La cantidad de sólidos secos totales se calcula de la siguiente forma:

$$711 \text{ kg/d} + (3,12 + 169,4 \text{ g/m}^3) * 3800 \text{ m}^3 * (1/1000 \text{ kg/g}) = 1,367 \text{ kg/d}$$

Por ende el volumen de fango de la precipitación química suponiendo un peso específico del mismo de 1,05 y una humedad del 92,5 % es de:

$$V_s = (1,367 \text{ kg/d}) / (1,05 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0,075) = \mathbf{V_s = 17,36 \text{ m}^3/\text{d}}$$

**Masa: 1367 kg/d**

Sin precipitación química, el volumen de fango precipitado es:

$$V_s = (501 \text{ kg/d}) / (1,03 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0,06) = \mathbf{V_s = 8,10 \text{ m}^3/\text{d}}$$

**Masa: 501 kg/d**