

Experiencia en el uso de Chemifloc PA 47 como pretratamiento de una ósmosis inversa

Irma Herrera, responsable de Desalación de Chemipol; **Ricardo Álvarez**, técnico comercial de Chemipol; **Oriol Iglesias**, investigador del Departamento de I+D de Chemipol



1. INTRODUCCIÓN

Al hablar del tratamiento de aguas, ya sean estas de origen marino, continental o residuales tratadas, no se puede pasar por alto la importancia de los posibles problemas originados por la presencia de partículas coloidales. Estas son las responsables en gran parte del color, de la turbidez, del sabor y del olor del agua. Su pequeño tamaño (entre 10^{-3} y $1 \mu\text{m}$) hace que no decanten de forma natural.

El origen de los coloides es muy diverso:

- Microorganismos (bacterias, virus, algas).
- Mineral (arcillas coloidales, limos, sales metálicas, sílice, entre otros compuestos).
- Orgánico (como tensoactivos, colorantes, ácidos húmicos y fúlvicos).

Por ello, estas pequeñas partículas no disueltas en el agua de alimentación encontrarán su camino hacia las membranas sin los sistemas de pretratamiento adecuados, asentándose sobre la superficie de estas y provocando así un problema de ensuciamiento.

Como consecuencia de este ensuciamiento (y también de otros factores como son la edad, la temperatura, etc.), la membrana va perdiendo sus características más importantes a lo largo de su período de funcionamiento, especialmente en lo que se refiere al caudal y a su selectividad a las sales. Respecto al caudal y en función de las condiciones de operación de las membranas, puede producirse una disminución de hasta el 10-12% al año. El paso de sales se incrementa en torno a un 10-15% al año. Se provocará un aumento en la presión de ali-



mentación, una reducción de flujo y un empeoramiento de la calidad del permeado (mayor conductividad). A menudo, recuperar una membrana contaminada por medio de una limpieza es complejo, dependiendo del tipo de ensuciamiento adquirido, por lo que siempre será más adecuado frenar el paso de los elementos causantes del mismo a las membranas con un adecuado tratamiento físico y químico previo a los trenes.

2. PROCESO DE COAGULACIÓN

En aguas naturales las partículas coloidales presentan carga eléctrica negativa, produciendo fenómenos de repulsión que impiden que se unan formando partículas mayores. Se hace necesario, por tanto, neutralizar dichas cargas negativas añadiendo cargas positivas que las desestabilicen, de forma que las fuerzas de atracción superen a las de repulsión y que se dé aglomeración de partículas, fenómeno que se denomina coagulación. La reacción química de la coagulación se produce en tres etapas:

- Neutralización de las cargas negativas de las partículas coloidales, mediante la adición de un coagulante (reactivo químico) con iones positivos.
- Reacción del coagulante y formación de flóculos de óxido hidratado coloidal con carga positiva, los cuales atraen las impurezas coloidales de carga negativa.
- Adsorción (vínculo o enlace superficial) de impurezas por los flóculos.

El reactivo, al solubilizarse en agua, libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga. Las masas formadas por agregación de partículas coloidales desestabilizadas (flóculos) son de textura gelatinosa y tienen unas dimensiones del orden de decenas a centenas de micras. Estos flóculos tienen ya una velocidad de sedimentación apreciable y pueden separarse del agua por decantación. El tipo y cantidad de coagulante, el pH, la velocidad de agitación de la mezcla, el período de coagulación y la temperatura del agua son solo algunos de los muchos factores que influyen en el proceso de coagulación.

3. EXPERIENCIA EN LA ETAP LA SAGRA ESTE CON CHEMIFLOC PA 47

3.1. ANTECEDENTES

En el año 2012, Chemipol comenzó a trabajar con la ETAP La Sagra Este (**Figura 1**) en la búsqueda del tra-

tamiento más adecuado para reducir un alto valor de SDI de un agua con una elevada cantidad de sulfuros. Esta estación de tratamiento de agua potable, ubicada en Seseña (Toledo), trata el agua que viene de la presa de Almoguera a la Mancomunidad de El Algodor, en el punto de desvío de la de la ETAP de Noblejas, cruzando el río Jarama en el término municipal de Aranjuez (Madrid).

El ion sulfuro es una forma reducida del azufre que puede aparecer en condiciones anaerobias por acción de bacterias sulfato reductoras. Estas bacterias, que son mayoritariamente anaerobias, utilizan el sulfato como fuente de energía y lo reducen a sulfuro. En presencia de sulfuro, el hierro precipita formando FeS. Es por esto por lo que el cloruro férrico se emplea de forma habitual como coagulante en estas plantas.

La instalación contaba con un proceso de preozonización seguido de una cámara de coagulación donde se dosificaba FeCl_3 (cloruro férrico), una cámara de floculación, un decantador lamelar, filtros de arena y, finalmente, una planta de ósmosis inversa (OI).

El FeCl_3 , aunque presenta la ventaja de formar un flóculo grande que decanta inmediatamente, tiene también una serie de inconvenientes como son el aporte de color al agua, la necesidad de ajuste de pH y lo más importante, eficacia a unas dosis muy altas con el consiguiente elevado coste para la planta.

Los valores de SDI desde el arranque de la planta en 2011, en especial durante el período estival, eran superiores a 3,2, con puntas de hasta 4.

Chemipol se comprometió a buscar la mejor alternativa para el buen funcionamiento de la planta, en consecuencia, también de las membranas de OI, siempre dentro de la normativa vigente contenida en la Orden SAS/1915/2009 de 8 de julio sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano del Ministerio de Sanidad y Política Social.

FIGURA 1. Vista general de la ETAP La Sagra Este.



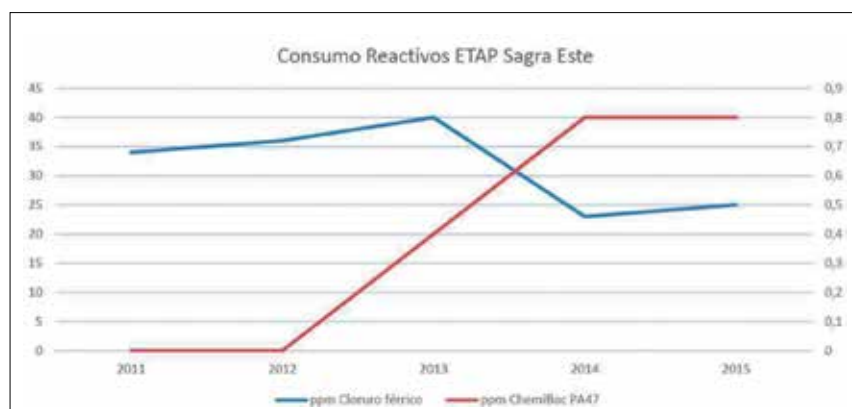
3.2. PRUEBAS JAR-TEST EN EL LABORATORIO

Según la información obtenida durante el estudio de la situación en la ETAP hasta el momento anterior al inicio del proyecto y, además, teniendo en cuenta que las poliacrilamidas no podían ser empleadas en esta instalación, se identificó y preseleccionó un grupo de coagulantes con los cuales pasar a la siguiente fase de pruebas en el laboratorio.

En el laboratorio se diseñó una serie de ensayos Jar-Test comparativos con los que simular el proceso de clarificación que se da en la planta, teniendo siempre en cuenta que los resultados no dependen únicamente de las propiedades del agua a tratar, sino también de las características constructivas de cada planta (como, por ejemplo, la forma y dimensiones de los decantadores o el método de adición de coagulante). Los Jar-Test consistieron en añadir diferentes dosis crecientes en ppm de coagulante a una serie de vasos con porciones alícuotas del agua de la ETAP, observando después del período de agitación adecuado las características del coágulo que se había formado: propiedades físicas y químicas, el tamaño del flóculo y el tiempo de sedimentación de este. También se tomó nota de la turbidez en cada muestra tras la adición del coagulante.

Los resultados obtenidos indicaron que, de entre todos los coagulantes estudiados, el Chemifloc PA 47 de Chemipol adicionado en muy baja cantidad mejoraba la eficiencia del FeCl_3 y permitiría rebajar la dosis de 40 ppm que se venía empleando hasta ese momento. Chemifloc PA 47 es un coagulante orgánico a base de poliDADMAC (cloruro de polialildimetilamonio). No es un producto peligroso y, además, está libre de iones metálicos Fe (III) y Al (III). Presenta un aspecto líquido de incoloro a amarillo. Con esta conclusión preliminar, se pasó a la fase de pruebas en la planta.

FIGURA 2. Evolución de la dosificación de reactivos (cloruro férrico y Chemifloc PA 47).



3.3. PRUEBAS EN LA ETAP

3.3.1. Punto de adición

El punto seleccionado para hacer la adición de Chemifloc PA 47 fue la propia cámara de floculación, ya que la dosis a emplear del producto era muy pequeña y así se evitaba realizar una propuesta que conllevara grandes modificaciones en la instalación. Solo se modificó el preparador de polielectrolito automático que constaba de tres cubas, las dos primeras con agitador, añadiendo una bomba conectada a la señal de la tolva de dosificación de polielectrolito sólido. A dicha conexión se integró un temporizador, que facilitó dosificar el coagulante para conseguir una preparación entre 0,5 y 1,0%.

3.3.2. Resultados de las pruebas en la planta

Una vez implementada esta propuesta, se observaron en la planta de La Sagra los siguientes cambios. Lo primero fue que al añadir solo 0,8 ppm de Chemifloc PA 47 al proceso en la cámara de floculación, el consumo de cloruro férrico (FeCl_3) se redujo de 40 ppm a 25 ppm. En la **Figura 2** se muestra la evolución de la dosificación de ambos productos.

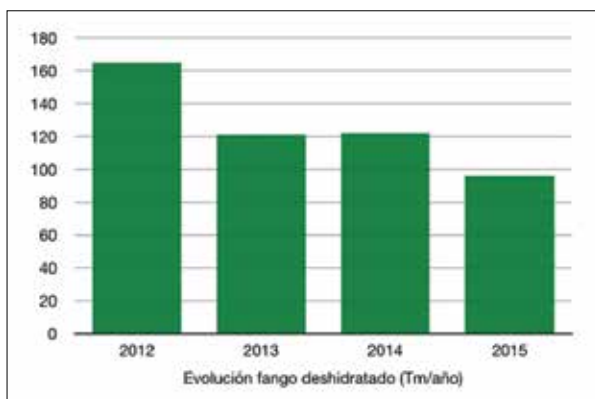
Puesto que el cloruro férrico en contacto con el agua libera calor y es altamente corrosivo, un sistema con menos ppm de FeCl_3 tiene menor poder de corrosión sobre las instalaciones y, por lo tanto, favorece el buen mantenimiento de la planta, sus instalaciones y depósitos. Sin embargo, cuantificar el efecto que tiene sobre la ETAP la reducción de corrosión asociada a una menor presencia de cloruro férrico, no es una tarea nada evidente. En cambio, sí se puede medir y calcular con claridad la reducción en costes del tratamiento de lodos asociado a la reducción de dosis de FeCl_3 . En la **Figura 3** se indican las toneladas de fango deshidratado en

los años 2012 (cuando se inició el proyecto) y siguientes: en los años 2013 y 2014 la cantidad de fango deshidratado fue un 25% inferior a la cantidad de 2012 y en 2015 se generó 20% menos de fango deshidratado respecto al año anterior. La diferencia acumulada de fango deshidratado al cuarto año fue de un 40% menos.

Con respecto a la ósmosis inversa y a las membranas instaladas, la dosificación de Chemifloc PA 47 supuso también mejoras cuanti-



FIGURA 3. Evolución del fango deshidratado.



ficables. El SDI se redujo considerablemente, señal del menor ensuciamiento que llegaría a las membranas. El número de limpiezas de bastidores anuales pasó de 8 en el 2012 a 5 en el 2015. Esto repercute en un ahorro en productos de limpieza, energía y tiempo de trabajo y, sobre todo, en algo muy importante que es la mayor vida útil de las membranas (Figura 4).

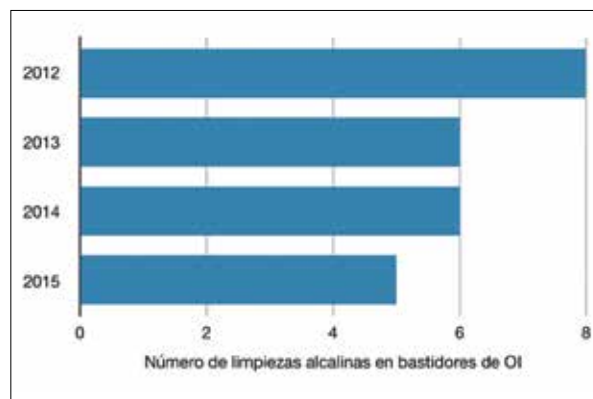
Si bien el SDI es una medida orientativa y no un parámetro determinante, es de gran utilidad cuando se comparan resultados a la salida de cada etapa de un pretratamiento, ya que permite valorar su efectividad. Es evidente que la inclusión de Chemifloc PA 47 en los procesos de La Sagra supuso una mejora más que considerable, alcanzándose SDI inferiores a 2, tal y como se aprecia en Figura 5. Como los fabricantes de membranas recomiendan mantener este valor por debajo de 3, en La Sagra han tenido un importante margen que les ha permitido incluso reducir el gasto en ozonización.

4. CONCLUSIONES

Después de casi 10 años desde que se inició este proyecto, el proceso se mantiene optimizado con el empleo de Chemifloc PA 47. Esta optimización se resume en las siguientes cifras:

- La adición de solo 0,8 ppm de Chemifloc PA 47 redujo el consumo de cloruro férrico en 15 ppm.
- La cantidad de fango deshidratado a gestionar bajó de unas 165 Tm/año a menos de 100 Tm/año.

FIGURA 4. Limpiezas de membranas.



- El menor ensuciamiento que llega a las membranas redujo sus limpiezas de 8 a 5 anuales.
- La vida útil de las membranas se ha prolongado hasta los 12 años que tienen hoy, continuando con su proceso de filtrado de forma eficiente.
- Disminución de problemas de corrosión en las instalaciones.

Estos resultados comportan importantes y mensurables mejoras para la planta, e indican de forma inequívoca que vale la pena invertir en la búsqueda de alternativas y mejoras en el pretratamiento de una ósmosis inversa. Las soluciones convencionales pueden ser revisadas en pro de una conservación óptima de los equipos y membranas. Chemipol anima contar con ellos para ello.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen al personal de la ETAP La Sagra y muy especialmente a Azucena Camacho, jefa de planta, la confianza depositada en Chemipol y su colaboración en este estudio. 🌊

FIGURA 5. Mejora del SDI mediante el uso de Chemifloc PA 47.

