

Nuevo proceso físico-químico para la potabilización de agua sin la utilización de poliacrilamidas

Guerrero, L.¹; Moreno, C.²; Océn, C.¹

¹ Veolia Water Solutions & Technologies, ² Canal de Isabel II

Sumario

Con la entrada en vigor de la Orden SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, del Ministerio de Sanidad y Consumo, la utilización de polímeros orgánicos de síntesis en base a poliacrilamidas, queda restringida su utilización a dosis medias de 0,02 mg/l, con máximas permitidas de 0,05 mg/l. La entrada en vigor de esta nueva Orden ha supuesto que estas dosis resulten ser demasiado bajas para conseguir resultados eficaces en la mayoría de las plantas que realizan el tratamiento de potabilización de agua mediante procesos físico-químicos.

Con el fin de buscar una solución técnica para aquellas ETAP's que utilizan en los procesos físico-químicos poliacrilamidas como floculante, el Canal de Isabel II y la filial española de Veolia Water Solutions & Technologies, llegan a un acuerdo de colaboración para la investigación y desarrollo de un nuevo proceso de tratamiento que permita obtener la calidad de agua para consumo humano, según RD 140/2003, pero sin la utilización de sustancias químicas en base a poliacrilamidas.

La tecnología de proceso físico-químico que aporta Veolia Water Solutions & Technologies es el sistema Actiflo™. Una de las particularidades del proceso Actiflo™ empleado en los ensayos, es

la utilización de microarena en la etapa de floculación, lo que permite la formación de flóculos de mayor peso específico, que actúan como lastre, facilitando una alta velocidad de decantación, y, por consiguiente, trabajar con velocidades ascensionales comprendidas entre 40 y 60 m/h, y con tiempos de retención entre 7 y 15 minutos, lo que permite que el proceso Actiflo™ sea extremadamente compacto.

Los ensayos realizados por Veolia Water Solutions & Technologies entre los meses de julio y septiembre de 2006 en la ETAP de Valmayor (Madrid), del Canal de Isabel II, han mostrado que el proceso Actiflo™ es particularmente efectivo para obtener la calidad de agua requerida para consumo humano, con la utilización de sales de aluminio como coagulantes, y polímeros catiónicos, tales como poliDADMAC's y almidones modificados, como floculantes. Ambos floculantes resultan eficaces para la reducción de la turbiedad, COT y aluminio residual con altas velocidades ascensionales, en concentraciones que cumplen con la nueva Orden SCO/3719/2005.

Introducción

La presentación de este trabajo tiene como objetivo demostrar la eficiencia del sistema de tratamiento físico-quí-



Figura 2. Planta de demostración Actiflo™

mico Actiflo™, de alta velocidad de decantación, que combina la floculación lastrada con microarena y la decantación lamelar, funcionando, por tanto, con velocidades ascensionales comprendidas entre 40 y 60 m/h, con empleo de polímeros alternativos a los utilizados hasta ahora en base a la poliacrilamida, para la obtención de agua apta para el consumo humano, de acuerdo con la normativa vigente contenida en el RD 140/2003 del Ministerio de Sanidad y Consumo.

Los trabajos fueron desarrollados en la ETAP de Valmayor, del Canal de Isabel II, por Veolia Water con la colaboración de técnicos de la propia ETAP. Dichos trabajos fueron programados en base a un protocolo de actuación, en donde se establecieron distintas configuraciones de dosificación de sustancias químicas, entre las cuales se utilizaron distintos tipos de coagulantes con sales de aluminio, así como diversos polímeros catiónicos, tanto de origen natural modificado, como de síntesis.

Experimental

Los trabajos de ensayos se iniciaron la segunda quincena de julio, finalizando la primera quincena de septiembre de 2006. Para la realización del ensayo, se utilizó un equipo de demostración Actiflo™, cuyo proceso se describe a continuación:

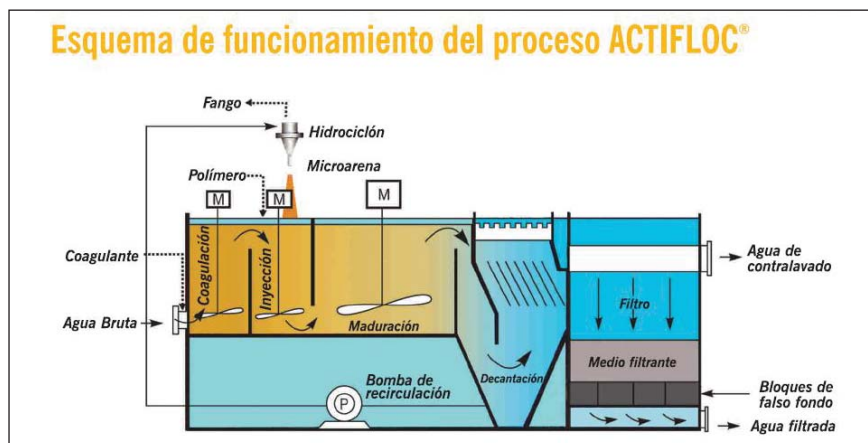


Figura 1. Esquema del proceso Actiflo™

GESTIÓN DEL AGUA

Descripción del proceso Actiflo™

El sistema Actiflo™ es un proceso de clarificación de aguas basado en el principio de la separación por decantación lamelar de corriente ascendente, de flóculos químicos previamente coagulados y fijados, con la ayuda de polímeros, sobre un soporte granular de microarena. La floculación lastrada permite al Actiflo™ asegurar valores de decantación elevadas, y obtener altas velocidades ascensionales en el mismo.

En la figura 1 se muestra un esquema de proceso de las etapas de funcionamiento del sistema Actiflo™:

El producto coagulante se añade al agua bruta como primer paso en el tanque de coagulación (1) ó en línea a la entrada del mismo. Normalmente suele ser una sal de aluminio. La coagulación se alcanza, mediante agitación rápida, en un tiempo de 2 minutos.

Capacidad nominal	40 m ³ /h
Dimensiones 12,2 x 2,4 x 2,9 m	
Tiempo de retención en tanque de coagulación	2 minutos
Tiempo de retención en tanque de inyección	2 minutos
Tiempo de retención en tanque de maduración	6 minutos
Velocidad ascensional en decantador lamelar	40 m/h
Caudal de recirculación con microarena	3 m ³ /h
Concentración de microarena en el proceso	3-4 g/m ³

Tabla 1. Características de la planta de demostración

El agua coagulada pasa posteriormente al tanque de inyección (2). En este tanque, la microarena se añade y se mezcla por medio de un agitador con control de velocidad. La mezcla se realiza en el interior del mismo.

El floculante se añade cuando el agua pasa del tanque de inyección al tanque de maduración (3). En este tanque con diseño específico, se dan las condiciones adecuadas para la formación de "puentes" de polímeros entre la microarena y las partículas coaguladas, formando flóculos fácilmente sedimentables. La gran superficie específica disponible con la microarena favorece éste proceso. En este caso se ha sustituido el polímero convencional en base a poliacrilamida, por polímeros catiónicos de diversas características, y autorizados su uso por las autoridades sanitarias.

	NTU Agua Decantada					Al residual agua decantada (µg/l)	NTU Agua filtrada	Al residual agua filtrada (µg/l)
	N	Media	Mediana	Percentil 90	Percentil 95			
Conf A	50	0,4599	0,4395	0,6798	0,7123	100-120	0,11	6
Conf B	71	0,5359	0,52	0,7	0,7745	120-140	0,27	18
Conf C	51	0,6059	0,593	0,783	0,816	135-155	0,28	9

Tabla 2. Resultados del estudio estadístico aplicado a los datos de turbidez del agua decantada

	TOC entrada (mg C/l)	TOC agua decantada (mg C/l)	TOC agua filtrada (mg C/l)	Oxidabilidad entrada (mg O2/l)	Oxidabilidad agua decantada (mg O2/l)	Oxidabilidad agua filtrada (mg O2/l)
Conf A	3,4	2,02	1,74	2,97	1,99	0,95
Conf B	3,72	2,29	1,73	3,21	2,14	1,59
Conf C	3,14	2,01	1,81	3,19	1,86	1,52

Tabla 3. Resultados de las analíticas realizadas a las muestras de agua decantada y filtrada

Después de la floculación, el agua pasa al decantador (4) Los flóculos decantan más rápidamente que en otros procesos de sedimentación, debido a que la microarena aumenta considerablemente el peso de los flóculos. El agua tratada pasa a través de las lamelas, y se recoge por medio de canales superiores con vertederos Thomson.

El fango precipitado y sedimentado y la microarena se extraen de la parte inferior del decantador y son bombeados hacia el hidrociclón (5), a un caudal correspondiente al 3% del caudal de alimentación de agua bruta a tratar.

Una parte del agua decantada se impulsa hacia el filtro de lecho de arena facilitado por la ETAP.

Descripción de la planta de demostración

La planta de demostración Actiflo™ (Figura 2) es representativa de una planta a escala real. El piloto tiene una capacidad hidráulica nominal de tratamiento para agua potable de 40 m³/h, pudiendo llegar hasta 60 m³/h. El agua a tratar, procedente del embalse de Valmayor (Madrid), se bombea desde el canal de entrada de la ETAP, hasta la planta piloto. Está dotado de un tamiz como pretratamiento, de tanques de coagulación, inyección y maduración, con sus agitadores respectivos, así como de un decantador con lamelas. Asimismo está dotado con un hidrociclón para recuperación de la arena, y de un bombeo para recirculación de la misma. Se completa con dosificadores de químicos, instrumentación y SCADA. Las características principales de la planta se muestran en la tabla 1.

Reactivos empleados

Los productos químicos empleados fueron los siguientes:

- Coagulantes: Como coagulante se ha empleado, preferentemente, sulfato de aluminio líquido al 50%, facilitado por la propia ETAP de Valmayor.
- Microarena: La microarena con talla efectiva de 80 mm y un coeficiente de uniformidad inferior a 1,5.
- Polímeros orgánicos: En primer lugar se empleó poliacrilamida para determinar la eficiencia del proceso con el uso de polímeros utilizados usualmente. Se ensayaron dos polímeros orgánicos catiónicos. Uno de síntesis, líquido, en base a cloruro de polidialildimetilamonio, comúnmente llamado polidadmac, PD-420, de Kemira, y almidón modificado en polvo Goldkem CS4, de Goldcrest Chemicals Ltd.

Condiciones de los ensayos

El objetivo del ensayo era conocer la eficiencia del Actiflo™ con respecto a la reducción de turbiedad y residual de aluminio en el agua decantada, usando otros tipos de polímeros distintos de la poliacrilamida. El agua decantada fue filtrada a través de un filtro de 200 mm de diámetro, con lecho filtrante obtenido de los filtros existentes en la propia ETAP, con un velocidad de filtración de 8 m/h, aunque con limitaciones importantes, ya que la escasa altura disponible del mismo no permitió obtener una curva completa representativa de su pérdida de carga con respecto del tiempo.

Se analizaron parámetros como turbiedad, aluminio residual, COT y oxidabilidad al permanganato. La turbiedad y residual de aluminio fueron realizados con equipos de la propia planta de demostración, y, al mismo tiempo, por el laboratorio de la ETAP. El COT y la oxidabilidad al permanganato fueron realizados por el laboratorio de la ETAP.

Los ensayos se realizaron en principio a un caudal de 40 m³/h, que corresponde a una velocidad ascensional de 40 m/h, variándose después el caudal hasta 60 m³/h, que corresponde a su vez a una velocidad ascensional de 60 m/h.

Resultados

A continuación se describen las configuraciones que mostraron los mejores resultados durante el periodo de ensayos:

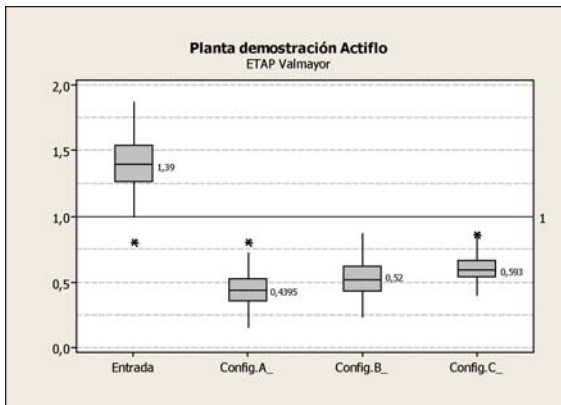


Figura 3. Diagrama de cajas NTU

- **Configuración A_:**
 - Velocidad ascensional de 40 m/h
 - Configuración química: Sulfato de Alúmina: 25 mg/l (1,1 mg/l Al3+) + PoliDADMAC PD 420: 0,15 mg/l + Almidón modificado CS4: 0,25 mg/l
- **Configuración B_:**
 - Velocidad ascensional de 40 m/h
 - Configuración química: Sulfato de Alúmina: 25 mg/l (1,1 mg/l Al3+) + Almidón modificado CS4: 0,7 mg/l
- **Configuración C_:**
 - Velocidad ascensional de 60 m/h
 - Configuración química: Sulfato de Alúmina: 25 mg/l (1,1 mg/l Al3+) + PoliDADMAC PD 420: 0,3 mg/l

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos tras el estudio estadístico aplicado a los datos de turbidez del agua decantada, incluyendo también las analíticas realizadas en cuestión de aluminio residual y turbidez del agua tras su paso por el filtro.

El SCADA presente en la instalación recogió los datos de turbidez del agua decantada realizando una lectura cada minuto. La turbidez del agua filtrada se midió durante las pruebas de forma manual.

Los resultados de las analíticas realizadas a las muestras de agua decantada y filtrada con el objetivo de conocer los valores del TOC y la oxidabilidad al permanganato vienen reflejados en la tabla 3.

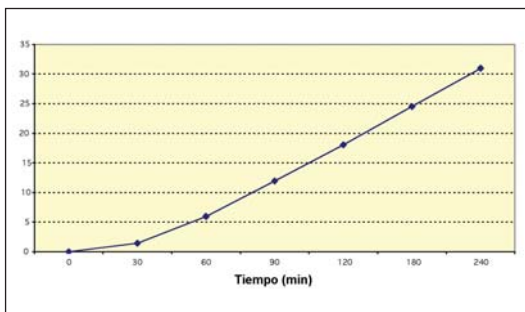


Figura 5. Pérdida de carga del filtro en la ETAP de Valmayor

En la figura 3 se muestra el diagrama de cajas realizado con los datos de turbidez obtenidos del agua de entrada a la planta y el agua decantada empleando las configuraciones químicas previamente descritas. La caja central indica el rango en el que se concentra el 50% de los datos, refiriéndose la línea central al valor de la mediana.

La Figura 4 muestra el diagrama de probabilidad realizado con los datos de turbidez obtenidos del agua de entrada a la planta y el agua decantada empleando las configuraciones químicas previamente descritas. Este diagrama nos muestra la fiabilidad del proceso expresada en tanto por ciento.

La pérdida de carga que mostró el filtro de 200 mm de diámetro utilizado para clarificar el agua se muestra en el gráfico de la figura 5. Como ya se mencionó anteriormente, la limitación del filtro de la planta piloto de la ETAP, en cuanto a la escasa altura disponible, no permitió realizar un estudio completo de la carrera del filtro.

Este ensayo se ha realizado con un agua superficial cuyas propiedades físico-químicas, en función de la geología granítica de la sierra madrileña, son de aguas con muy baja mineralización total y muy baja turbiedad y sólidos en suspensión, aunque con la presencia estacional de microalgas, clorofila y sustancias húmicas que justifican el tratamiento previsto.

Para refrendar los buenos resultados obtenidos en este ensayo de demostración, Veolia Water Solutions & Technologies, ha seguido realizando procesos experimentales con el sistema Actiflo™ de otros tipos de aguas con mayores contenidos en turbiedad, sólidos en suspensión, color, sustancias húmicas y mineralización total, con el objetivo primordial del cumplimiento de los valores paramétricos del RD-140/2003 para aguas de consumo, y de la Orden SCO/3719/2005 referente a los productos químicos, dosis y residual de producto permitidos en las mismas.

Conclusiones

Los resultados de la planta Actiflo™ realizado en la ETAP de Valmayor, del Canal de Isabel II, han demostrado la capacidad del proceso para reducir el contenido de turbiedad y controlar el residual de aluminio, con nuevos polímeros, tales como poliDADMAC y almidón modificado.

El ensayo ha mostrado la eficacia del proceso en agua con muy bajos conte-

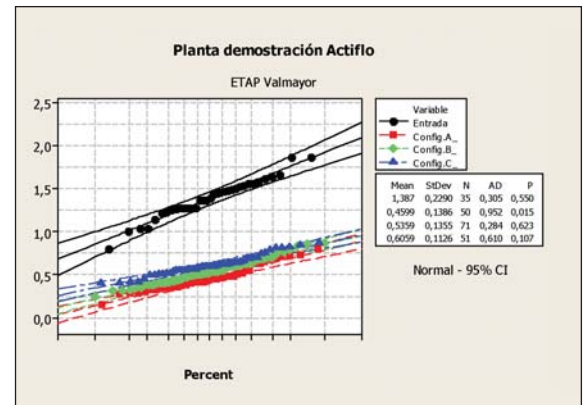


Figura 4. Diagrama de probabilidad

nidos en turbiedad, sólidos en suspensión y salinidad total, muy típicos en aguas superficiales de la Comunidad de Madrid, y se ha mostrado estable y muy efectivo en la reducción de los parámetros analizados tales como turbiedad y COT.

Los mejores resultados se obtuvieron usando sulfato de alúmina como coagulante en dosis de 25 mg/l, y polímeros catiónicos en base a poliDADMAC, en dosis comprendidas entre 0,15 y 0,3 mg/l, y en base a almidón modificado en dosis entre 0,25 y 0,7 mg/l.

Ensayos realizados a diferentes velocidades ascensionales muestran sólo ligeros cambios, usando sólo poliDADMAC, sólo almidón modificado o la combinación de ambos.

Reconocimientos

Al personal del Canal de Isabel II, especialmente a Francisco Ramírez, Jefe de Planta de la ETAP de Valmayor, así como también a Pedro Arbuclas, y al personal de laboratorio y de mantenimiento de la misma, por su eficaz colaboración durante el tiempo que duró los ensayos. A Ruth Tárrega, de Veolia Water Solutions & Technologies, por su especial dedicación y el gran trabajo profesional realizado, considerando las grandes dificultades que implica un trabajo de este tipo.

Referencias

- American Water Works Association; American Society of Civil Engineers (1990), Water Treatment Plant Design, Third Edition, Mc Graw-Hill.
- Edeline, F, (1998), L'épuration physico-chimique des eaux, CEBEDOC EDITEUR, Liège, Belgique.
- HDR Engineering, Inc., (2001), Handbook of Public Water Systems, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Veolia Water Solutions & Technologies, Fondo documental.

Modo de empleo -Para la desinfección de agua de bebida, añadir 14 gotas de Mikrochlor liquid por cada 10 l de agua. Dejar actuar 30 minutos antes de consumir. -Para otros usos y aplicaciones, consultar Características físico-químicas • Declaración de contenido según 89/542/CEE: <5% Blanqueantes basados en cloro (expresado como hipoclorito sódico) • Aspecto: Líquido amarillento transparente • pH al 1 % : Presentación • Caja de 4 botellas de 4 Kg. c.u. Seguridad • Para más información consultar la etiqueta del producto y la Ficha de Datos de Seguridad del mismo. • No mezclar con otros product