

Resumen

La presencia de hierro y manganeso en las aguas de abastecimiento público supone un grave problema para el mantenimiento de unos niveles óptimos de calidad. La oxidación de los estados solubles de los dos metales da lugar a la formación de precipitados que confieren mal sabor y color al agua, y pueden llegar a obstruir las tuberías. La limpieza química de la red de distribución utilizando H_2O_2 es un método adecuado para la eliminación de las deposiciones de Fe y Mn, y para el control de las concentraciones de ambos metales disueltos en el agua.

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de este tratamiento para la mejora de la calidad del agua potable en la localidad de Valencia del Ventoso (Badajoz). Así mismo, se proponen medidas para el adecuado mantenimiento de dicha calidad basadas en el ajuste del sistema de potabilización actualmente en funcionamiento en el pueblo.

Palabras clave:

Agua potable, Hierro, Manganeso, Incrustaciones metálicas, Limpieza química, Peróxido de hidrógeno, Potabilización.

Abstract**Chemical cleaning of supply pipes.**

Presence of iron and manganese in drinking water means a serious problem for the maintenance of water quality. Oxidation of both metals produces precipitates that give the water bad taste and colour, and may block the supplying pipes. Chemical cleaning of the water supply network using hydrogen peroxide is an effective method for removing Fe and Mn, and for controlling concentrations of both metals in the water.

In this paper, results of H_2O_2 application for the improvement of drinking water in Valencia del Ventoso (Badajoz) are presented. Moreover, a set of steps based on the adjustment of treatment processes in the Municipal Water Treatment Plant are proposed to achieve an appropriate maintenance of water quality.

Keywords:

Iron, manganese, metal precipitates, chemical cleaning, hydrogen peroxide, municipal water treatment.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento

Eliminación de las incrustaciones de hierro y manganeso, control de los niveles de metales disueltos y mantenimiento de la calidad del agua potable en la red

Por: Encarna Escot, Jorge Fernández, J. Miguel Medialdea, M^a José Morón, M^a Fernanda Martínez y Julián Lebrato

Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales, Escuela Universitaria Politécnica, Universidad de Sevilla. C/ Virgen de Africa 7. 41011 Sevilla.

Francisco Fernández

JOCA Ingeniería y Construcciones, S. A.

C/ Sinfiriano Madroñero, 1^o A, 06011 Badajoz.

Lázaro Fernández y Antonio Navas

Excmo. Ayuntamiento de Valencia del Ventoso. Plaza de España, 1. Valencia del Ventoso (Badajoz)

1. Introducción

En las aguas naturales, superficiales y subterráneas, el hierro y manganeso disueltos suelen encontrarse en forma de sales, especialmente bicarbonatos, o combinados con iones orgánicos cargados negativamente (ligandos) formando complejos organometálicos. En estos complejos, los cationes metálicos se sitúan en el centro, rodeados por los aniones orgánicos. En general, tales complejos son más difíciles de oxidar y, por lo tanto, de eliminar que las sales inorgánicas (Humphrey & Eikleberry 1962; Wong 1984).

En las aguas de abastecimiento público, la presencia de hierro y manganeso en concentraciones elevadas supone un grave problema para el mantenimiento de unos niveles óptimos de calidad. Cuando el agua es expuesta al aire o al oxígeno, la oxidación de los estados solubles de los dos metales da lugar a la formación de precipitados coloidales que confieren al agua un sabor metálico y un elevado grado de turbidez. Además, la deposición de estos pre-

cipitados puede ser causa directa de corrosión y obstrucción de las tuberías, o indirecta favoreciendo el desarrollo de bacterias específicas (Géneros *Clonothrix* y *Crenothrix*), y es responsable de la aparición de manchas en los tejidos lavados (Wong 1984).

2. Eliminación de hierro y manganeso

El control de los niveles de hierro y manganeso en los sistemas de abastecimiento público de agua se lleva a cabo habitualmente aplicando alguno de los siguientes tres métodos generales: (1) precipitación seguida de filtración o arrastre de los sólidos en suspensión; (2) intercambio iónico; (3) estabilización de los metales en disolución, empleando agentes dispersantes, para evitar su precipitación (Degrémont 1979).

Cuando las concentraciones de uno o los dos metales son bajas (< 1mg/l), no es necesario filtrar el agua, pudiendo recurrirse al uso de agentes estabilizantes o de intercambio (e.g. zeolitas). Sin embargo,

Tabla 1

Concentraciones de hierro y manganeso en el agua del Embalse de Ardila		
Profundidad	Concentración (µg/l)	
	Hierro	Manganeso
1 m	290	290
3 m	850	300
5 m	2980	1290

para valores más elevados, es preciso retirar los metales del agua por precipitación y arrastre o filtración. Ello se realiza por oxidación, proceso durante el cual las formas solubles divalentes del Fe y Mn son convertidas en sus correspondientes estados trivalentes y tetravalentes insolubles (Humphrey & Eikleberry 1962; Degrémont 1979). El proceso de oxidación más corriente en el tratamiento de las aguas municipales es la aereación, tras la cual el agua es pasada a través de un filtro de antracita o arena. Sin embargo, este sistema es costoso y requiere la aplicación de elevados tiempos de retención.

Los oxidantes fuertes como el cloro o el permanganato potásico (KMnO₄), se emplean principalmente con aguas ricas en manganeso. No obstante, la aplicación de cloro requiere de un estricto control del pH y puede dar lugar a la formación de cloroderivados de contaminantes orgánicos, lo que a su vez puede ser causa de nuevos problemas de olor y sabor en el agua. Los

filtros son similares a los utilizados en el método de aereación-filtración. El KMnO₄, además de ser un reactivo caro, necesita de un ajuste del pH (entre 7,5 y 8,0) para evitar dificultades en la posterior filtración del dióxido de manganeso (MnO₂) coloidal formado.

Recientemente, la aplicación de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) para la eliminación del hierro y manganeso en disolución, y de las deposiciones de ambos metales en tuberías de abastecimiento público, se ha revelado como un método eficaz y relativamente económico en comparación con los sistemas descritos (García Martínez de Simón, et al., 1998). Su principal ventaja parece estar basada en la capacidad de los radicales libres .OH generados tras la reacción del H₂O₂ para transformar las incrustaciones de Fe y Mn, fuertemente adherentes, en un fino sedimento de tipo arenoso que puede ser fácilmente eliminado por arrastre, sin necesidad de utilizar filtros.

En este trabajo se presentan los resultados de la utilización de H₂O₂

para la eliminación de las incrustaciones de hierro y manganeso en las tuberías de distribución de agua en la localidad de Valencia del Ventoso (Badajoz), y para el control de los niveles de ambos metales en disolución. Así mismo, se proponen medidas para la mejora de la calidad del agua de distribución basadas en el ajuste del sistema de potabilización actualmente en funcionamiento en el pueblo.

3. Problemática del agua en la localidad de Valencia del Ventoso

El abastecimiento de agua en la localidad de Valencia del Ventoso (Badajoz) se realiza a partir del Embalse de Ardila y de pozos localizados dentro de los límites del término municipal. Desde aquí, el agua es bombeada hasta la Estación de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) construida por la empresa JOCA Ingeniería y Construcciones, S. A. en las inmediaciones del pueblo, donde es tratada antes de ser distribuida finalmente a los usuarios.

Aunque actualmente la eliminación del Fe y Mn disueltos se lleva a cabo en la ETAP, los elevados niveles de ambos metales en el agua del embalse (Tabla 1), unidos a la ausencia de tratamiento hasta fecha muy reciente, son responsables de la presencia en las tuberías de incrustaciones metálicas. Con las variaciones de caudal debidas a cambios en la presión o a modificaciones en los parámetros de funcionamiento de la ETAP, estos depósitos pasan de nuevo al estado de suspensión, con la consiguiente formación de turbiedades muy altas. Así, en un muestreo preliminar realizado el 23/07/99, tras un paro y posterior arranque de la ETAP, se observó que el agua llegaba a los usuarios con elevadas concentraciones de Fe y Mn (Tabla 2) debidas, probablemente, al desprendimiento de los precipitados existentes en las tuberías. Los análisis de laboratorio realizados sobre tres catas llevadas a cabo en la red de distribución, reve-

Tabla 2

Concentraciones de hierro y manganeso en el agua de abastecimiento, según el muestreo realizado el 23/07/99		
	Concentración (µg/l)	
	Hierro	Manganeso
Entrada ETAP	10.400	19.100
Muestra tomada en el punto más alejado del pueblo	610	120

laron que estos residuos estaban constituidos en su mayoría por óxidos de hierro y manganeso fuertemente insolubles.

El problema se hace más acuciante en época estival, donde el calor extremo y la ausencia de agua en el río Ardila, cuyo cauce alimenta el embalse, originan condiciones de eutrofia en el embalse. Como consecuencia de este proceso, el ambiente de gran parte del pantano se vuelve reductor y conduce a un aumento de las concentraciones de Fe y Mn en el agua por redisolución de los depósitos debidos a la actividad biológica.

4. Restablecimiento de la calidad del agua

Ante la grave recurrencia del problema mencionado y las subsecuentes quejas de los consumidores, el Excmo. Ayuntamiento de Valencia del Ventoso y la empresa JOCA Ingeniería y Construcciones, S. A. contrataron los servicios del Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad de Sevilla, con objeto de encontrar una solución para restablecer la calidad del agua, mediante la limpieza de la red de distribución y el control de las concentraciones de Fe y Mn en disolución.

4.1. Ensayos de laboratorio

Dos tipos de ensayos de laboratorio fueron llevados a cabo con los objetivos antes mencionados:

(1) Ensayos de "Jar Test" (APHA-AWWA-WPCF. 1992) en los que varias muestras de agua fueron sometidas a oxidación química usando tres agentes oxidantes: permanganato potásico, peróxido de hidrógeno e hipoclorito, solos y combinados. El parámetro utilizado como indicativo del efecto del tratamiento fue la turbidez de la muestra tras el pulso de oxidación.

(2) Montaje, a escala piloto, en las instalaciones del Grupo TAR de un sistema constituido por un tubo de vidrio de un grosor similar al que presentan las tuberías de abasteci-

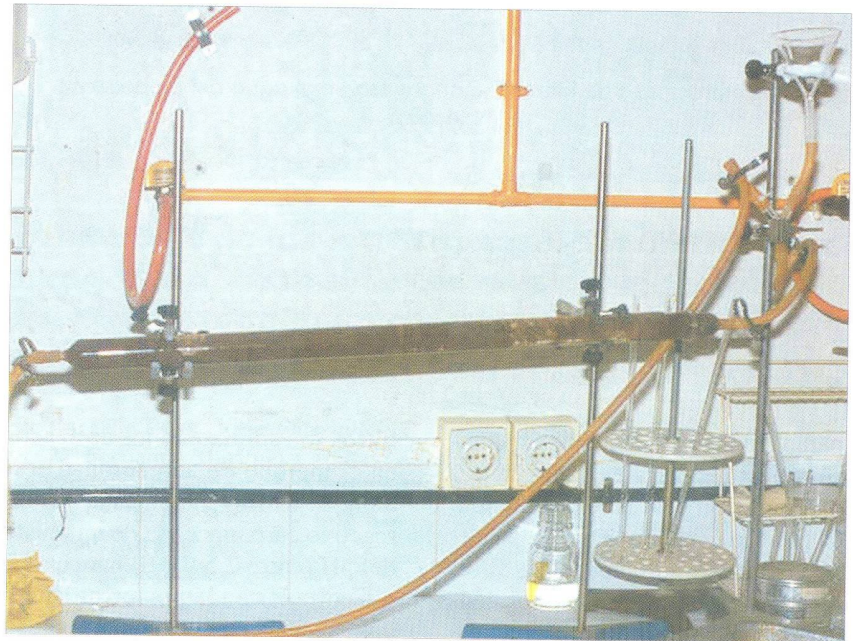


Fig. 1. Simulación, a escala piloto, de la limpieza de las conducciones de abastecimiento.

miento reales de Valencia del Ventoso, en el que se untó fango procedente de las tuberías con objeto de simular las condiciones (deposiciones metálicas) existentes en el interior de las mismas. Uno de los extremos del tubo fue conectado a una toma de agua y a un dosificador desde el que se introdujo la solución de agente oxidante, sirviendo el extremo opuesto de salida (**Figura 1**).

Los resultados de los diferentes ensayos de "Jar Test" sobre la turbidez del agua problema (con elevadas concentraciones de Fe y Mn), indicaron que la mezcla permanganato potásico-peróxido de hidrógeno ($\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$) era el mejor tratamiento para conseguir clarificar el agua significativamente.

Sin embargo, al utilizar este tratamiento de oxidación en el ensayo de limpieza a escala piloto, se observó un aumento considerable de la presión en el interior del tubo, además de una acumulación excesiva de dióxido de manganeso (MnO_2). La eliminación del exceso de MnO_2 habría de hacerse por filtración, proceso que complicaría en gran medida la aplicación de esta solución a escala real. Por el contrario, al repetir el ensayo utilizando sólo H_2O_2 , la

reacción producida sobre las deposiciones metálicas provocó el arranque casi total de las mismas y la oxidación de la mayor parte del Fe y Mn disueltos. Los precipitados metálicos adquirieron tras el ataque del H_2O_2 una consistencia arenosa, en lugar de la característica adherencia que las mantenía unidas a las paredes de la tubería. Una vez resuspendidos estos precipitados, pudieron ser fácilmente eliminados por arrastre al aumentar la presión hidráulica del agua de la conducción. Las condiciones óptimas de aplicación fueron las siguientes:

- La dosis adecuada de H_2O_2 fue de 1:50 (relación v/v)
- El tiempo de retención óptimo fue de 1 hora y 30 minutos. A tiempos de retención mayores no se observó mejoría en el efecto del H_2O_2 .
- Como pronuntario, se estableció la aplicación de 3 limpiezas con la dosis de reactivo y el tiempo de retención indicado para cada una de ellas. Tras cada limpieza, se procedió al arrastre de los sólidos en suspensión aumentando la presión en la tubería. después de la tercera limpieza, se observó que el agua salía clara.

Tabla 3

Diámetros medios y longitudes de las conducciones de abastecimiento de Valencia del Ventoso		
Tramo	Diámetro medio (mm)	Longitud total (m)
Tubería General ETAP-Pueblo (Prueba)	250	500
San José	125	239
Sector 1	66,30	4.243
Sector 2	106,1	3.145
Sector 3	78,75	2.638

Finalmente, se determinó que para restablecer las condiciones de normalidad total en las características fisicoquímica del agua, era necesario llenar y vaciar la tubería tres veces con agua limpia.

Por lo tanto, los resultados experimentales y a escala piloto obtenidos en el laboratorio permitieron establecer que la oxidación con peróxido de hidrógeno seguida de arrastre por aumento de la presión en la tubería, era una opción adecuada para la limpieza de la red de distribución de Valencia del Ventoso. El hecho de que la eliminación de los metales en disolución sea menos completa que en el tratamiento combinado con permanganato potásico, se ve compensado por el excelente efecto producido sobre las incrustaciones metálicas.

4.2. Limpieza de la red de distribución

Para un control más adecuado de las tareas de limpieza de la red a es-

cala real, se optó por dividir la superficie de Valencia del Ventoso en tres sectores. Además, se eligió el tramo de tubería que va desde la ETAP hasta la primera bifurcación de la red a la entrada del pueblo, como tramo de prueba para ajustar las condiciones reales de limpieza. En todos los casos, fueron utilizados los depósitos de abastecimiento situados en la planta potabilizadora como tanques de mezcla para preparar la disolución. Dado que ambos depósitos se encuentran a mayor altura que el resto del pueblo, la disolución podía ser enviada a la red por gravedad, sin tener que recurrir a elementos de bombeo. En la **Tabla 3** se recogen los diámetros medios de las conducciones y la longitud total de cada sector limpiado.

Finalmente, la calle San José fue limpiada por separado debido a que se encuentra a una cota superior a la de los depósitos citados, siendo necesaria la ayuda de un camión cisterna para la inyección de la mezcla.

Las tareas de limpieza se desarrollaron entre los días 25 de Octubre y 4 de Noviembre de 1999. Dado que durante las limpiezas era necesario cortar el suministro de agua a la población, los trabajos fueron realizados de forma alterna, es decir, un día de trabajo y un día de descanso. Los días de descanso se restablecía el abastecimiento de agua en el pueblo.

Para la limpieza se utilizó H₂O₂ en disolución comercial al 30% (p/v), presentada en envases de 50 kg, con una densidad de 1,11 g/cm³ y suministrada por la empresa ACI-DEKA.

En la **Tabla 4** se indican los tramos limpiados en cada jornada de trabajo, el número de limpiezas aplicado y el volumen final de disolución utilizado en cada caso.

4.2.1. Tramo de prueba

Tras la primera limpieza efectuada sobre el tramo de prueba, en la que se aplicaron el tiempo de retención y la concentración calculadas en el ensayo piloto (90 minutos y una disolución 1:50), se observó que no se producía el resultado esperado, por lo que se optó por aplicar en la segunda limpieza una mezcla más concentrada (1:25 v/v) y un mayor tiempo de retención (120 minutos). Tras esta segunda limpieza, se constató que el agua arrastraba una cantidad muy considerable de sólidos metálicos procedentes de las incrustaciones.

Por otro lado, el trabajo en el tramo de prueba permitió observar que

Tabla 4

Distribución de las tareas de limpieza a lo largo del tiempo			
Día	Tramo/calle/sector	Nº de limpiezas	Volumen H ₂ O ₂ (m ³)
25/10/99	Tramo de prueba	2	1.6
27/10/99	C/ San José	2	0.4
29/10/99	Sector 3 y C/ San José	3 y 1	2.9
02/11/99	Sectores 1 y 2	2	3.3
04/11/99	Toda la red de distribución	1	2.6

los aumentos de presión producidos en la tubería como consecuencia de la aplicación del reactivo, no eran significativos; dejar abierto un grifo en la parte superior del tramo en fase de limpieza podía ser una medida eficaz para eliminar los pequeños volúmenes de gases formados.

4.2.2. Calle San José

Para la limpieza de esta calle se utilizó un depósito móvil de 3.500 l de capacidad, en el que se preparó una disolución de reactivo a la concentración establecida en el tramo de prueba (1/25 v/v) para la primera limpieza y a 1:50 para las siguientes. La inyección fue realizada por gravedad desde el punto más alto de la calle, llenándose primero un brazo de la misma y luego el otro por rebose, y desaguando cada una de las partes por separado. Se llevaron a cabo tres limpiezas repartidas en dos jornadas (Tabla 4), siendo el resultado muy satisfactorio en cuanto al arrastre de sólidos metálicos (Figura 2).

4.2.3. Sector tercero

Este sector fue limpiado en primer lugar (Tabla 4) por presentar problemas relacionados con el nivelado del terreno respecto a los depósitos de mezcla y porque se observó que contenía conducciones que no aparecían en los planos originales. La primera limpieza se llevó a cabo con una mezcla a la concentración de 1:25, diluyéndose hasta 1:50 en las dos restantes. El resultado obtenido fue un agua muy turbia (rica en sólidos en suspensión) tras la primera limpieza y muy clarificada al final del tratamiento.

4.2.4. Sectores primero y segundo

Dado el escaso aumento de presión observado en las tuberías limpiadas durante las primeras jornadas, las más problemáticas a priori, se decidió acometer la limpieza de los sectores primero y segundo conjuntamente (Tabla 4). Se llevaron a cabo dos limpiezas, la primera de



Fig. 2.- Estado del agua tras la primera limpieza realizada en la calle San José. Puede apreciarse la gran cantidad de sólidos en suspensión.

ellas utilizando una disolución de H_2O_2 a una concentración 1:25 y la segunda a la concentración óptima calculada en el laboratorio (1:50).

En esta limpieza, y debido a problemas relacionados con el cierre de válvulas, fue necesario incluir varios tramos de calles que en principio no estaban encuadradas en los sectores 1 y 2 (C/ Hernán Cortés y Ezequiel Fernández). Por otra parte, fueron eliminadas del volumen total parte de las tuberías de las calles Ntra. Sra. del Valle, Calzada, Avda. de Portugal y Beltrán de Guevara, por haber sido sustituidas por tuberías nuevas.

Tras cada limpieza, el desagüe de ambos sectores se ejecutó comenzando por el punto más llano del recorrido (el último que alcanzaba el agua). Se creaba así un camino preferencial para el agua y se garantizaba que no llegaría con la presión suficiente para arrastrar los metales resuspendidos. El resultado fue la obtención de una agua de lavado muy oscura y con un alto contenido en sólidos metálicos en suspensión.

Después de la segunda limpieza y los posteriores enjuagues el agua perdió turbidez, pudiendo considerarse limpia.

4.2.5. Limpieza de seguridad

Finalmente, y dado que se disponía de un volumen sobrante de reactivo de 2.565 l, se decidió llevar a cabo un última limpieza general de seguridad de toda la red de abastecimiento. Para ello se preparó una mezcla 1:31 p/v y se inyectó por gravedad, dejándolo un tiempo de reacción de tres horas y abriendo uno por uno todos los desagües del pueblo para eliminar el agua con el reactivo. El resultado fue un agua ligeramente turbia, por lo que se consideró que las tareas de limpieza habían sido satisfactorias y los depósitos de Fe y Mn habían quedado eliminados.

4.3. Optimización del proceso de potabilización en la ETAP de Valencia del Ventoso

En el comienzo de los trabajos de limpieza, la Estación de Tratamiento de Agua Potable de Valencia del Ventoso, construida por la empresa JOCA Ingeniería y Construcciones, S. A., constaba de un sistema de tratamiento fisicoquímico seguido de una decantación y filtración en arena, que es el procedimiento usual

utilizado en el tratamiento de aguas con turbidez moderada y alta. A pesar de que el rendimiento era alto, el agua de salida presentaba un fuerte sabor a tierra y una ligera turbidez parte de la cual podía ser atribuida, sin duda, al exceso de Fe y Mn procedente del embalse (Tabla 2).

Con el objeto de mejorar el proceso de potabilización actual y restablecer, junto con la limpieza del sistema de tuberías, la calidad del agua para consumo público, se propuso un esquema de trabajo basado en dos líneas de actuación:

(1) Introducción de modificaciones en el proceso actual de potabilización.

(2) Ajuste de las dosis de reactivos utilizados en el proceso de tratamiento fisicoquímico y elección de aquellos reactivos que produzcan un mejor rendimiento en las diferentes fases de dicho proceso.

Tras un análisis pormenorizado de las características del agua en cada uno de los pasos que componen el sistema de potabilización y, muy especialmente, de la calidad del agua en el pantano de abastecimiento, se sugirieron diversas modificaciones del proceso actual de potabilización

4.3.1. Eliminación de la precloración

Esta medida tenía por objeto evitar la formación de cloraminas, compuestos que se originan como consecuencia de la reacción entre el cloro y sustancias orgánicas nitrogenadas que aparecen en el agua. Las cloraminas son, además de perjudiciales para la salud, causantes de mal sabor en el agua, por lo que su eliminación podía contribuir significativamente a la mejora de las características organolépticas del agua. Además, un análisis al microscopio óptico de muestras de agua recogidas en el pantano durante el período de sequía estival, reveló la presencia de numerosas poblaciones de algas, fundamentalmente verde-azuladas. La presencia de tales microorganismos en dominancia es síntoma inequívoco del proceso denominado eutrofización (Margalef, 1983), cuyo resultado final es un agua estancada y maloliente, muy rica en materia orgánica. El agua del embalse de abastecimiento de Valencia del Ventoso presentaba los síntomas claros de la eutrofia, por lo que se justificaba la eliminación del proceso de precloración como medida necesaria para mejorar el ren-

Las cloraminas son, además de perjudiciales para la salud, causantes del mal sabor en el agua

dimiento global del sistema de potabilización.

4.3.2. Adición del corrector de pH en la cámara de mezcla (y no en la cámara de aireación)

Aunque a lo largo del tratamiento fisicoquímico, el pH es un parámetro que debe ser siempre controlado, es en el proceso de coagulación donde juega, tal vez, un papel más importante. Por ello, en lugar de añadir el corrector de pH en la cámara de aireación (como se venía haciendo), se propuso su adición en la misma cámara en la que se añade el coagulante.

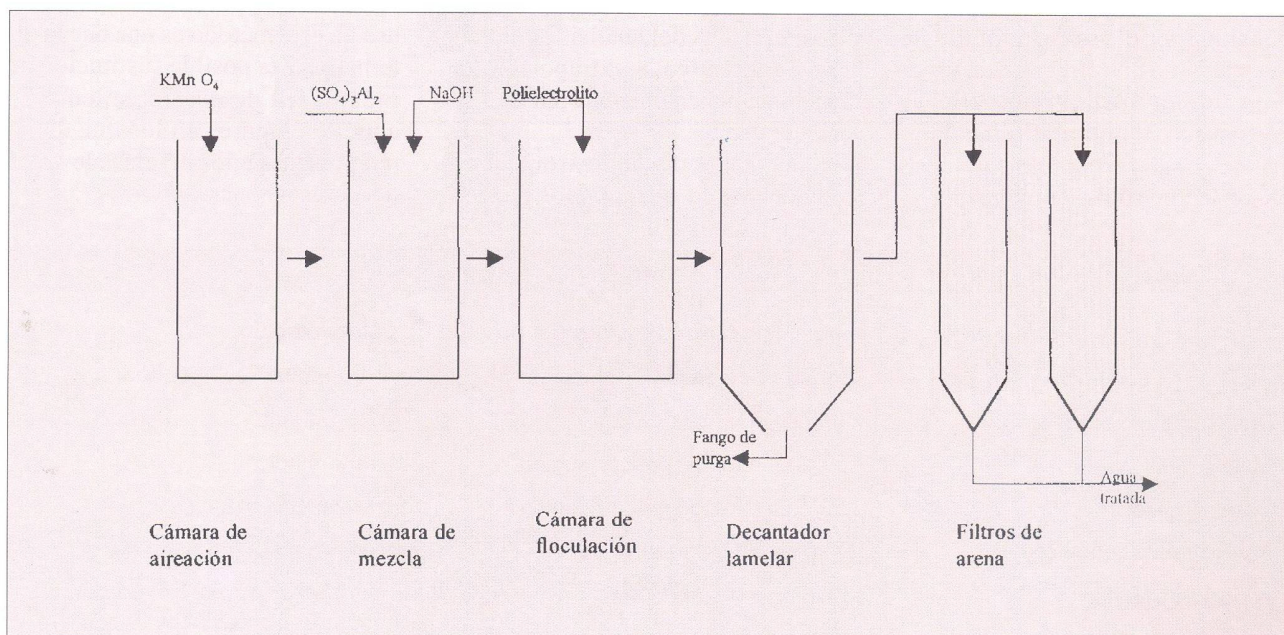


Fig. 3.- Diagrama de flujos de la ETAP de Valencia del Ventoso, una vez introducidas las modificaciones sugeridas.

El coagulante utilizado en a ETAP de Valencia del Ventoso es sulfato de alúmina, reactivo que necesita un pH entre 5 y 7,5 para una correcta actividad. El corrector usado es sosa cáustica.

4.3.3. Eliminación del carbón activo

Aunque el carbón activo, cuando es utilizado en el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento público, puede ser añadido al principio de la línea de tratamiento, resulta más conveniente su uso como sistema de filtración tras el proceso de decantación (Estrada, 1986).

En la línea de potabilización de Valencia del Ventoso, y de acuerdo con las características fisicoquímicas y biológicas del agua captada desde el pantano, es posible prescindir de la adición de carbón activo. El efecto de este aditivo añadido a la cámara de aereación (reducir la turbidez y el color del agua), puede ser cubierto con la propia acción del aire (aereación) y con el incremento en la dosificación de permanganato potásico. No obstante, en momentos en los que el agua presente unas cualidades especialmente notables de turbidez y concentración de sólidos en suspensión (por ejemplo, a finales de la estación estival), podría resultar conveniente instalar un filtro de carbón activo granular (no en polvo) de tamaño medio de poro al final de la línea de tratamiento.

En la **Figura 3** se muestra el diagrama de flujos definitivo de la ETAP.

4.3.4. Ajuste de las dosis de reactivos

En la **Tabla 5** aparecen las dosis de reactivos sugeridas para la mejora del proceso de potabilización.

5. Análisis del estado del agua de abastecimiento una vez finalizados los trabajos de limpieza

Tras la ejecución de las labores de limpieza de la red de abastecimiento y la puesta en marcha de la ETAP con las modificaciones sugeridas, era necesario demostrar que el agua de la localidad de Valencia del Ventoso había recuperado la calidad que por ley le corresponde para poder ser destinada al consumo humano. Para ello, y de acuerdo con las tres partes implicadas en las tareas de limpieza: el Excmo. Ayuntamiento de Valencia del Ventoso, la empresa JOCA Ingeniería y Construcciones, S. A. y el Grupo TAR de la Universidad de Sevilla, se decidió realizar una analítica completa de potable en diferentes puntos de la red. Los puntos de muestreo fueron seis, elegidos al azar en diferentes zonas del pueblo con objeto de que los resultados del análisis pudieran ser significativos y extrapolables a la situación general de la red de distribución.

Los resultados indicaron que el agua cumplía en todos los puntos

muestreados los requisitos establecidos en la Reglamentación Técnico Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público (R.D. 1138/1990, de 14 de Septiembre).

6. Conclusiones

De los resultados obtenidos en las diferentes tareas acometidas para lograr el restablecimiento de la calidad del agua en la localidad de Valencia del Ventoso, pueden extraerse las siguientes conclusiones generales:

(1) Tras la ejecución de los trabajos de limpieza de la red de distribución y la puesta en marcha de la ETAP con las modificaciones sugeridas, el agua potable de Valencia del Ventoso volvió a adquirir los niveles de calidad exigidos por la legislación, pudiendo ser considerada apta para el consumo humano.

(2) El proceso de oxidación química utilizando peróxido de hidrógeno resulta un método adecuado para la eliminación de las deposiciones de hierro y manganeso de las tuberías de abastecimiento, y para el control de las concentraciones de ambos metales disueltas en el agua. La sencillez en su manejo y la ausencia de unos costes de operación elevados, permiten afirmar que el uso de este método es una buena alternativa a la posible sustitución de toda la red de abastecimiento en aquellos lugares en los que dicha red presenta unos niveles elevados de incrustaciones metálicas.

Tabla 5

Dosis de reactivos sugeridas para la mejora del proceso de potabilización

Reactivos	Preparación de las Disoluciones	Caudales Recomendados
Permanganato potásico	1 kg en 500 litros de agua	100 ml / minuto
Sulfato de aluminio	50 % en relación peso/volumen	200 ml / minuto
Sosa cáustica	50 % en relación peso/volumen	75 ml / minuto
Polielectrólito catiónico	2 kg en 500 litros de agua	220 ml / minuto
Hipoclorito sódico	Disolución comercial	No clorar al principio. En cuanto al final, usar un caudal de 35 ml/min.
Carbón activo	No usar	No usar

(3) El ajuste de las dosis de reactivos y de los propios procesos de potabilización que operan en las ETAPs instaladas en las poblaciones, en relación con las características fisicoquímicas y biológicas de las aguas procedentes de los pantanos de abastecimiento, es esencial para optimizar el rendimiento global de tales procesos y obtener un agua que cumpla con los requisitos establecidos en la reglamentación técnica sanitaria vigente.

7. Agradecimientos

El grupo TAR desea expresar su agradecimiento al Excmo. Ayuntamiento de Valencia del Ventoso en las personas de D. Lázaro Fernández, Teniente Alcalde y Concejal de Obras, D. Antonio Navas y D. Francisco Hernández, por el incondicional apoyo mostrado durante los trabajos de limpieza. Así mismo, desea

agradecer a la empresa JOCA Ingeniería y Construcciones, S. A. en la persona de D. Francisco Fernández todo el apoyo y confianza depositados para la realización de este trabajo. Finalmente, los autores dan las gracias a todos los vecinos de la localidad de Valencia del Ventoso por la paciencia y el cariño demostrados a lo largo del trabajo.

Bibliografía

- AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION (1975). Control de Calidad y Tratamiento del Agua. Manual de Abastecimientos Públicos de Aguas. Ed. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid.
- APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos, S. A. Madrid.

- DEGREMONT (1979). Manual Técnico del Agua, 4ª Ed.
- Estrada, P. (1986). Manual de Control Analítico de la Potabilidad de las Aguas de Consumo Humano. Ed. Díaz de Santos. Madrid.
- García Martínez de Simón, I.; García García, F.; Escot Toledo, E.; Lebrato Martínez, J. (1998). Eliminación de los sólidos incrustados en las conducciones de agua potable de Cantillana (Sevilla). Tecnol. Agua, 178: 35-40.
- Humphrey, S. B.; Eikleberry, M. A. (1962). Iron and manganese removal using $KMnO_4$. Water & Sewage Works, Ref. No.
- Margalef, R. (1983). Limnología. Ed. Omega. Barcelona.
- Wong, J. M. (1984). Chlorination-filtration for iron and manganese removal. Journal AWWA, Jan.: 76-79.

GAMA

Energy



Certificado
DIN/ISO 9001

- Servicio
- Progreso
- Tradición



Praher

Su proveedor de válvulas de calidad

Praher Gesellschaft S.A.
Pol. Ind. „El Congost“, C/Can Albareda, 38, Apdo. Correos 143, E-08760 Martorell (Barcelona)
Tel. (++34) 3 / 774 16 19, Fax (++34) 3 / 774 10 49