Aérea de la ETAP de la Ampolla

Implantación del tratamiento de ozono en la potabilizadora de l'Ampolla

Josep F. Ruana Ferré[1], M. Jesús Fernández Monsalve[2]
[1]Jefe de Producción, [2]Directora de la Obra
Consorci d'Aigües de Tarragona I www.ccaait.com

La Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) situada en la provincia de Tarragona, concretamente en el municipio de l'Ampolla forma parte del sistema de distribución de agua en alta de consumo humano del Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT).

El CAT actualmente suministra a 62 Ayuntamientos y 26 Industrias de la Provincia de Tarragona (80% de la población) a través de una red ramificada de 405 km.

Con el propósito de seguir mejorando e invirtiendo en la calidad del agua que se ofrece a los consorciados, recientemente se ha sustituido el cloro por el ozono, tanto en la secuencia de pre como en el post tratamiento de potabilización del agua

La entrada en servicio de la nueva instalación conlleva varias mejoras en: aspectos sanitarios y de calidad en el agua distribuida, el transporte de mercancía peligrosas por carretera (ADR), el almacenamiento de productos químicos (APQ), la prevención y seguridad laboral, y la económica del proceso de tratamiento.

ANTECEDENTES Y CONDICIONES DEL ENTORNO

La ETAP tiene una capacidad de 4 m^3/s, produciendo entre 70 y 80 Hm^3 año. El agua cruda se capta en Camprredó (Tortosa) y procede de los canales de riego de la izquierda y derecha del río Ebro. Éstos toman el agua del río en un punto del final de la cuenca (Bajo Ebro), de manera que el agua captada procede de la superficie de la cuenca de unos 80.000 km2. La ETAP se em-

Diagrama de la red de tuberías del CAT

pezó a construir en1987 y entró en servicio en el año 1989.

Durante estos 30 años se ha tenido que adaptar su línea de tratamiento, tanto al crecimiento de la demanda, como a las variaciones de la calidad del agua superficial y por supuesto también a la normativa. Por ejemplo, en origen ocupaba una superficie de 10 Ha y en la actualidad ocupa 25 Ha. Su línea de tratamiento en origen era una corrección de pH (cal y ácido sulfúrico), precloración, coagulación con sulfato de aluminio, floculación con poliacrilamidas, afino con carbón activo en polvo decantación lamelar, filtración sobre arena y postcloración final.

En el año 1997 se incorporó el tratamiento con permanganato potásico en el agua cruda debido a la proliferación de episodios de microalgas de los años 90, pero a partir del año 2000 estos se fueron reduciendo hasta que en el año 2011 se desmanteló la instalación.

En el año 2001 se sustituyó la precloración por dióxido de cloro (sistema cloro/clorito sódico) para mejorar los subproductos finales del cloro. Mientras, en el 2002 se cambió el coagulante a cloruro férrico, a partir de estudios de eliminación de radioactividad de origen natural con distintos coagulantes.

Desde 2006, debido a la nueva normativa de sustancias para el tratamiento de aguas de consumo, el floculante utilizado es un PoliDAMAC en vez de Poliacrilamida. En ese año se implantó una corrección de pH con CO_2 ya que se generaron pH's superiores a 8 debido a los episodios de microalgas en el tramo final del río, la proliferación de macrofitos (algas superiores) en grandes masas que provocan un cambio en el equilibrio calco-carbónico del agua.

Dos años más tarde, en el año 2008 se empezó a explotar una filtración sobre carbón activo granular y se desmanteló la dosificación de carbón activo en polvo en 2014.

En el proyecto constructivo de los filtros de carbón activo granular, ya se previó una posible línea piezométrica y terrenos disponibles para la instalación de las cámaras de contacto, para un futuro tratamiento con ozono entre los filtros de arena y carbón activo (postozonización).

La instalación de dióxido de cloro en el año 2010, ya necesitó una notable renovación ("retrofit") de equipos y se empezó a plantear su sustitución por una instalación con tratamiento de ozono. Se hizo una primera exploración para renovar totalmente la instalación de dióxido de cloro, con un coste entre 0,5 y 1 M€.

El CAT encargó a CETAQUA (Agbar/UPC/CSIC) un proyecto denominado "Bases de diseño de la ETAP del s. XXI (ETAP21)" que se finalizó en 2013. En dicho informe, se detectó como prioritario la implantación de ozono en la cadena de tratamiento de la ETAP debido a los riesgos sanitarios identificados (microorganismos, emergentes orgánicos y subproductos de la cloración) e incrementar el efecto multibarrera en la cadena de tratamiento de la ETAP y conseguir globalmente minimizarlos.

Con el desmantelamiento de la instalación de cloro solo es necesario un

Parque de oxígeno líquido de la ETAP de la Ampolla

Chiller Postozonización

Mezclador Estático gas/líquido Preozonización

Destructores catalíticos ozono postozonización

plan de emergencia convencional como el de cualquier instalación industrial que utiliza reactivos químicos.

El departamento de proyectos y obras del CAT redactó un proyecto básico que permitía la implantación de ozono en dos fases, la fase de preozonización entre corrección de pH con desmantelamiento de la instalación de dióxido de cloro y la fase de postozonización, entre arena y carbón con el desmantelamiento del cloro y una nueva instalación para el almacenamiento y dosificación de hipoclorito sódico como desinfectante final.

SOLUCIONES SINGULARES

Las soluciones principales adoptadas para la generación de ozono:

1- Partir de oxígeno líquido: parque de oxígeno propiedad de gasista con telemetría propia. Alimentando de oxígeno en fase gas la preozonización y postozonización. Las instalaciones partiendo de aire son poco sostenibles y en nuestro entorno cercano existen fabricantes de oxígeno líquido.

La refrigeración generación de ozono: generador de ozono refrigerado con "chiller" recirculando etilenglicol/agua desmineralizada al 20 %. El agua final de la ETAP presenta anomalías de cloruros, sulfatos y alta dureza, aparte de presentar temperatura superiores a 25 ºC cuando la temperatura de los generadores es de 20 ºC; y no se puede utilizar como fluido de intercambio calorífico.

2- Contactor ozono/agua del tipo mezclador estático unido a cámara de contacto en la preozonización, se ha instalado un mezclador estático del tipo STATIFLO gas/liquido. Debido a la escasa disponibilidad de terrenos para implantar un contactor convencional de columna de burbujas con difusores porosos. La solución adoptada es novedosa en las ETAP's.

3- Destructor catalítico (óxido de manganeso/óxido de cobre) utilizado para evitar la salida de ozono a la atmosfera (óxido de manganeso/óxido de cobre) de ozono de la fase gas. La solución de destructor térmico se descartó debido a su gasto energético y su gran tamaño.

4 –Dopaje de oxígeno con aire libre de aceite. Se planteó la posibilidad de realizarlo con nitrógeno puro, pero presentaba unos costes muy altos respecto sistema convencional y a corto plazo la ETAP dispondrá de un centro de aire comprimido libre de aceite que sustituirá a estos equipos.

Los equipos esenciales de generación de ozono son de WEDECO (XYLEM): 3 generadores de 6 kg O_3/h y 3 generadores de 11 kg O_3/h, quedando la capacidad global de dosificación de hasta 2 g O_3/m^3. Como ejemplo en la figura se presenta los resultados de rendimiento durante su puesta en marcha en los gráficos de los resultados de puesta en marcha.

La instalación se encuentra en estos momentos en fase de SET-UP a la línea principal de la ETAP actual.

ACTUALIZACIÓN LICENCIA AMBIENTAL

El proyecto ha contemplado la actualización de la licencia ambiental de la ETAP y el resto de legalizaciones (almacenamiento de productos químicos, baja tensión, equipos de presión, refrigeración)

OBRA CIVIL

La obra ha afectado a 2Ha del núcleo central de la ETAP y en ningún

momento se ha visto afectado el servicio del suministro de agua a la población de hasta 1'5 millones de habitantes (en verano), plagado de servicios (redes de agua, red de vaciados, red de fangos, red de potencia comunicaciones y otros, como la línea principal de aguas de 1600 mm a 1800 mm.

A continuación se describen las diferentes unidades de obra de las que se compone el proyecto.

Equipos de generación de ozono de la preozonización

Dopaje aire preozonización

Preozonización

Se hace necesaria la desinfección por ozono en la parte inicial del proceso de tratamiento de la planta. Por una parte, para eliminar la mayor cantidad posible de microorganismos, bacterias, etc. y por la otra, para eliminar el dióxido de cloro del tratamiento.

La eliminación del dióxido de cloro tiene dos vertientes de mejora. Una es la de la calidad del agua de tratamiento, puesto que no se generarán trihalometanos y se eliminan muchos más compuestos nocivos que contiene el agua del Ebro que no es posible eliminar con ClO_2. Y la otra es una mejora

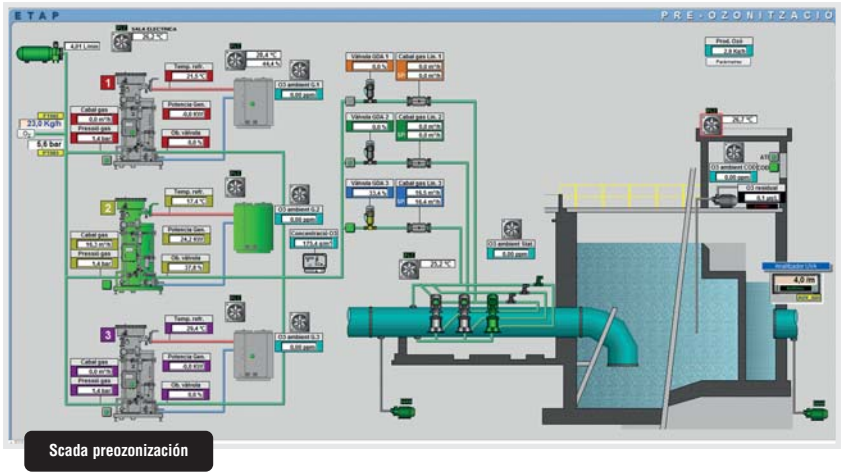
desde el punto de vista de seguridad y salud, ya que se elimina el transporte de una sustancia peligrosa como es el dióxido de cloro.

Los trabajos de la preozonización han incluido los siguientes elementos:

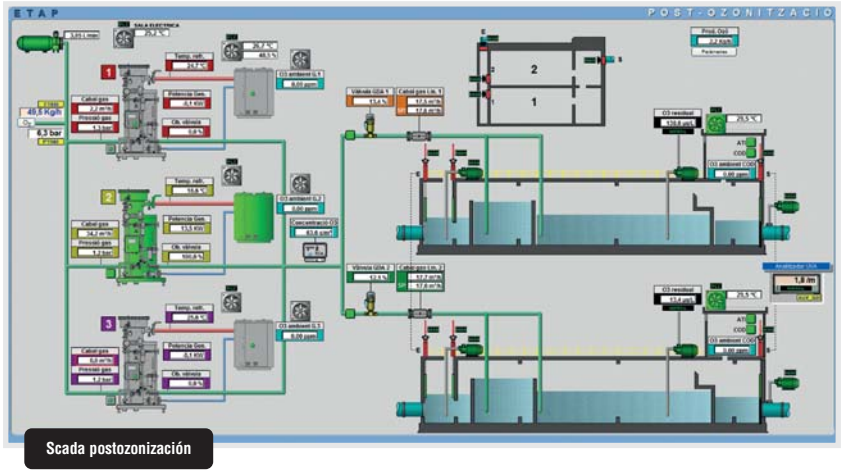
Edificio de generación

Edificio que alberga 3 generadores de ozono para la dosificación de la preozonización, construido con estructura de zapatas, pilares y jácenas de hormigón armado, cerramiento de bloque Split blanco y cubierta invertida. La planta es rectangular de dimensiones 12 x 7,8 x 5,6 metros con una sala anexa para los armarios eléctricos de control de los generadores, telemando e iluminación de 3,6x 7,8 x 3,8 metros.

Está dotada de sistemas de detección de ozono en ambiente con alarmas visuales y acústicas que activan el sistema de extracción de ozono. Este sistema consiste en tres extractores adosados a la pared a 30 cm del suelo de la zona trasera del edificio y que aseguran 10 renovaciones por hora del

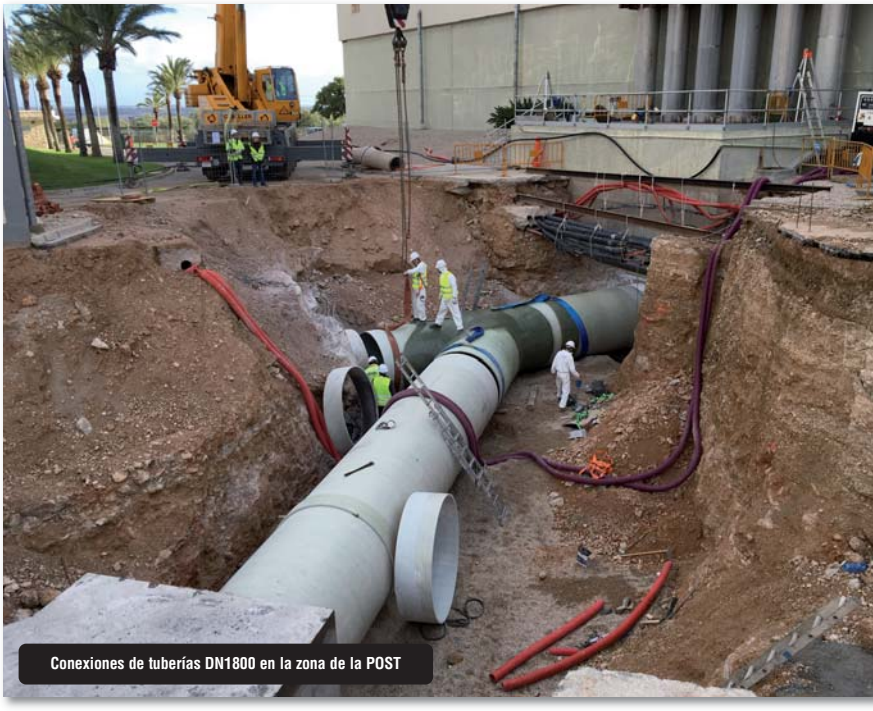


Scada preozonización



Scada postozonización

BY-PASS DE 1200 mm de diámetro interno de PRFV en la PREOZONIZACIÓN provisional


Conexiones de tuberías DN1800 en la zona de la POST

volumen total del aire de la sala. Asimismo posee un sistema de ventilación que mantiene la temperatura interior por debajo de los 35ºC.

Almacenamiento de oxígeno

Se construye una bancada de 10 x 6 metros para albergar el depósito de oxígeno y dos líneas de gasificación, así como todos los elemento de obra civil necesarios para el funcionamiento del suministro de oxígeno.

Cámara de la Preozonización

La cámara de la preozonización consta de una cámara seca en la que se aloja el mezclador estático de ozono y la cámara húmeda denominada cámara de contacto.

Edificio de generación de ozono de la PRE y depósito de oxígeno líquido

• Cámara seca

Dentro de la cámara seca se produce la inyección de ozono directamente en el flujo de agua de entrada a planta. Esta cámara alberga el mezclador estático (5m de longitud) que queda insertado en la conducción de DN1600 de entrada a la planta.

El mezclador estático posee dos sistemas de mezcla. El circuito secundario de predispersión está optimizado para formar pequeñas burbujas de gas y el primario realiza la mezcla en toda la masa de agua del sistema.

El ozono llega desde el edificio de generación mediante una tubería de acero inoxidable de 50mm de diámetro. A la llegada a la cámara del mezclador estático, se dividirá de nuevo en tres líneas de 25 mm de diámetro. Estas líneas son las que forman el circuito secundario (predispersión). El ozono se inyecta en el circuito mediante un inyector venturi.

Las líneas secundarias, con la premezcla de ozono, se inyectan en el centro de la tubería principal y se produce la mezcla de ozono con toda la masa de agua.

La cámara seca está construida en hormigón armado de dimensiones 9,8 x 5 x 7 metros de altura con muros de 50cm de anchura y cubierta invertida.

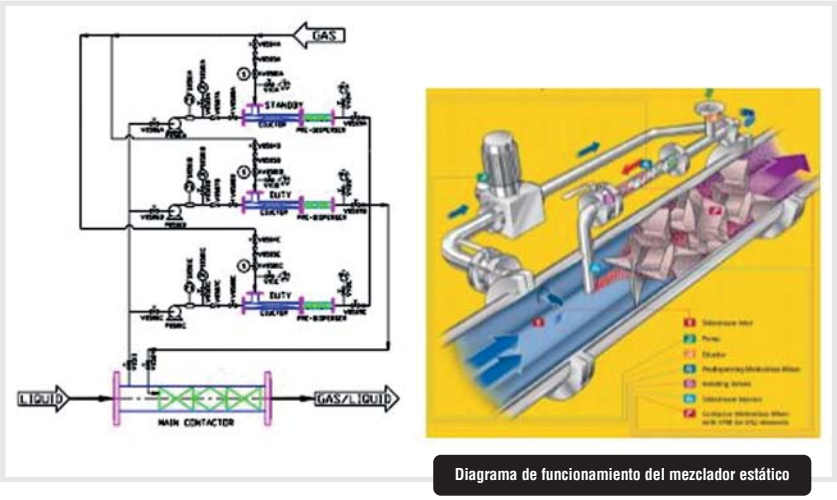


Diagrama de funcionamiento del mezclador estático

• Cámara de contacto

La cámara de contacto garantiza el tiempo de mezcla del ozono con el agua.

La entrada del flujo de agua a la cámara se realiza mediante un codo de 90 grados lo que asegura una presión hidráulica de 0,5 bares necesaria para el funcionamiento del mezclador estático.

La salida del agua de la cámara se realiza a través de un vertedero que genera un pequeño salto, y cuya función es eliminar el ozono residual del agua.

La cámara es estanca y posee una válvula de compensación que equilibra la presión de la cámara con el exterior. El ozono residual ambiental que queda en la cámara se elimina mediante un destructor de ozono situado en la cubierta de la cámara.

Interior del mezclador estático

La estructura del elemento es de hormigón armado con solera de 0,7 m de espesor muros de espesor variable desde 0,7 a 0,5 metros y dimensiones interiores 12 x 5 metros por una altura variable lámina de agua entre 8,8 y 7,5 metros. La cubierta se construye con placas alveolares de 12 metros y capa de compresión de 10 cm.

Al tratarse de un depósito se ha limitado el ancho de fisuración a 0,1 mm siguiendo las recomendaciones de la BS 8110.

Postozonización

La línea de ozonización intermedia se sitúa entre los filtros de arena y los filtros de carbono de la línea de tratamiento de la planta. Este tratamiento a la vez que mejorará la calidad del agua será beneficioso para la vida útil de carbón activo de los filtros.

Los elementos que componen este tratamiento son:

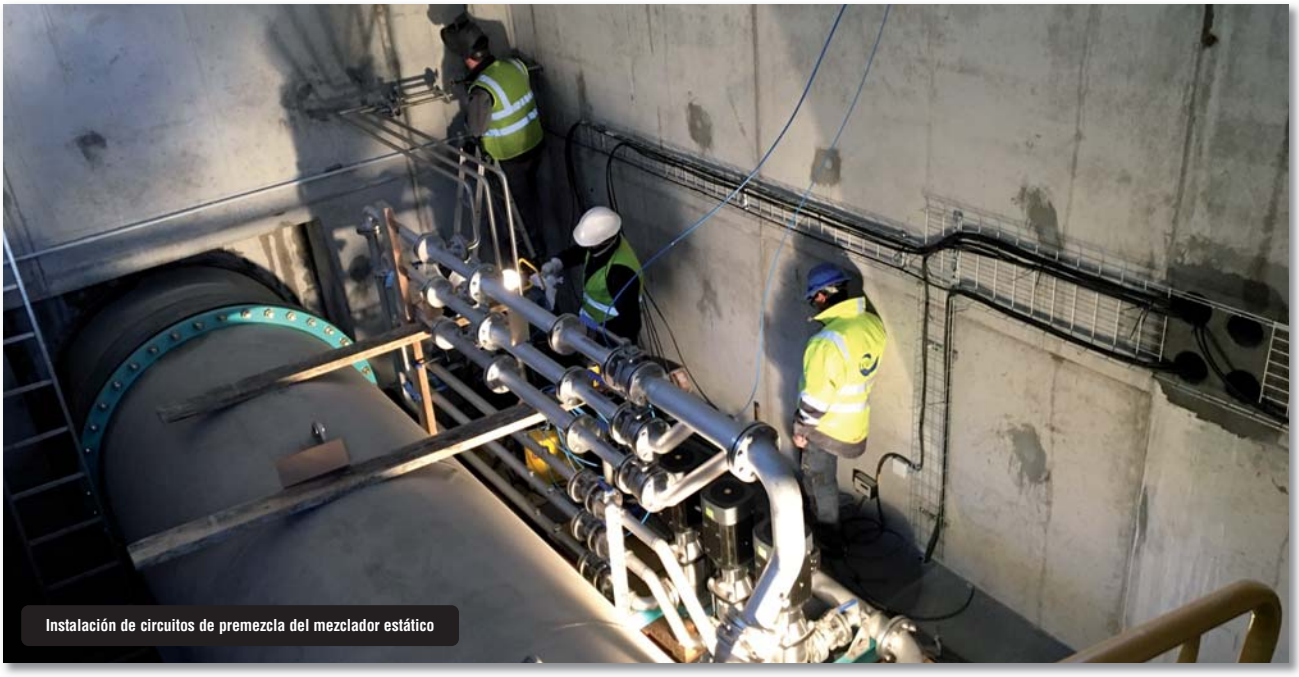
Edificio de generación de ozono

Se trata de un edificio con las mismas características tanto geométricas como de ejecución que el edificio descrito en la generación de la Preozonización. La única diferencia estriba en el tamaño de los generadores que son mayores debido a que la dosificación en la POST de es 1ppm y no de 0,5 ppm como en la preozonización.

Para la generación de ozono se transporta oxígeno desde la zona de la PRE a esta instalación mediante una línea de DN32 de acero inoxidable AISI 316L que recorre toda la planta.

Cámara de contacto

El sistema de inyección de ozono en la postozonización está limitado por la


Instalación de circuitos de premezcla del mezclador estático

Cámara de contacto de la Preozonización

Cámaras de contacto de la Postozonización

línea piezométrica de la planta. Por esta causa nos es imposible implementar un mezclador estático ya que las pérdidas de carga son muy elevadas. Por tanto, se opta por un sistema de dispersión del ozono por difusores instalados en una cámara de contacto.

Se trata de dos cámaras independientes. La capacidad total es de 4.2 m^3/s pero al estar aisladas nos permitirá realizar operaciones de mantenimiento en una de ellas mientras seguirnos dosificando ozono por la otra.

Las cámaras se pueden aislar de la planta y entre ellas mediante compuertas de acero inoxidable. En total se colocan 4 compuertas de dimensiones 2x2 metros.

El funcionamiento es el siguiente:

Se asegura un reparto equitativo en ambas cámaras.

Se trata de un sistema de compartimentos de diferentes dimensiones en los que:

a) Tras pasar las compuertas de entrada y un vertedero se accede a la

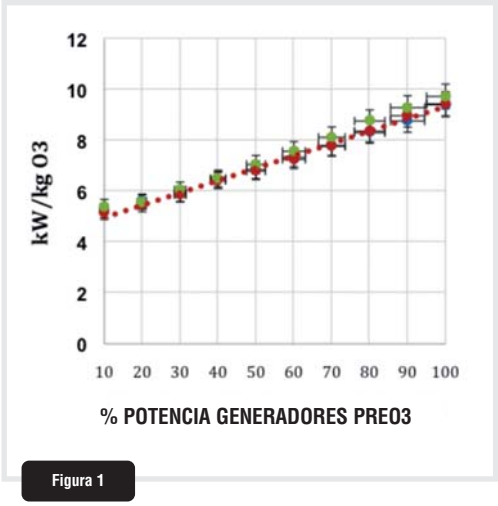


Figura 1

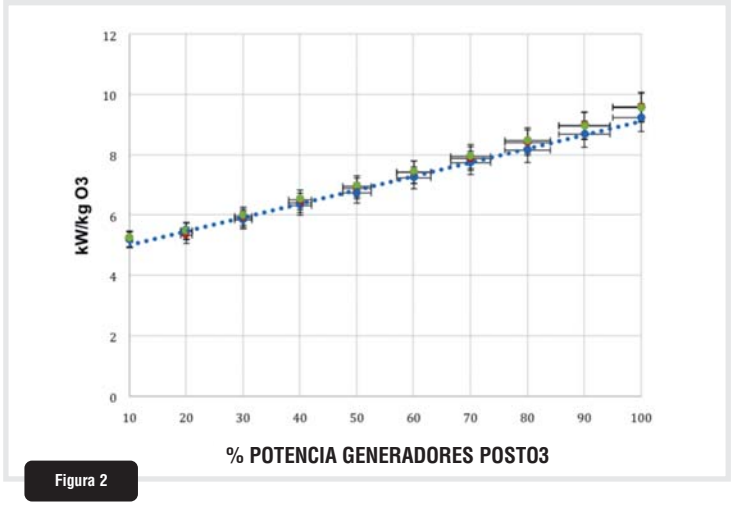


Figura 2

primera cámara con difusores de ozono anclados al fondo con estructuras de acero inoxidable AISI316L.

b) Tras otro vertedero se accede a la segunda cámara con difusores de ozono.

c) Se llega a la tercera cámara o cámara de retención en la que el tiempo de contacto para el caudal máximo es de 6 min.

d) Se accede mediante un vertedero a la cámara de salida que se conecta con la cámara de aspiración de los filtros de carbono mediante una tubería de PRFV de diámetro 1800.

Como en el caso anterior de la preozonización, las cámaras de contacto son estancas, con un destructor de ozono en la cubierta y una válvula de compensación de la presión por cámara.

La cámara de contacto se construye en hormigón armado. La solera tiene unas dimensiones de 37,5 x 24,4 metros y un espesor de 0,60 metros y los muros poseen una altura de 7,26 metros y un ancho de 0,6 metros. La cubierta se construye con placas alveolares de 12 metros y capa de compresión de 10 cm.

Al tratarse de un depósito se ha limitado el ancho de fisuración a 0,1 mm siguiendo las recomendaciones de la BS 8110.

Hipoclorito

Se elimina el actual sistema de desinfección final del tratamiento mediante cloro con la construcción de una pequeña planta de almacenamiento y dosificación de hipoclorito sódico.

Se instalan dos depósitos cilíndricos de polietileno de 25.000 l cada uno. El sistema de dosificación lo forman dos bombas (1 funcionamiento +reserva) de tipo membrana para trabajar con un rango de caudales de 51 a 480l/h.

Resultados en pruebas de puesta en marcha, energía y oxígeno

Los resultados del % Potencia de los generadores de la preozonización a 20 ºC se presentan en la siguiente figura 1.

Con un máximo de 9.75 kW/kg O_3 mejorando lo que exigía la especificación de proyecto (11 kW/kg O_3)

Los resultados del % Potencia de los generadores de la postzonización a 20 ºC se presentan en la siguiente figura 2.

Con un máximo de 9.61 kW/kg O_3 mejorando lo que exigía la especificación de proyecto (11 kW/kg O_3).

Los primeros datos a caudales de 2,6 m^3/s sobre rendimientos en estas dos fases se presentan en la siguiente tabla:

Ratios	Preozonización	Postozonización
Kg O_2/Kg O_3	6,75	12,76
kWh/Kg O_3	6,74	8,47
kWh/Kg O_3 (Todos receptores)	14,28	10,41

Se obtiene mejores ratios de consumo de oxígeno en la preozonización (mezclador estático).

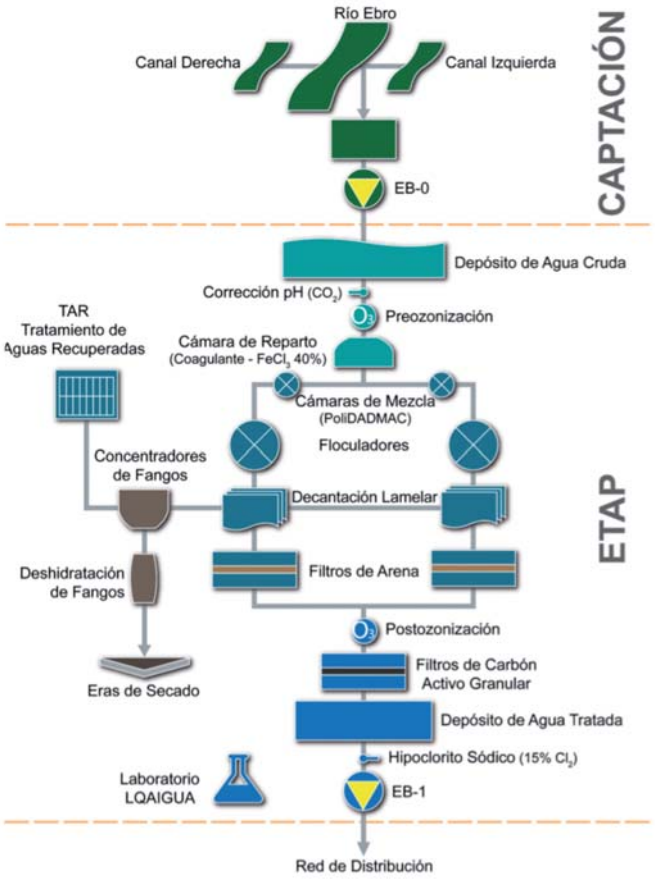
Los ratios de energía están consolidados en la preozonización: 6,74 kWh/Kg O_3 y en la postozonización: 8,47 (proyecto 11 kWh/Kg O_3).

Considerando todos los receptores eléctricos se detecta menor consumo en la postozonización: 10,41 kWh/Kg O_3. El mezclador estático genera una ratio más desfavorable al disponer de unas bombas de recirculación que no son necesarias en la postozonización (contactor convencional de columna de burbujas con difusores porosos). En las dos instalaciones se ha conseguido una riqueza de 172 gO_3/Nm^3 a 20 ºC de gas que era uno de los objetivos del proyecto.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Simplificación de operación y mantenimiento en la ETAP: desmantelamiento dióxido de cloro y cloro que presentan gran número de receptores de operación y mantenimiento.
- Plan de autoprotección que evoluciona a Plan de emergencia (menos riesgos para la salud de los trabajadores, menos riesgos ambientales).
- Disminución de transporte de materias peligrosas por carretera (ADR): Eliminación de Cloro y Clorito sódico al 25 % que se entregaban en la potabilizadora.
- Disminución de riesgos sanitarios por microbiología, subproductos de la cloración y emergentes, por ejemplo los THM a salida de ETAP se han mantenido < 10 µg/L (Valor Paramétrico 100 µg/L) con niveles históricos anteriores de niveles de 50 µg/L. Durante esta fase se ha producido un episodio de Metaloclor (Herbicida) en el agua cruda y a la salida de l'ETAP era indetectable este compuesto orgánico emergente.

CADENA DE TRATAMIENTO CONSOLIDADA DE LA ETAP DE L'AMPOLLA



El tiempo de contacto global del ETAP, por la implantación del ozono, se ha incrementado en 17 minutos: 2 minutos en la preozonización y 15 minutos en la postozonización a 4 m^3/s. Mejorando así el efecto multibarrera sobre los riesgos por falta de tiempo para la inactivación de microorganismos y degradación de compuestos químicos.