

Técnicas electromagnéticas para el tratamiento de aguas y diseño de una planta piloto con dispositivo TK3K



Sergio Martínez Moya¹, Nuria Boluda Botella², Jaime García Quiles³

¹ Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos. Universidad de Alicante

² Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Alicante

³ Ecotécnica Energy Systems, S.L.



INTRODUCCIÓN:

Las técnicas electromagnéticas (EM) reducen los depósitos de cal en aguas, ya que tienen influencia en la formación cristalina de los precipitados de carbonato cálcico, que producen incrustaciones de calcita en ausencia de tratamiento (Figura 1). El EM da lugar a la cristalización como aragonito, que no produce incrustaciones. Es importante destacar la influencia del EM sobre las poblaciones de microorganismos, generando respuestas que podrían ser útiles en el tratamiento de aguas.

La Generalitat Valenciana (GV) financió dos Trabajos Fin de Máster sobre tratamiento de aguas por EM, desarrollados en 2016 y 2017 por alumnado del máster en Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua, en los laboratorios del Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales (IUACA) de la Universidad de Alicante (UA). La publicación de los trabajos en la web de GV permitió a la empresa ECOTÉCNICA ENERGY SYSTEMS S.L. conocer las investigaciones y suscribió un proyecto de investigación (ECOTÉCNICA1-18Y) con el Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos de la UA, que condujo a obtener una beca dentro del Plan GenT 018 de la GV para la formación de doctores y doctoras en empresas valencianas.

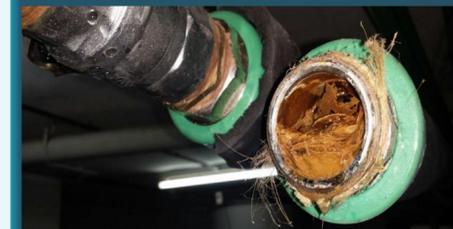


Figura 1: Tubería con incrustaciones. Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE DISPOSITIVOS UTILIZADOS:

Los equipos utilizados para generar los campos EM y las intensidades aplicadas son muy diferentes entre los artículos estudiados (Tabla 1). El material utilizado principalmente es el PVC, aunque hay estudios en los que se utiliza cobre o acero. El agua utilizada es de distinta naturaleza: agua de red, aguas naturales, sintéticas... demostrando que esta tecnología puede ser aplicada a aguas de distintos tipos y para diferentes usos.

OBJETIVOS:

- Conocer el estado actual de las técnicas de tratamiento de agua por EM
- Analizar los dispositivos utilizados
- Diseñar una planta piloto para realizar diversos estudios sobre calidad del agua con el equipo TK3K

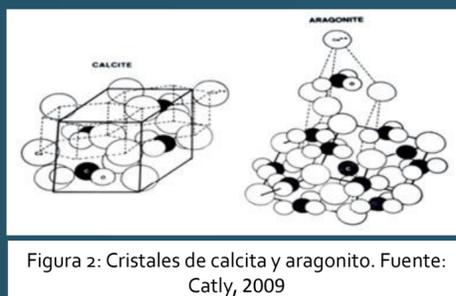


Figura 2: Cristales de calcita y aragonito. Fuente: Catly, 2009

TÉCNICAS ELECTROMAGNÉTICAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS:

Las técnicas electromagnéticas poseen un alto grado de efectividad en la prevención de la formación de incrustaciones de cal en equipos y redes de distribución. En estudios sobre técnicas EM (Tabla 1) se ha demostrado:

- Existe formación de **escamas menos compactas** tras el EM, debido al aumento en aragonito, y a una menor presencia de calcita (Latva et al. 2016), observándose tiempos de duración del aragonito de hasta 200 horas (Coe y Cass, 2000).
- A **mayor dureza mejores serán los efectos** en la inhibición de los depósitos (Ge et al. 2010). Se estudió el agua tratada y las conducciones.
- Los campos EM influyen en el pH de la solución, afectando al crecimiento de las incrustaciones de cal (Parsons et al. 1997).
- Los efectos del EM se eliminan en ensayos donde se ajustó el pH del medio (Parsons et al. 1997).
- El EM **incrementa la adsorción en carbón activo de metales** como el níquel o el cadmio (Rajczykowski y Loska 2018).
- El tratamiento EM en aguas fluviales **promueve la concentración de microorganismos planctónicos**, limitando la cantidad de microorganismos sésiles en las formaciones de biofilms (Mercier et al. 2016).
- Tras la aplicación EM se generan respuestas adaptativas positivas o negativas de diferentes microorganismos Piyadasa et al. (2017), produciendo en algunos casos un **efecto bactericida** (González 2016).

DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS CON EL DISPOSITIVO TK3K:

El equipo con el que se ha realizado el montaje experimental (Figura 4 y Tabla 2) es el **TK3K** (Figura 3) desarrollado por la empresa ECOTÉCNICA ENERGY SYSTEMS S.L. Se realizarán **controles periódicos de pH y Tª** pues son factores que influyen en la eficacia del proceso, y para los **estudios biológicos** se utilizarán dispositivos adaptados que eviten el ensuciamiento. Además se prevé estudiar **el impacto del EM en conductos metálicos**.

Tabla 2: Especificaciones de la planta piloto diseñada. Fuente: Elaboración propia

Equipo de EM	Velocidad del fluido o caudal	Material y diámetro de conducciones	Agua utilizada	Toma de muestras	Análisis de agua	Análisis de conducciones	Parámetros variados y analizados
TecnoKal 3000 (Tk3k) 22LC, 26LC, 26PRO Y 32PRO	Amplio rango (máx. 3000 L/h)	PVC (12,7 - 25,4 mm)	De red, sintética y otros orígenes	Puntos de muestreo a lo largo del sistema	Toma directa con y sin tratamiento	Tras largos periodos de actividad	Temperatura, pH, formación de cristales, intensidad, caudal, longitud de onda, crecimiento bacteriano... entre otros



Figura 3: Equipo TK3K (izq.) y muestra de calcita (dcha.). Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Sistemas utilizados en los artículos estudiados. Fuente: Elaboración propia

Artículo	Equipo de EM e intensidad (T)	Agua utilizada	Velocidad del fluido o caudal	Material y diámetro de conducciones	Toma de muestras	Análisis de agua	Parámetros variados y analizados
Kronenbergr, 1985	Imanes de ferrita, magnetizados axialmente alrededor del conducto y una barra de acero (Hasta 0.1 T)	Aguas con diferentes contenidos minerales	1 a 6 m/s	-	Tras la aplicación EM	20, 50 y 100 microlitros y se dejaron evaporar	Formación de cristales
Parsons et al, 1997	Electroimán no intrusivo. Campo magnético de fuerza ajustable (0.7 T)	Disolución de agua pura con 300 ppm de calcio	151 min ⁻¹	tubería de cobre recubierto de PVC	Tras la aplicación EM	Durante el experimento	pH, Tª y formación de depósitos
Zavaleta et al, 1998	Dispositivo electromagnético perpendicular a la velocidad del flujo (0.03 T)	Agua de red	0.75 a 3 m/s	plástico	Tras la aplicación EM	Tras toma directa con y sin tratamiento	pH, Tª, conductividad, SO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , dureza total y formación de cristales.
Coe y Cass, 2000	Pila de imanes de ferrita recubiertos de teflón y collar de anillo partido con imanes de Nd-Fe-B (0.1 T).	Aguas subterráneas de un pozo de piedra caliza en Irlanda y agua mineral embotellada	0.04 a 1.2 m/s	-	Tras la aplicación EM	Durante las 200h posteriores al experimento	Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Fe ²⁺ , Mn, Zn ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , pH, conductividad y formación de cristales
Catly, 2009	Dispositivo Hydronic de Artigiancavi Snc	Agua del sistema de pruebas de la compañía del equipo	-	Acero inoxidable	Tras la aplicación EM	Tras toma directa con y sin tratamiento	Tª, frecuencia y formación de cristales
Liu et al, 2010	Equipo no especificado (0.01-0.04 T)	Agua con 400 ppm de CaCl ₂ . Agregados 50 ppm de NaHCO ₃ por día	0.5 m/s	Acero con bajo contenido en carbono	En tubería tras experimento	-	pH, Tª y formación de cristales
Latva et al, 2016	Dispositivo MWT de Bauer Water Ltd. PJ-20iHS (0.026 T)	Agua de red almacenada	Constante	4 líneas cobre y 4 polietileno de alta densidad. 16 mm	Colectores en cada línea	Durante 9 meses de forma periódica	Tª, pH, O ₂ disuelto, redox, conductividad eléctrica, cloro libre y total, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , nutrientes, alcalinidad, dureza, Cu y Fe, NH ₄ ⁺ , PO ₄ ³⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ y formación de cristales
Mahmoud et al, 2016	Imanes modelo GMX 8000. Efecto perpendicular al flujo del agua (0.8 T)	Agua de una fábrica de ladrillos	-	PVC. 76.2-203.2 mm	Durante los 5 días posteriores al tratamiento	Tras toma directa con y sin tratamiento	pH, Tª, conductividad eléctrica, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ y CO ₃ ²⁻ , dureza total y formación de cristales
Mercier et al., 2016	Aqua-4D system (Planet Horizons Technologies, Sierre, Switzerland) (0.001 - 0.005 T)	Agua natural filtrada en un tamiz de 50 µm	25 l h ⁻¹	PVC. 50 mm	En el interior del acuario	Semanalmente	Tª, pH, O ₂ disuelto, potencial redox y conductividad.
Piyadasa et al, 2017	2 equipos comerciales	Agua inoculada con bacterias	flujo bajo (92 ml min ⁻¹) y flujo alto (460 ml min ⁻¹)	PVC	Punto de almacenaje del agua tras aplicación EM	Cultivos bacterianos con el agua tratada	pH, Tª y formación de colonias
Verdú, 2016 y Gozávez, 2017	Antical RF	Agua de red, agua sintética y agua de estanque	22L/min	PVC. 20 mm	Tras la aplicación EM	Durante el experimento	Tª, pH, potencial redox y formación de cristales
Rajczykowski & Loska, 2018	Anillo permanente de imanes de neodimio tipo N38 (0.517 T)	Agua desmineralizada con níquel, cobre y cadmio disueltos	-	Vidrio	Tras cada una de las 6 repeticiones de 60 minutos	tras cada una de las 6 repeticiones de 60 minutos	pH, conductividad y concentración de metales pesados

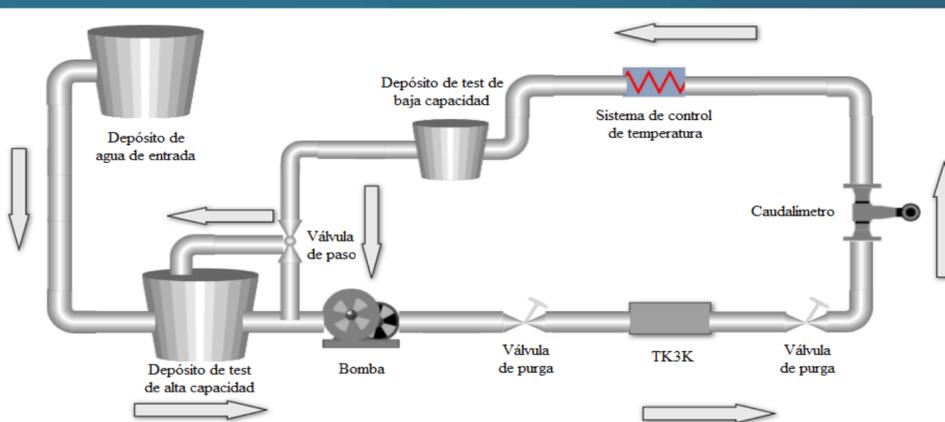


Figura 4: Diseño del montaje de la planta piloto. Fuente: Elaboración propia