

MEMORIA TÉCNICA II

ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE UN NUEVO PROCESO DE DESINFECCIÓN POR ELECTRO-PEROXIDACIÓN EN AGUA POTABLE



Centro Tecnológico
de la Energía y
del Medio Ambiente

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.- FUNDAMENTO DE LA TÉCNICA DE ELECTRO-PEROXIDACIÓN..... | 5 |
| 3.- METODOLOGÍA TÉCNICAS..... | 6 |
| 3.1.- MATERIALES DE LA UNIDAD DE DEMOSTRACIÓN..... | 6 |
| 3.2.- CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE DEMOSTRACIÓN..... | 7 |
| 3.3.- DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO..... | 9 |
| 3.4.- TÉCNICAS ANALÍTICAS..... | 13 |
| 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 17 |
| 4.1.- AGUA POTABLE DE LA RED DE SUMINISTRO..... | 17 |
| 4.1.1- ENSAYO P2-Q2-2..... | 17 |
| 4.1.2- ENSAYO P2-Q2-3..... | 19 |
| 5.- CONCLUSIONES..... | 23 |
| 6.- ANEXO..... | 25 |
| HOJA DE SEGUIMIENTO DE LA EXPERIMENTACIÓN | |
| TABLA A.- PARÁMETROS REGULADOS EN EL R.D. 140/2003 PARA AGUA POTABLE. ENSAYO P2-Q1-2 | |
| TABLA B.- PARÁMETROS REGULADOS EN EL R.D. 140/2003 PARA AGUA POTABLE. ENSAYO P2-Q1-3 | |
| ACREDITACIONES DE LA EMPRESA DELTA XXI, S.L | |
| ACREDITACIONES DE LABORATORIOS MUNUERA, S.L | |
| HISTORIAL DE CETENMA. EQUIPO DIRECTIVO Y TÉCNICO. POLÍTICA DE CALIDAD | |

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La electro-peroxidación es un proceso que aplica los principios de desinfección del agua, en un reactor electrolítico, sin la necesidad de aportar productos químicos. El equipo presenta un variador de tensión e intensidad, capaz de ajustar la corriente en función del agua a tratar, y una célula electrolítica, responsable del efecto bactericida

El objetivo principal del presente estudio es validar la capacidad de un nuevo sistema de desinfección por electro-peroxidación, como alternativa al método convencional de cloración.

A partir del objetivo general definido anteriormente, se proponen una serie de objetivos específicos, que constituyen el plan de de trabajo desarrollado:

FASE I: Recopilación Bibliográfica

Se realiza una revisión y análisis del material bibliográfico relacionado con las tecnologías existentes, a lo largo de todas las fases del proyecto, con el fin de recopilar y actualizar información de los adelantos tecnológicos en la desinfección de aguas de consumo humano.

FASE II: Trabajos de desarrollo. Definición y caracterización de la unidad de demostración

En esta Fase II, se lleva a cabo el montaje de la unidad de demostración a validar en las instalaciones de CETENMA.

FASE III: Desarrollo de la unidad de demostración

1. Muestreo del agua a tratar, seleccionada por la empresa DELTA XXI.
2. Caracterización del agua afluente y efluente de la planta piloto.

Al realizar un análisis del agua, antes y después del tratamiento, se obtiene una evaluación de la técnica de electro-peroxidación.

2.- FUNDAMENTO DE LA TÉCNICA DE ELECTROPEROXIDACIÓN

El sistema hace pasar una corriente eléctrica a través de una célula electrolítica por la que fluye el agua estudiada. La electrólisis, que tiene lugar en el reactor de electro-peroxidación, produce la desinfección del agua mediante:

1. *Efecto directo* por paso entre los electrodos: El campo eléctrico creado es superior al existente en la membrana bacteriana, provocando la destrucción de virus y bacterias con efecto bacteriostático (Lucha contra los rebrotes).
2. *Efecto indirecto* por contacto con los oxidantes producidos en la electrólisis del agua, con actividad bactericida. De esta manera, se evita la recontaminación del agua durante el almacenamiento y transporte del agua hasta el punto de consumo, gracias al poder remanente de los oxidantes generados (cloritos, cloratos, H_2O_2 , etc.)

El sistema no utiliza aditivos químicos y por lo tanto es respetuoso con el medioambiente, aunque presenta dos limitaciones:

1. La conductividad del agua de entrada debe ser superior o igual a $250 \mu S/cm$. El sistema transforma una pequeña parte de las sales disueltas en el agua y electricidad, en una solución desinfectante con una efectividad prolongada.
2. Una elevada turbidez en el agua de entrada hace necesaria la instalación de un sistema de filtración.

Referencia: *Informe de ensayos del Laboratorio Bouisson Bertrand, homologado por el Ministerio de Sanidad Francés (Abril, 2002).*

3.- METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

A continuación, se describen los materiales y procedimientos empleados en las diferentes etapas del plan de trabajo.

3.1.- MATERIALES DE LA UNIDAD DE DEMOSTRACIÓN

Seleccionada el agua potable de la red de suministro como objeto del estudio y conocidas las características físico-químicas de la misma, se procede al diseño de la Unidad de demostración.

Los resultados de varias investigaciones realizadas, prueban que los crecimientos microbianos son más importantes en unos materiales que en otros. La acción corrosiva del agua incide negativamente en los materiales metálicos, generando sustancias disueltas en agua que son alimento para las bacterias. Esta corrosión crea además un hábitat ideal que hace que la bacteria pueda sobrevivir a los métodos de desinfección.

Por todo lo anterior, la selección de los materiales constructivos está condicionada por la normativa y legislación vigente en materia de calidad del agua de consumo humano.

Teniendo en cuenta estas premisas se ha desarrollado la Unidad de trabajo en los siguientes materiales:

- Bastidor: perfilaría de aluminio
- Conducciones y valvulería: PP y PVC sanitario
- Depósitos: polipropileno reforzado (PPR)

El predominio de materiales plásticos presenta innumerables ventajas entre las que destacan:

- Facilidad de montaje y adquisición

- Ausencia de corrosión
- Resistencia adecuada a los requerimientos
- Altas propiedades dieléctricas

3.2.- CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE DEMOSTRACIÓN

La unidad demostración a escala piloto cuenta con los siguientes materiales y equipos para el desarrollo del presente proyecto (Figura 3.1):

- Depósito de 370 l para el agua de alimentación.
- Bomba de alimentación ($Q = 10-60$ l/min).
- Manómetro: Permite determinar la presión de trabajo en línea.
- Presostato o vaso de expansión: Depósito cerrado que tiene como misión absorber las dilataciones del agua contenida en el circuito, facilitando la evacuación eventual de burbujas de aire o vapor y evitando el golpe de ariete.
- Sistema de filtración con carbón activo: Permite realizar un pretratamiento del agua estudiada antes del proceso de electro-peroxidación, con el fin de eliminar el cloro libre residual.
- Módulo del reactor de electro-peroxidación con regulador y/o variador de tensión e intensidad (Figura 3.2). Este módulo electroquímico es investigado y desarrollado por la empresa *Européenne de Traitement des Aux, S.A*, la cual facilita sus características técnicas.

Módulo: ACTIV H2O 1000

- Caudal máximo: 1000 l/h
- Medidas: 150 x 400 x 450 mm
- Peso: 5 kg
- Envase: 160 x 380 x 440 mm
- Peso total: 5,3 kg
- Potencia eléctrica: 150 W

- Tensión: 220V
- Uso doméstico

Este módulo incorpora un filtro con cartucho, equipado de un purgador de aire superior.

- Material para conexiones hidráulicas (tuberías, valvulería, etc.).
- Rotámetro: se trata de un caudalímetro de área variable, el cual se sitúa a la entrada del módulo de electro-peroxidación con el fin de controlar el caudal de agua de trabajo. El rango operacional es de 0 a 4000 l/h.
- Caudalímetro digital: Está diseñado para medir con precisión el volumen y caudal del agua tratada. Se encuentra al final de la línea, tras el módulo de electro-peroxidación.
- Depósitos de 135 y 300 l para almacenamiento de agua tratada.



Figura 3.1.- *Unidad a escala piloto de electro-peroxidación.*



Figura 3.2.- Módulo de electro-peroxidación (ACTIV H2O 1000).

3.3.- DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

La realización de ensayos de electro-peroxidación, con objeto de evaluar la técnica de electro-peroxidación, lleva a la toma de agua de red de Cartagena, en las instalaciones de CETENMA.

Todos los ensayos se han realizado en dichas instalaciones, alimentando la Unidad de demostración de forma continua. El agua de red pasa a través de la célula electrolítica o reactor de electro-peroxidación con un caudal de 1000 l/h. En cada una de las pruebas, el equipo se ha acondicionado a una intensidad conocida (2 y/o 3 A) y, a partir de ésta y de la conductividad eléctrica del agua, la tensión es ajustada.

Una vez producida la electro-peroxidación del agua de red en la planta piloto, ésta pasa al depósito de almacenamiento.

Los parámetros analíticos más relevantes para caracterizar el agua de alimentación (afluente) y producto (efluente) se controlan “in situ”. En este caso, los parámetros básicos son:

✚ Físico-químicos

- Temperatura (°C): La temperatura máxima permitida del agua de entrada al equipo es de 45 °C. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Además, es un factor importante para la biogénesis del agua. Cuanto mayor sea, más posibilidades de proliferación microbiana.
- pH (Unid. pH): Es una propiedad básica que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Determina si una disolución es básica o ácida.
- Conductividad Eléctrica, CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$): se define como la capacidad que tiene el medio acuoso para conducir la corriente eléctrica y permite evaluar la cantidad de iones o sales presentes en el agua. El parámetro de CE es importante para el tratamiento ya que, cuanto mayor sea su valor, más conductivo es el medio acuoso.
- Oxígeno Disuelto, OD (mg/l): En general, la disolución se logra por difusión del aire del entorno al agua. Si el nivel de OD es bajo, indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
- Oxidantes totales, en equivalente de cloro libre residual (mg/l): Permite determinar el efecto indirecto del tratamiento por electro-peroxidación mediante el análisis de cloro libre residual generado en el agua.
- Turbidez (NTU): Es una medida de la dispersión de la luz por el agua, como consecuencia de la presencia de material en suspensión coloidal y/o particulado.

Para evaluar el efecto producido del equipo sobre el agua de red, se realiza un muestreo del efluente almacenado a diferentes tiempos:

- $T_0 = 0$ min (inmediatamente, después del tratamiento)

- $T_1 = 15$ min
- $T_2 = 30$ min
- $T_3 = 60$ min
- $T_4 = 6$ semanas

A la hora de realizar los ensayos, se debe tener en cuenta las variables fundamentales de funcionamiento de la planta piloto. Estas variables son:

- Intensidad de corriente: 2 ó 3 A
- Caudal: 800-1000 l/h (Q1-Q2)
- Presión: 2,5 bar
- Sin/con pretratamiento mediante carbón activo (P1/P2)

El parámetro de intensidad se regula en función de la dosis de oxidantes totales deseada y de la conductividad del agua, siendo esta dosis mayor, normalmente, conforme aumentan la intensidad aplicada y la conductividad eléctrica.

Para observar el efecto directo e indirecto de la electro-peroxidación en el agua se realiza una caracterización físico-química, microbiológica, orgánica, etc., más detallada, en un laboratorio externo, mediante un análisis completo de acuerdo a los parámetros del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

La solicitud del análisis completo R.D 140/2003 y el envío de muestras, desde CETENMA al laboratorio externo, es gestionado por la empresa DELTA XXI. En el ANEXO de la memoria técnica, se citan las acreditaciones del laboratorio externo y de la empresa interesada DELTA XXI.

El plan de ensayos previsto queda resumido tal y como se indica en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Condiciones generales de operación en los ensayos de electro-peroxidación para agua potable de la red de suministro en Cartagena.

| MÓDULO DE ELECTRO-PEROXIDACIÓN | | ACTIV´H ₂ O 1000 | |
|------------------------------------|------------------------------|--|---|
| CONDICIONES DE ENSAYO | | | |
| Pretratamiento | Caudal (l/h) | Intensidad (A) | |
| Carbón Activo | 1000 | 2 | 3 |
| DENOMINACIÓN DE ENSAYO | | | |
| Pretratamiento | Caudal (l/h) | Intensidad (A) | |
| P2 | Q2 | 2 | 3 |
| PARÁMETROS ANALIZADOS "IN SITU" | | | |
| Muestra | Frecuencia de análisis | Parámetros | |
| Agua red Cartagena (afluente) | ----- | Temperatura, pH, CE, OD, Oxidantes totales, Turbidez | |
| Agua filtrada | ----- | – Oxidantes totales | |
| Agua electro-peroxidada (efluente) | T ₀ = 0 min | – Temperatura | |
| | T ₁ = 15 min | – pH | |
| | T ₂ = 30 min | – CE | |
| | T ₃ = 60 min | – OD | |
| | T ₄ = 6 semanas** | – Oxidantes totales – Turbidez | |
| PARÁMETROS RD 140/2003 | | | |
| Muestra | Frecuencia de análisis | Parámetros | |
| Agua red Cartagena (afluente) * | ----- | ----- | |
| Agua electro-peroxidada (efluente) | T ₀ = 0 min | R.D. 140/2003 | |
| | T ₂ = 30 min | | |
| | T ₃ = 60 min | | |
| | T ₄ = 6 semanas** | | |

* Se solicita información sobre la calidad del agua de red, a la empresa encargada de la distribución de agua potable en Cartagena, resultando estar apta para el consumo humano (Análisis Completo tomado el 18/10/2006 en el depósito del Cabezo Beaza).

** T₄ puede variar a lo largo del estudio.

La frecuencia de muestreo y experimentación realizada en CETENMA, se resumen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2.- Muestreo y experimentación del agua potable de la red de suministro en Cartagena, realizados en CETENMA.

| FECHA MUESTREO-EXPERIMENTACIÓN | DENOMINACIÓN ENSAYO |
|--------------------------------|---------------------|
| 16/10/06 * | P2-Q2-2 |
| 31/10/06 | P2-Q2-2 |
| | P2-Q2-3 |
| 28/11/06 ** | P2-Q2-2 |
| | P2-Q1-3 |

* Memoria Técnica I: Estudio de validación de un nuevo proceso de desinfección por electro-peroxidación en agua potable.

** Visita de Carolina Gutiérrez Molina. Jefa Unidad Técnica Sanidad Ambiental. Consejería de Sanidad y Consumo. Región de Murcia.

3.4.- TÉCNICAS ANALÍTICAS

El análisis básico de las muestras de agua es realizado “in situ” por personal técnico de I+D+i de CETENMA, mientras que el análisis completo, de acuerdo a los parámetros del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, es realizado por un laboratorio externo.

En la Tabla 3.3, se resume los parámetros estudiados en la fase de experimentación, los métodos de laboratorio utilizados, así como su lugar de realización.

Tabla 3.3.- Métodos de análisis empleados para cada uno de los parámetros estudiados, así como su lugar de realización.

| PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | | |
|--|-------------------------|--------------------|
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Turbidez | Nefelometría | CETENMA / EXTERNO |
| Temperatura | Termometría | CETENMA |
| pH | Electrometría | CETENMA / EXTERNO |
| Conductividad Eléctrica | Electrometría | CETENMA / EXTERNO |
| Oxígeno Disuelto | Electrometría | CETENMA / EXTERNO |
| Oxidantes Totales, equivalente de cloro libre residual | Fotometría DPD | CETENMA / EXTERNO |
| PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Oxidabilidad | Volumetría | EXTERNO |
| PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Olor | Dilución | EXTERNO |
| Sabor | Dilución | EXTERNO |
| Color | Fotometría | EXTERNO |
| ANIONES INORGÁNICOS | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Cianuro, CN ⁻ | Electrometría | EXTERNO |
| Cloruro, Cl ⁻ | Cromatografía Iónica | EXTERNO |
| Fluoruro, F ⁻ | Cromatografía Iónica | EXTERNO |
| Nitrito, NO ₂ ⁻ | Fotometría UV-VIS | EXTERNO |
| Nitrato, NO ₃ ⁻ | Cromatografía Iónica | EXTERNO |
| Sulfato, SO ₄ ⁻² | Cromatografía Iónica | EXTERNO |
| CATIONES INORGÁNICOS | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Sodio, Na ⁺ | Espect.Emisión Atómica | EXTERNO |
| Amonio, NH ₄ ⁺ | Fotometría UV-VIS | EXTERNO |
| PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Coliformes Totales | Filtración por membrana | EXTERNO |
| Escherichia Coli | Filtración por membrana | EXTERNO |

Tabla 3.3.- Métodos de análisis empleados para cada uno de los parámetros estudiados, así como su lugar de realización (continuación).

| PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Enterococos | Filtración por membrana | EXTERNO |
| Conteo de Colonias aerobias, 22 °C | Recuento en placa | EXTERNO |
| Clostridium perfringens | Filtración de membrana | EXTERNO |
| PARÁMETROS ORGÁNICOS | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Benceno | HS-GC | EXTERNO |
| Benzo(a)pireno | HPLC | EXTERNO |
| HPA's | HPLC | EXTERNO |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno | HPLC | EXTERNO |
| Benzo(k)fluoranteno | HPLC | EXTERNO |
| Benzo(g,h,i)perileno | HPLC | EXTERNO |
| Benzo(b)fluoranteno | HPLC | EXTERNO |
| 1,2 dicloroetano | GC | EXTERNO |
| Total THM's | GC | EXTERNO |
| Bromoformo | GC | EXTERNO |
| cloroformo | GC | EXTERNO |
| Bromodiclorometano | GC | EXTERNO |
| Dibromoclorometano | GC | EXTERNO |
| Tricloroetano | GC | EXTERNO |
| Tetracloroetano | GC | EXTERNO |
| Tricloroetano+Tetracloroetano | GC | EXTERNO |
| Total de Plaguicidas | GC | EXTERNO |
| Aldrín | GC | EXTERNO |
| Dieldrín | GC | EXTERNO |
| Heptacloro | GC | EXTERNO |
| Heptacloro epóxido | GC | EXTERNO |
| METALES | | |
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Aluminio, Al | ICP | EXTERNO |
| Arsénico, As | ICP | EXTERNO |
| Boro, B | UV-VIS | EXTERNO |
| Cadmio, Cd | ICP | EXTERNO |

Tabla 3.3.- *Métodos de análisis empleados para cada uno de los parámetros estudiados, así como su lugar de realización (continuación).*

| METALES | | |
|------------------|---------------|--------------------|
| PARÁMETRO | MÉTODO | LABORATORIO |
| Cromo, Cr | ICP | EXTERNO |
| Cobre, Cu | ICP | EXTERNO |
| Hierro, Fe | ICP | EXTERNO |
| Manganeso, Mn | ICP | EXTERNO |
| Níquel, Ni | ICP | EXTERNO |
| Plomo, Pb | ICP | EXTERNO |
| Antimonio, Sb | ICP | EXTERNO |
| Selenio, Se | ICP | EXTERNO |
| Mercurio, Hg | AA vapor frío | EXTERNO |

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- AGUA POTABLE DE LA RED DE SUMINISTRO

Los datos obtenidos para cada parámetro analizado en los diferentes estudios realizados, se muestran con detalle en el ANEXO de la memoria técnica.

La eficacia del módulo de electro-peroxidación en el agua potable se evalúa según:

1. La producción de oxidante totales sin formación de Subproductos de la Desinfección (SPD's).
2. La eliminación o destrucción de especies bacterianas comunes en el agua.

4.1.1.- ENSAYO P2-Q2-2

Producción de Oxidante Totales

Para el ensayo a intensidad de 2 A, realizado el 31 de Octubre de 2006, la generación de oxidantes en el agua tratada respecto al tiempo, se muestra en la Figura 4.1.

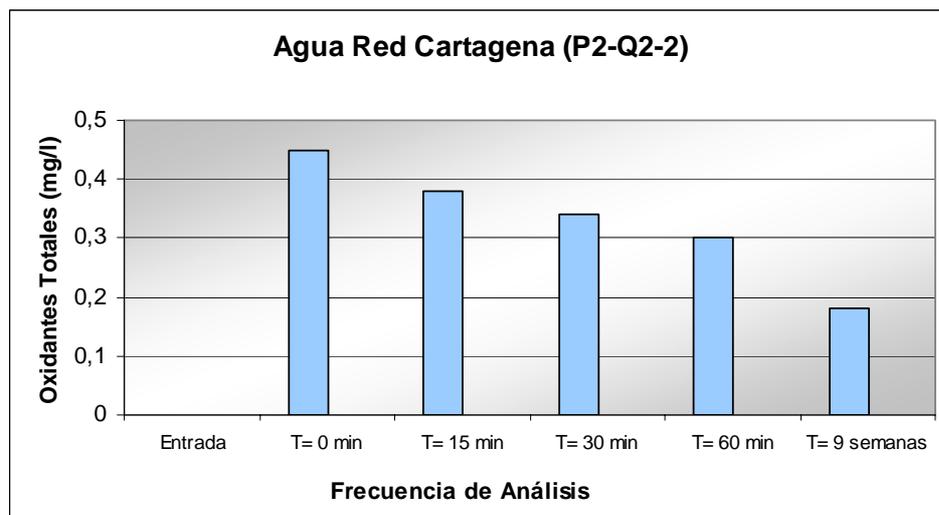


Figura 4.1.- Concentración de Oxidantes Totales (mg/l) en el agua de entrada y en el agua electro-peroxidada frente al tiempo durante el día 31/10/06. Ensayo P2-Q2-2.

La cantidad de oxidantes totales en el agua estudiada pasa de 0,00 a 0,45 mg/l en equivalente de cloro libre residual, para $T_0 = 0$ min. Dicho valor se mantiene prácticamente constante, obteniendo 0,38, 0,34 y 0,30 mg/l, para $T_1 = 15$ min, $T_2 = 30$ min y $T_3 = 60$ min, respectivamente (Figura 4.1).

En el agua electro-peroxidada, almacenada durante 9 semanas, se observa aún el efecto remanente de los oxidantes generados, que se presentan con una concentración de 0,18 mg/l (Figura 4.1).

En cuanto a la posible formación de SPD's, la Tabla 4.1 muestra los valores obtenidos de THM's, en el agua de red y en el agua electro-peroxidada.

Tabla 4.1.- Concentración de THM's en el agua de red y en el agua electro-peroxidada. Ensayo P2-Q2-2.

| PARÁMETROS ORGÁNICOS | | | | | | | |
|------------------------|---------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | | | UNIDAD |
| Frecuencia de Análisis | Entrada | $T_0 = 0$ | $T_1 = 15$ | $T_2 = 30$ | $T_3 = 60$ | $T_4 = 9$ | Minuto o semana |
| Total THM's | APTO | <10 | n.a. | <10 | 30,1 | n.a. | µg/l |
| Bromoformo | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |
| cloroformo | APTO | <5 | n.a. | <5 | 30,1 | n.a. | µg/l |
| Bromodiclorometano | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |
| Dibromoclorometano | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |

Tras solicitar información, sobre la calidad del agua de red, a la empresa encargada de la distribución de agua potable en Cartagena, se confirma que el agua es apta para el consumo humano (Análisis Completo tomado el 18/10/2006 en el depósito del Cabezo Beaza), y se ajusta a los requerimientos legales establecidos por el R.D.140/2003.

En este ensayo, los THM's totales experimentan sólo un ligero aumento, pasando de un valor inferior de 10 µg/l a 30,1 µg/l, cantidad compatible con el R.D. 140/2003, donde el valor límite es de 150 µg/l.

Eliminación de especies bacterianas

En la Tabla 4.2, se expone los resultados obtenidos tras la caracterización microbiológica, tanto del agua de entrada como electro-peroxidada.

Tabla 4.2.- Caracterización microbiológica del agua de red y el agua electro-peroxidada. Ensayo P2-Q2-2.

| PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | | | UNIDAD |
| Frecuencia de Análisis | Entrada* | T ₀ = 0 | T ₁ = 15 | T ₂ = 30 | T ₃ = 60 | T ₄ = 9 | Minuto o semana |
| Coliformes Totales | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <3 | ufc/ 100 ml |
| Escherichia Coli | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <3 | ufc/ 100 ml |
| Enterococos | <1 | <1 | n.a. | n.a. | n.a. | <3 | ufc/ 100 ml |
| Conteo de Colonias aerobias, 22 °C | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <1 | ufc/ml |
| Clostridium Perfringens | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <1 | ufc/ 100 ml |

* Valor facilitado por la empresa encargada de la gestión del agua en Cartagena.

Al contar con un agua de buena calidad, sin presencia de patógenos, como agua de entrada al sistema a validar, no se observa reducción sino la ausencia constante de microorganismos en el agua almacenada, durante el ensayo P2-Q2-2, realizado el 31 de Octubre de 2006 (Tabla 4.2).

Tras eliminar el cloro libre residual mediante carbón activo, en el agua de red, el módulo de electro-peroxidación permite mantener la calidad microbiológica del agua.

4.1.2.- ENSAYO P2-Q2-3

Producción de Oxidante Totales

Para el ensayo a intensidad de 3 A, realizado el 31 de Octubre de 2006, la generación de oxidantes en el agua tratada respecto al tiempo, se muestra en la Figura 4.2.

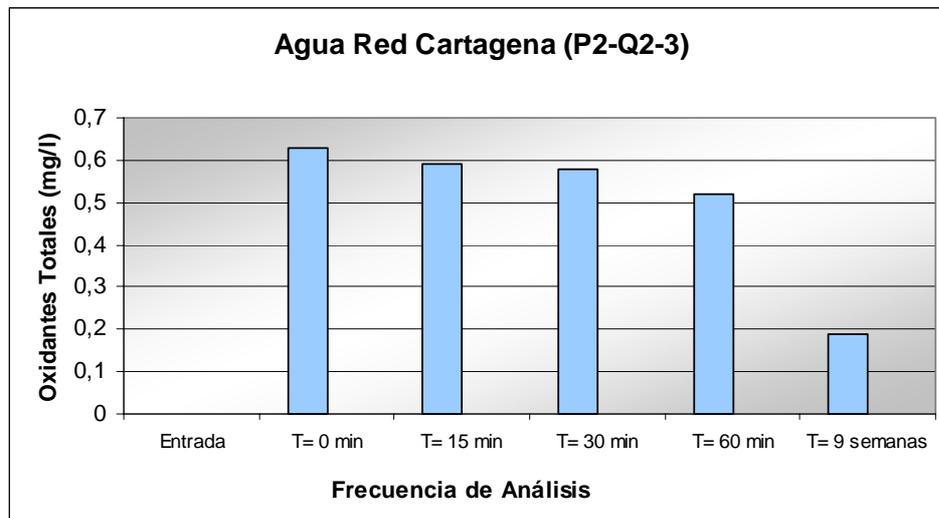


Figura 4.2.- Concentración de Oxidantes Totales (mg/l) en el agua de entrada y en el agua electro-peroxidada frente al tiempo durante el día 31/10/06. Ensayo P2-Q2-3.

La cantidad de oxidantes totales en el agua estudiada pasa de 0,00 a 0,63 mg/l en equivalente de cloro libre residual, para $T_0 = 0$ min. Dicho valor se mantiene prácticamente constante, obteniendo 0,59, 0,58 y 0,52 mg/l, para $T_1 = 15$ min, $T_2 = 30$ min y $T_3 = 60$ min, respectivamente (Figura 4.2).

Comparando estos resultados con los obtenidos en el Apartado 4.1.1, se comprueba que cuanto mayor es la intensidad, mayor es la tasa de oxidantes totales producidos para un mismo tipo de agua.

En el agua electro-peroxidada, almacenada durante 9 semanas, se observa aún el efecto remanente de los oxidantes generados, que se presentan con una concentración de 0,19 mg/l (Figura 4.2).

En cuanto a la posible formación de SPD's, la Tabla 4.3 muestra los valores obtenidos de THM's, en el agua de red y en el agua electro-peroxidada.

Tabla 4.3.- Concentración de THM's en el agua de red y en el agua electro-peroxidada. Ensayo P2-Q2-3.

| PARÁMETROS ORGÁNICOS | | | | | | | |
|------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | | | UNIDAD |
| Frecuencia de Análisis | Entrada* | T ₀ = 0 | T ₁ = 15 | T ₂ = 30 | T ₃ = 60 | T ₄ = 9 | Minuto o semana |
| Total THM's | APTO | <10 | n.a. | <10 | <10 | n.a. | µg/l |
| Bromoformo | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |
| cloroformo | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |
| Bromodiclorometano | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |
| Dibromoclorometano | APTO | <5 | n.a. | <5 | <5 | n.a. | µg/l |

* Valor facilitado por la empresa encargada de la gestión del agua en Cartagena.

En este ensayo, la concentración de THM's totales se mantiene constante con un valor inferior de 10 µg/l, cantidad que se encuentra por debajo del valor límite de 150 µg/l, exigido en el R.D. 140/2003 (Tabla 4.3).

Eliminación de especies bacterianas

En la Tabla 4.4, se expone los resultados obtenidos tras la caracterización microbiológica, tanto del agua de entrada como electro-peroxidada.

Tabla 4.4.- Caracterización microbiológica del agua de red y el agua electro-peroxidada. Ensayo P2-Q2-3.

| PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | | | UNIDAD |
| Frecuencia de Análisis | Entrada* | T ₀ = 0 | T ₁ = 15 | T ₂ = 30 | T ₃ = 60 | T ₄ = 9 | Minuto o semana |
| Coliformes Totales | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <3 | ufc/ 100 ml |
| Escherichia Coli | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <3 | ufc/ 100 ml |
| Enterococos | <1 | <1 | n.a. | n.a. | n.a. | <3 | ufc/ 100 ml |
| Conteo de Colonias aerobias, 22 °C | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <1 | ufc/ml |
| Clostridium Perfringens | <1 | <1 | n.a. | <1 | <1 | <1 | ufc/ 100 ml |

* Valor facilitado por la empresa encargada de la gestión del agua en Cartagena.

Al contar con un agua de buena calidad, sin presencia de patógenos, como agua de entrada al sistema a validar, no se observa exactamente una reducción sino la ausencia constante de microorganismos en el agua almacenada, durante el ensayo P2-Q2-3, realizado el 31 de Octubre de 2006 (Tabla 4.4).

Tras eliminar el cloro libre residual mediante carbón activo, en el agua de red, el módulo de electro-peroxidación permite mantener la calidad microbiológica del agua.

5.- CONCLUSIONES

1. Los oxidantes totales pueden ser generados electroquímicamente mediante el módulo de electro-peroxidación, sin necesidad de adicionar productos químicos:
 - 1.1. Tras el ensayo P2-Q2-2, la cantidad de oxidantes totales en el agua de red pasa de 0,00 a 0,45 mg/l en equivalente de cloro libre residual, para $T_0= 0$ min. Dicho valor se mantiene prácticamente constante, obteniendo 0,38, 0,34 y 0,30 mg/l, para $T_1= 15$ min, $T_2= 30$ min y $T_3= 60$ min, respectivamente.
 - 1.2. Para una intensidad de 3 A (P2-Q2-3), la cantidad de oxidantes totales en el agua de red pasa de 0,00 a 0,63 mg/l en equivalente de cloro libre residual, para $T_0= 0$ min. Dicho valor se mantiene prácticamente constante, obteniendo 0,59, 0,58 y 0,52 mg/l, para $T_1= 15$ min, $T_2= 30$ min y $T_3= 60$ min, respectivamente.
 - 1.3. A mayor intensidad de corriente en el sistema, mayor es la tasa de oxidantes generados en el agua de red estudiada.
 - 1.4. En el agua electro-peroxidada, almacenada durante 9 semanas, se observa aún el efecto remanente de los oxidantes generados, que se presentan con una concentración de 0,18 mg/l, para una intensidad de 2 A, y 0,19 mg/l para 3 A.
 - 1.5. Los THM's totales experimentan sólo un ligero aumento en el ensayo P2-Q2-2, pasando de un valor inferior de 10 a 30,1 $\mu\text{g/l}$, mientras que para una intensidad de 3 A (P2-Q2-3), el parámetro se mantiene constante con un valor inferior a 10 $\mu\text{g/l}$, siendo la cantidad, en ambos casos, compatible con el R.D. 140/2003, donde el valor límite es de 150 $\mu\text{g/l}$.

2. La aplicación del módulo de electro-peroxidación sobre un agua potable, una vez eliminado el cloro libre residual, permite mantener la calidad existente del agua, evitando la aparición de microorganismos patógenos, en el tiempo de almacenamiento estudiado.
3. Las muestras analizadas, para verificar la adecuación al R.D. 140/2003, se ajustan a los requerimientos legales establecidos sobre criterios sanitarios de calidad de agua de consumo humano.

| REALIZADO | REVISADO | APROBADO |
|---|--|---|
| Fdo: Raquel Pastor Guillamón Ingeniero I+D+i Fecha: 2/04/08 | Fdo: José Antonio Plaza Hernández Ingeniero I+D+i Fecha: 2/04/08 | Fdo: Gemma Castejón Martínez Directora CETENMA Fecha: 2/04/08 |



ANEXO

| HOJA DE SEGUIMIENTO DE LA EXPERIMENTACIÓN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--------------------------|----------------|
| TÍTULO DEL PROYECTO | | ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE UN NUEVO PROCESO DE DESINFECCIÓN POR ELECTROPEROXIDACIÓN | | | | |
| EMPRESA | | DELTA XXI, TRATAMIENTOS Y SERVICIOS DEL AGUA | | | | |
| TIPO DE AFLUENTE (IDENTIFICACIÓN) | | AGUA DE RED DE CARTAGENA | PUNTO DE MUESTREO | CETENMA | | |
| FECHA EXPERIMENTACIÓN | | 31-10-06 | | | | |
| VARIABLES DEL SISTEMA DE ELECTROPEROXIDACIÓN | | | | | | |
| * Q= 1000 l/h; P= 2,5 bar | | Sin pretratamiento (P1-Q2-2) [] | | | | |
| I = 2 A Tensión: n.a. mV | | Pretratamiento con Carbón Activo (P2-Q2-2) [x] | | | | |
| PARÁMETROS ANALIZADOS "IN SITU" | | | | | | |
| AGUA AFLUENTE | | | | | | |
| pH | CE (μ S/cm) | Temperatura ($^{\circ}$ C) | Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l) | Oxidantes Totales (mg/l) | Turbidez (NTU) | |
| 7,99 | 816 | 21,7 | n.a. | 0,52 | n.a. | |
| AGUA AFLUENTE TRAS EL PRETRATAMIENTO CON CARBÓN ACTIVO | | | | | | |
| pH | CE (μ S/cm) | Temperatura ($^{\circ}$ C) | Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l) | Oxidantes Totales (mg/l) | Turbidez (NTU) | |
| n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 0,00 | n.a. | |
| AGUA EFLUENTE (100 l de agua tratada almacenada en depósito) | | | | | | |
| FRECUENCIA DE ANÁLISIS | pH | Temp. ($^{\circ}$ C) | CE (μ S/cm) | Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l) | Oxidantes Totales (mg/l) | Turbidez (NTU) |
| t= 0 min | 8,09 | 22,1 | 816 | n.a. | 0,45 | n.a. |
| t= 15 min | 8,09 | 22,1 | 816 | n.a. | 0,38 | n.a. |
| T= 30 min | 8,09 | 22,1 | 816 | n.a. | 0,34 | n.a. |
| T= 60 min | 8,09 | 22,1 | 816 | n.a. | 0,30 | n.a. |
| T= 6 semanas ** (9 sm) | 8,24 | 14,1 | 828 | 9,9 | 0,18 | 0,28 |
| OBSERVACIONES | n.a.: no analizado Las garrafas de 25 l se analizan en lugar de a las 6 semanas, a las 9 semanas de ser almacenadas. | | | | | |

* Q= Caudal (l/h); I= Intensidad (A); P= Presión (bar)

** 2 garrafas de 25 l almacenadas en condiciones similares a los depósitos domésticos (temperatura ambiente y oscuridad).

| HOJA DE SEGUIMIENTO DE LA EXPERIMENTACIÓN | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--------------------------|----------------|
| TÍTULO DEL PROYECTO | | ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE UN NUEVO PROCESO DE DESINFECCIÓN POR ELECTROPEROXIDACIÓN | | | | |
| EMPRESA | | DELTA XXI, TRATAMIENTOS Y SERVICIOS DEL AGUA | | | | |
| TIPO DE AFLUENTE (IDENTIFICACIÓN) | | AGUA DE RED DE CARTAGENA | PUNTO DE MUESTREO | CETENMA | | |
| FECHA EXPERIMENTACIÓN | | 31-10-06 | | | | |
| VARIABLES DEL SISTEMA DE ELECTROPEROXIDACIÓN | | | | | | |
| *Q= 1000 l/h; P= 2,5 bar | | Sin pretratamiento (P1-Q2-3) [] | | | | |
| I = 3 A Tensión: n.a. mV | | Pretratamiento con Carbón Activo (P2-Q2-3) [x] | | | | |
| PARÁMETROS ANALIZADOS "IN SITU" | | | | | | |
| AGUA AFLUENTE | | | | | | |
| pH | CE (μS/cm) | Temperatura (°C) | Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l) | Oxidantes Totales (mg/l) | Turbidez (NTU) | |
| 7,99 | 816 | 21,7 | n.a. | 0,6 | n.a. | |
| AGUA AFLUENTE TRAS EL PRETRATAMIENTO CON CARBÓN ACTIVO | | | | | | |
| pH | CE (μS/cm) | Temperatura (°C) | Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l) | Oxidantes Totales (mg/l) | Turbidez (NTU) | |
| n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 0,00 | n.a. | |
| AGUA EFLUENTE (100 l de agua tratada almacenada en depósito) | | | | | | |
| FRECUENCIA DE ANÁLISIS | pH | Temp. (°C) | CE (μS/cm) | Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l) | Oxidantes Totales (mg/l) | Turbidez (NTU) |
| t= 0 min | 8,23 | 23,0 | 802 | n.a. | 0,63 | n.a. |
| t= 15 min | 8,23 | 23,0 | 802 | n.a. | 0,59 | n.a. |
| T= 30 min | 8,23 | 23,0 | 802 | n.a. | 0,58 | n.a. |
| T= 60 min | 8,23 | 23,0 | 802 | n.a. | 0,54 | n.a. |
| T= 6 semanas ** (9 sm) | 8,26 | 13,9 | 803 | 10,0 | 0,19 | 0,29 |
| OBSERVACIONES | n.a.: no analizado Las garrafas de 25 l se analizan en lugar de a las 6 semanas, a las 9 semanas de ser almacenadas. | | | | | |

* Q= Caudal (l/h); I= Intensidad (A); P= Presión (bar)

** 2 garrafas de 25 l almacenadas en condiciones similares a los depósitos domésticos (temperatura ambiente y oscuridad).

Tabla A.- Parámetros regulados en el R.D. 140/2003 para agua potable. Ensayo P2-Q2-2.

| PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | | | | | | |
|--|-------|--------|--------|-------|--------------|----------------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Turbidez | <0,4 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | NTU |
| pH | 8,36 | n.a. | n.a. | n.a. | 6,5-9,5 | Unid. pH |
| Conductividad Eléctrica, 20 °C | 820 | n.a. | n.a. | n.a. | 2500 | µS/cm |
| Cloro libre residual | 0,20 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | mg/l |
| Oxidabilidad | 2,2 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | mg O ₂ /l |
| PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Olor | 0 | n.a. | n.a. | n.a. | 3 | Índ. dilución |
| Sabor | 0 | n.a. | n.a. | n.a. | 3 | Índ. dilución |
| Color | <1 | n.a. | n.a. | n.a. | 15 | mg/l Pt/Co |
| ANIONES INORGÁNICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Cianuro, CN ⁻ | <10 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | µg/l |
| Cloruro, Cl ⁻ | 121,6 | n.a. | n.a. | n.a. | 250 | mg/l |
| Fluoruro, F ⁻ | <1,0 | n.a. | n.a. | n.a. | 1,5 | mg/l |
| Nitrito, NO ₂ ⁻ | 0,004 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,5 | mg/l |
| Nitrato, NO ₃ ⁻ | <6 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | mg/l |
| Sulfato, SO ₄ ⁻² | 116,1 | n.a. | n.a. | n.a. | 250 | mg/l |
| CATIONES INORGÁNICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Sodio, Na ⁺ | 94,9 | n.a. | n.a. | n.a. | 200 | mg/l |
| Amonio, NH ₄ ⁺ | <0,08 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,5 | mg/l |
| PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Coliformes Totales | <1 | <1 | <1 | <3 | 0 | UFC/100 ml |
| Escherichia Coli | <1 | <1 | <1 | <3 | 0 | UFC/100 ml |
| Enterococos | <1 | n.a. | n.a. | <3 | 0 | UFC/100 ml |
| Conteo de Colonias aerobias, 22 °C | <1 | <1 | <1 | <1 | 100 | UFC/ml |
| Clostridium perfringens | <1 | <1 | <1 | <1 | 0 | UFC/100 ml |

n.a.: No Analizado

Tabla A.- Parámetros regulados en el R.D. 140/2003 para agua potable. Ensayo P2-Q2-2 (continuación).

| PARÁMETROS ORGÁNICOS | | | | | | |
|-------------------------------|---------|--------|--------|-------|--------------|---------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Benceno | <1,0 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | µg/l |
| Benzo(a)pireno | <0,010 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,01 | µg/l |
| HPA's | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,1 | µg/l |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Benzo(k)fluoranteno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Benzo(g,h,i)perileno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Benzo(b)fluoranteno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| 1,2 dicloroetano | <3 | n.a. | n.a. | n.a. | 3 | µg/l |
| Total THM's | <10,0 | <10,0 | 30,1 | n.a. | 150 | µg/l |
| Bromoformo | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| cloroformo | <5,0 | <5,0 | 30,1 | n.a. | | µg/l |
| Bromodiclorometano | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| Dibromoclorometano | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| Tricloroetano | <5,0 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Tetracloroetano | <5,0 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Tricloroetano+Tetracloroetano | <10,0 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Total de Plaguicidas | <0,1 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,5 | µg/l |
| Aldrín | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| Dieldrín | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| Heptacloro | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| Heptacloro epóxido | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| METALES | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Aluminio, Al | <50 | n.a. | n.a. | n.a. | 200 | µg/l |
| Arsénico, As | <5 | n.a. | n.a. | n.a. | 10 | µg/l |
| Boro, B | 0,9±0,1 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | mg/l |
| Cadmio, Cd | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | µg/l |
| Cromo, Cr | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | µg/l |
| Cobre, Cu | <0,005 | n.a. | n.a. | n.a. | 2 | mg/l |
| Hierro, Fe | <10 | n.a. | n.a. | n.a. | 200 | µg/l |
| Manganeso, Mn | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | µg/l |
| Níquel, Ni | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 20 | µg/l |
| Plomo, Pb | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 25 | µg/l |

n.a.: No Analizado

Tabla A.- *Parámetros regulados en el R.D. 140/2003 para agua potable. Ensayo P2-Q2-2 (continuación).*

| METALES | | | | | | |
|------------------------|--------------|--------|--------|-------|---------------------|---------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Antimonio, Sb | <5 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | µg/l |
| Selenio, Se | <5 | n.a. | n.a. | n.a. | 10 | µg/l |
| Mercurio, Hg | <1 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | µg/l |

n.a.: No Analizado

Tabla B.- Parámetros regulados en el R.D. 140/2003 para agua potable. Ensayo P2-Q2-3.

| PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|-------|--------------|----------------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Turbidez | <0,4 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | NTU |
| pH | 8,37 | n.a. | n.a. | n.a. | 6,5-9,5 | Unid. pH |
| Conductividad Eléctrica, 20 °C | 809 | n.a. | n.a. | n.a. | 2500 | μS/cm |
| Cloro libre residual | 0,39 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | mg/l |
| Oxidabilidad | 2,9 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | mg O ₂ /l |
| PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Olor | 0 | n.a. | n.a. | n.a. | 3 | Índ. dilución |
| Sabor | 0 | n.a. | n.a. | n.a. | 3 | Índ. dilución |
| Color | <1 | n.a. | n.a. | n.a. | 15 | mg/l Pt/Co |
| ANIONES INORGÁNICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Cianuro, CN ⁻ | <10 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | μg/l |
| Cloruro, Cl ⁻ | 115,7 | n.a. | n.a. | n.a. | 250 | mg/l |
| Fluoruro, F ⁻ | <1,0 | n.a. | n.a. | n.a. | 1,5 | mg/l |
| Nitrito, NO ₂ ⁻ | <0,003 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,5 | mg/l |
| Nitrato, NO ₃ ⁻ | <6 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | mg/l |
| Sulfato, SO ₄ ⁻² | 105,3 | n.a. | n.a. | n.a. | 250 | mg/l |
| CATIONES INORGÁNICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Sodio, Na ⁺ | 93,4 | n.a. | n.a. | n.a. | 200 | mg/l |
| Amonio, NH ₄ ⁺ | <0,08 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,5 | mg/l |
| PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Coliformes Totales | <1 | <1 | <1 | <3 | 0 | UFC/100 ml |
| Escherichia Coli | <1 | <1 | <1 | <3 | 0 | UFC/100 ml |
| Enterococos | <1 | n.a. | n.a. | <3 | 0 | UFC/100 ml |
| Conteo de Colonias aerobias, 22 °C | <1 | <1 | <1 | <1 | 100 | UFC/ml |
| Clostridium perfringens | <1 | <1 | <1 | <1 | 0 | UFC/100 ml |

n.a.: No Analizado

Tabla B.- Parámetros regulados en el R.D. 140/2003 para agua potable. Ensayo P2-Q2-3 (continuación).

| PARÁMETROS ORGÁNICOS | | | | | | |
|-------------------------------|---------|--------|--------|-------|--------------|---------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Benceno | <1,0 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | µg/l |
| Benzo(a)pireno | <0,010 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,01 | µg/l |
| HPA's | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,1 | µg/l |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Benzo(k)fluoranteno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Benzo(g,h,i)perileno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Benzo(b)fluoranteno | <0,10 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| 1,2 dicloroetano | <3 | n.a. | n.a. | n.a. | 3 | µg/l |
| Total THM's | <10,0 | <10,0 | <10,0 | n.a. | 150 | µg/l |
| Bromoformo | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| cloroformo | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| Bromodiclorometano | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| Dibromoclorometano | <5,0 | <5,0 | <5,0 | n.a. | | µg/l |
| Tricloroetano | <5,0 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Tetracloroetano | <5,0 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Tricloroetano+Tetracloroetano | <10,0 | n.a. | n.a. | n.a. | | µg/l |
| Total de Plaguicidas | <0,1 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,5 | µg/l |
| Aldrín | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| Dieldrín | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| Heptacloro | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| Heptacloro epóxido | <0,03 | n.a. | n.a. | n.a. | 0,03 | µg/l |
| METALES | | | | | | |
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Aluminio, Al | <50 | n.a. | n.a. | n.a. | 200 | µg/l |
| Arsénico, As | <5 | n.a. | n.a. | n.a. | 10 | µg/l |
| Boro, B | 0,9±0,1 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | mg/l |
| Cadmio, Cd | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | µg/l |
| Cromo, Cr | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | µg/l |
| Cobre, Cu | <0,005 | n.a. | n.a. | n.a. | 2 | mg/l |
| Hierro, Fe | <10 | n.a. | n.a. | n.a. | 200 | µg/l |
| Manganeso, Mn | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 50 | µg/l |
| Níquel, Ni | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 20 | µg/l |
| Plomo, Pb | <2 | n.a. | n.a. | n.a. | 25 | µg/l |

n.a.: No Analizado

Tabla B.- Parámetros regulados en el R.D. 140/2003 para agua potable. Ensayo P2-Q2-3 (continuación).

| METALES | | | | | | |
|------------------------|-------|--------|--------|-------|--------------|---------------|
| PARÁMETRO | VALOR | | | | VALOR LÍMITE | UNIDAD |
| Frecuencia de análisis | 0 min | 30 min | 60 min | 9 sem | ----- | Minuto/semana |
| Antimonio, Sb | <5 | n.a. | n.a. | n.a. | 5 | µg/l |
| Selenio, Se | <5 | n.a. | n.a. | n.a. | 10 | µg/l |
| Mercurio, Hg | <1 | n.a. | n.a. | n.a. | 1 | µg/l |

n.a.: No Analizado

ACREDITACIONES DE LA EMPRESA DELTA XXI, S.L

- EMPRESA ESPECIALIZADA EN DESINFECCIÓN DEL AGUA
- INSCRITA EN EL ROESBI CON Nº DE REGISTRO MU-2004-SE3-01-1074
- CLASIFICACIÓN GRUPO M SUBGRUPO 1 CATEGORÍA C
- CLASIFICACIÓN GRUPO O SUBGRUPO 4 CATEGORÍA C

ACREDITACIONES DE LABORATORIOS MUNUERA, S.L

Premio de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible a la Empresa 2005 en la modalidad de ECOGESTIÓN (GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE)

[REDACTED]
concedida por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Acreditación Número 268/LE551

[REDACTED]
Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 para la realización de Ensayos de Aguas.

Certificación Nº ESPMDD001916. ISO 9001

[REDACTED]
Para Ensayos Físico Químicos de aguas, alimentos, fitosanitarios, captadores atmosféricos de higiene laboral, residuos y sedimentos. Análisis microbiológicos de aguas, alimentos productos cosméticos y sedimentos. Consultoría técnica de calidad, medioambiente, ecomarina, sanitaria y análisis clínicos.

Certificación Nº ESPMDD005510. ISO 14001

[REDACTED]
para Ensayos Físico Químicos de aguas, alimentos, fitosanitarios, captadores atmosféricos de higiene laboral, residuos y sedimentos. Análisis microbiológicos de aguas, alimentos productos cosméticos y sedimentos. Consultoría técnica de calidad, medioambiente, ecomarina, y sanitaria.

Certificación EMAS. Reglamento (CE) Nº 761/2001.

[REDACTED]
Para Ensayos Físico Químicos de aguas, alimentos, fitosanitarios, captadores atmosféricos de higiene laboral, residuos y sedimentos. Análisis microbiológicos de aguas, alimentos productos cosméticos y sedimentos. Consultoría técnica de calidad, medioambiente, ecomarina, y sanitaria.

Autorización Dirección General de Medio ambiente.

[REDACTED]
Como Entidad Colaboradora de la Administración en materia de calidad ambiental.

Autorización Nº43-LC de la Dirección General de Farmacia y P

[REDACTED]
Para el control y análisis Físico-químicos, Químicos y Microbiológicos para cosméticos, dentríficos y productos de higiene y estética.

Autorización Nº 98/184 de la Consejería de Sanidad y Polític

[REDACTED]
Como Laboratorio de Salud pública.

Autorización Nº 1994/100 de la Consejería de Sanidad y Polít

[REDACTED]
Como Laboratorio de Análisis Clínico.

Autorización Nº A.47/III de la Consejería de Salud (Junta de

[REDACTED]
Como Laboratorio de Salud pública.

Reconocimiento Oficial de la Consejería de Agricultura, Agua

[REDACTED]
para la realización de estudios y análisis de las propiedades físico-químicas y composición de productos fitosanitarios.

Laboratorio Homologado por la Consejería de Agricultura, Agu

Como Laboratorio de Producción Integrada de Agricultura en la Región de Murcia.

Autorización de la Capitanía Marítima de Cartagena

Para la realización de actividades subacuáticas de carácter científico

Autorización de la Dirección General de Transportes y Puerto

Para la realización de buceo científico en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Declaración de la Dirección General de Obras Hidráulicas y C

como empresa colaboradora de Organismos de Cuenca, Grupo 3

Acreditación Número 268/LE1207

Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 para la realización de Ensayos de Productos Alimenticios

Contrato de Disponibilidad de Cámara Hiperbárica

Para trabajadores de Laboratorios Munuera, S. L.

DECLARACION MEDIOAMBIENTAL 2005

Documento en el que se ofrece públicamente información sobre el impacto y el comportamiento medioambiental de LABORATORIOS MUNUERA, S.L., y la mejora permanente del comportamiento en materia de medio ambiente.

Declaración como Entidad Colaboradora del Ministerio de Medio Ambiente

Declaración de Laboratorios Munuera, S.L. como Entidad Colaboradora del Ministerio de Medio Ambiente como Laboratorio de Ensayo

DECLARACION MEDIOAMBIENTAL 2006

Documento en el que se ofrece públicamente información sobre el impacto y el comportamiento medioambiental de LABORATORIOS MUNUERA, S.L., y la mejora permanente del comportamiento en materia de medio ambiente. Este documento está pendiente de verificación

HISTORIAL DE CETENMA. EQUIPO DIRECTIVO Y TÉCNICO. POLÍTICA DE CALIDAD

La asociación Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente de la Región de Murcia (CETENMA), de ámbito nacional y sin carácter lucrativo, se funda el 9 noviembre del 2000 bajo esta denominación, y por un período indefinido al amparo de la Ley orgánica 1/2002, de 22 de marzo, reguladora del Derecho de Asociación. CETENMA está inscrito en el Registro Nacional de Asociaciones bajo número 167613/1^a e integrado dentro de CECOTEC (Red de Centros Tecnológicos de la Región de Murcia).

CETENMA es un centro de investigación orientado a la obtención de nuevos conocimientos y tecnologías en el campo del medio ambiente y de la energía. Se constituye como una plataforma para la promoción e investigación en materia de energía y medioambiente. Por otro lado, se configura como un Centro Tecnológico de Carácter “Horizontal”, de apoyo a los Centros Tecnológicos Sectoriales existentes en la Región de Murcia para dar respuesta a las necesidades tecnológicas medioambientales de los mismos.

Los objetivos del CETENMA son los siguientes:

- Adquirir los conocimientos tecnológicos necesarios en el campo de la energía y el medio ambiente, para dar respuesta eficaz a las necesidades de las empresas, mediante la prestación de servicios tecnológicos en el campo de la mejora continua de procesos, sistemas y estrategias avanzadas que supongan una mayor competitividad de sus empresas asociadas.
- Transferir dicha capacidad a la sociedad mediante la implicación del centro en proyectos de I+D+i. Es decir, participar, mediante la realización de tareas de investigación tecnológica, en proyectos en colaboración con empresas y otros organismos, para resolver los problemas energético-ambientales en el ámbito de la innovación y el desarrollo tecnológico.
- Difundir conocimientos y propiciar el desarrollo de tecnologías avanzadas en el entorno industrial, mediante acciones de transferencia, asesoramiento, información y formación.

La estrategia de desarrollo del Centro prevé una adaptación continua de su oferta a la demanda y necesidades de las empresas en materia de innovación tecnológica y la excelencia tecnológica a alcanzar en la prestación de los servicios y el desarrollo de proyectos. De hecho Calidad y Eficiencia juegan un papel prioritario en nuestras actividades, por ello tenemos implantado y certificado un sistema de gestión de la calidad y el medio ambiente conforme a las normas ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004, lo que pone de manifiesto nuestro compromiso con la calidad y el medio ambiente, en todas y cada una de las actividades tecnológicas que desarrollamos.

El CETENMA siempre ha pretendido que los proyectos empresariales aplicados al medioambiente, cuenten con un firme soporte tecnológico, para lograr que el esfuerzo que se lleve a cabo desde el CETENMA se traduzca en I+D+i en las empresas, como medida de diversificación y promoción de nuevos negocios, mercados compatibles con el medio ambiente.

El CETENMA atendiendo a su política de gestión considera prioritarias las líneas de trabajo consistentes en la mejora ambiental de las empresas y su entorno más cercano que a la vez mejore su competitividad mediante la mejora de sus procesos existentes o facilitando la diversificación de su actividad con la creación de nuevas líneas de negocio.

Por ello CETENMA tiene abiertas líneas de trabajo dirigidas a la reducción, reutilización, reciclaje y valorización de residuos evitando a la vez la contaminación de las aguas, suelos y minimizando las emisiones atmosféricas, todo ello, mediante la aplicación y el desarrollo de procesos sostenibles respetuosos con el medio ambiente.

Datos de Dirección

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| Nombre | Gemma Castejón Martínez |
| Cargo en el Centro | Directora General |
| Titulación | Ingeniero Industrial |

Personal del CETENMA

| Nombre | Cargo en el Centro |
|---------------------------------------|--|
| Jose Antonio Plaza Hernández | Ingeniero de I+D+i |
| José Miguel Paredes Parra | Ingeniero de I+D+i |
| Andrés Lara Guillén | Ingeniero de I+D+i |
| Raquel Pastor Guillamón | Ingeniero de I+D+i |
| Silvia Pérez Martínez | Técnico OTRI |
| Elena Enriquez Alcina | Responsable de Administración y Finanzas |
| Daniel Osuna Pérez | Ingeniero de I+D+i |
| Francisco Montalbán Verdú | Ingeniero de I+D+i |
| M ^a Carmen Alcázar Triviño | Becario Séneca. Unidad I+D+i |
| Domingo Plazas González | Becario Séneca. Unidad I+D+i |